

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE DE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A
PLANTA PELETIZADORA DE LA EMPRESA INNAPEL**

Trabajo de titulación para optar al Título de
Profesional de Ingeniería de Ejecución
Mecánica de Procesos y Mantenimiento
Industrial

Alumno:

Américo David Necul Norín

Profesor guía: Profesor Marcelo Quiroz Neira

2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE
MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Propuesta de plan de mantenimiento preventivo a planta peletizadora de la empresa Innapel

Nombre del candidato(a): Américo David Necul Norin

Carrera / Grado: Ingeniería de ejecución en mecánica de procesos y mantenimiento industrial

Campus: Concepcion ; Departamento: Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Marcelo Quiroz Neira , en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha:

; Firma:


Marcelo Quiroz N.

22 sep.2025

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 16/09/2025

; Firma:



Firma electrónica avanzada
AMERICO DAVID NECUL
NORIN
2025.09.16 12:31:13 -0300

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

DEDICATORÍA

Américo David Necul Norin

En el término de esta bonita etapa como estudiante y en el comienzo de una nueva como un profesional, le dedico este logro a toda mi familia, por su constante apoyo, en especial a mi hermano Luis Necul Norín por ser la fuente de inspiración que motivo mis deseos por estudiar, al ser él, el primer integrante de la familia en obtener estudios superiores. También se lo dedico a mi madre María Norín Huenchunao, por su amor y apoyo incondicional, por educarme y enseñarme los valores que forjaron la persona que soy hoy en día, a mis hermanas Paola Necul Norin y Marta Necul Norin por siempre brindarme aliento y creer en mí. Y por último con dedicación y homenaje a mi padre Luis Necul Huenchunao, por siempre darme su cariño, y apoyo, por ser fruto de inspiración en trabajo duro, superación, y humildad, muchas gracias por siempre papá, te saludo y te abrazaré en la eternidad, en donde estés, en cualquier lugar.

RESUMEN

Innapel es una empresa ubicada en la comuna de Talcahuano, que se dedica a la producción y comercialización de pellet de madera de clase A para consumo domiciliario. En la actualidad el pellet es un producto que está teniendo buena recepción en el público en general. Al ser catalogado como un biocombustible limpio y con alto poder calorífico, este ha mostrado ser una opción viable para la calefacción de los hogares. Es por esta razón que su demanda ha ido en crecimiento. Y la empresa Innapel para mantenerse competitiva en el mercado y mejorar su stock, se ha propuesto como desafío aumentar su plan operativo de producción. Sin embargo, los múltiples problemas que tienen con el mantenimiento mecánico actual de la planta, está afectando la disponibilidad de los equipos y la continuidad operativa del proceso. Lo que se traduce planes operativos incumplidos y un aumento en los costos de mantención.

Este trabajo está destinado a resolver esta problemática, mejorando el control y orden de las acciones y tareas del mantenimiento mecánico. Entre los desafíos, esta implementar una nueva estrategia de mantenimiento basado en una mantención con enfoque preventivo. Para ello se realiza un levantamiento de varios antecedentes problemáticos que fueron extraídos directamente de la planta. El cual mediante análisis de este factor se determina los puntos más críticos a mejorar. Entre ellos se detecta la inexistencia de planificación de los trabajos, la falta de control y medición, en el seguimiento a los equipos, falta de una base de datos sólida de los equipos de planta, personal insuficiente, entre otras. Todas estas problemáticas son el reflejo de un mantenimiento estancado en lo correctivo.

Por ende, el departamento mecánico a petición de la gerencia de Innapel, decide trabajar en buscar brechas que signifiquen oportunidades de mejora para fortalecer el mantenimiento de la planta. Por esto mismo, en primera instancia se dispuso a realizar un levantamiento de los activos de la planta, para hacer un reconocimiento general y generar una base de datos de los equipos. Además de generar los mecanismos y herramientas necesarias para adoptar y mejorar la gestión del mantenimiento. Por último, se realiza una evaluación económica anual, con los equipos que han presentado mayor costo en mantención para la empresa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN..... 1

OBJETIVOS DEL PROYECTO 2

 OBJETIVOS GENERALES 2

 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 2

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO 3

1. MARCO TEÓRICO 4

1.1. INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO..... 4

1.2. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO..... 4

 1.2.1. Etapa del mantenimiento correctivo 4

 1.2.2. Etapa del mantenimiento preventivo..... 5

 1.2.3. Etapa del mantenimiento predictivo..... 5

 1.2.4. Década de 1970 – 1980: Mantenimiento productivo total 6

 1.2.5. Década de 1980: Mantenimiento RCM 6

1.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO 7

 1.3.1. Mantenimiento de conservación 7

 1.3.2. Mantenimiento de actualización. 8

1.4. NORMATIVAS Y ESTÁNDARES PARA EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL 9

 1.4.1. Norma ISO 14224..... 9

 1.4.1.1. Objetivo principal..... 9

 1.4.1.2. Categorías para la recolección de información 9

 1.4.1.3. Beneficios de implementar la norma ISO 14224..... 9

 1.4.2. Norma ISO 55000..... 10

 1.4.2.1. Beneficios de implementar la Norma 10

1.5. INGENIERIA Y GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO..... 10

 1.5.1. Planificación del mantenimiento..... 12

 1.5.1.1. Proceso de planificación del mantenimiento 12

 1.5.1.2. Programación del mantenimiento 13

1.6. HERRAMIENTAS PARA EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL 15

 1.6.1. Plan de mantenimiento..... 15

 1.6.1.1. Contenido de un plan de mantenimiento 16

 1.6.1.2. Beneficios de un plan de mantenimiento 16

 1.6.2. Lista de comprobación 17

 1.6.1.3. ¿Qué es una lista comprobación?..... 17

 1.6.1.4. ¿Para qué sirve una lista de comprobación? 17

 1.6.1.5. Beneficios de aplicar una lista de inspección..... 18

1.7. EL PELLET 19

 1.7.1. Etapas clave del Proceso de fabricación del pellet..... 19

1.7.2.	Normativa para la calidad del pellet en chile.....	20
1.7.3.	Norma chilena ISO 17225.....	21
1.8.	DE LA EMPRESA INNAPEL	23
1.8.1.	Departamento de mantención mecánica.....	24
1.8.2.	Estrategia actual de mantenimiento	24
1.8.3.	Organización del departamento de mantención	25
1.8.4.	Organización del departamento de producción.....	25
1.9.	SECUENCIA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA	26
1.9.1.	Alimentación materia prima	26
1.9.1.	Zona de molienda	28
1.9.2.	Transportes de harinas	30
1.9.4.	Zona de prensas.....	34
1.9.5.	Enfriador	36
1.9.6.	Harneado	36
1.9.7.	Proceso de embolsado	38
1.9.8.	Paletizado del producto final	38
CAPITULO 2: PLANTEAMIENTO, Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA		39
2.1.	PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA	40
2.2.	JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	41
2.3.	IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS PRINCIPALES.....	42
2.3.1.	Diagrama causa y efecto de la empresa	42
2.3.2.	Matriz de ponderación de problemas.....	43
2.4.	ANÁLISIS TÉCNICO DE LOS FACTORES	44
2.4.1.	Conclusión general sobre análisis y recomendaciones	45
CAPITULO 3: DISEÑO Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....		46
3.1.	ACTUALIZACIÓN DE ESTRATEGIA	47
3.2.	NUEVA ESTRUCTURA ESTRATEGICA DEL DEPARTAMENTO MANTENCIÓN	47
3.2.1.	Definición de roles	48
3.2.2.	Estructura de dialogo en el ciclo del trabajo.....	49
3.2.3.	Responsabilidades de cargo en el ciclo del trabajo.....	50
3.2.4.	Ciclo de ejecución de mantenimiento.....	51
3.2.5.	Formato de inspección diaria de equipos planta.....	52
3.2.6.	Formato de orden de trabajos.....	53
3.2.7.	Formato de registro de mantenciones.....	54
3.2.8.	Backlog de mantenimiento	55
3.3.	BASE DE DATOS DEL PROCESO	55
3.3.1.	Levantamiento de equipos del proceso de la planta.....	56
3.3.2	Rodamientos de planta	57
3.4.	JERARQUIZACIÓN DE ACTIVOS	59
3.4.1.	Descomposición de los procesos de la planta en sistemas.....	59
3.4.2.	Equipos que componen los sistemas principales	60
3.4.3.	Agrupación de equipos por similitud y asignación de tag	62

3.4.4.	Asignación de nivel de criticidad del activo.....	64
3.2.5.	Tabla de criticidad del activo	65
3.3.	TAREAS DE MANTENCIÓN DE EQUIPOS	66
3.3.1.	Grupo 1 (Prensas).....	67
3.3.1.1.	Tareas de mantención a prensa Kahl	67
3.3.1.1.1.	Componentes mecánicos – Cabezal de rodillos	68
3.3.1.1.2.	Componentes mecánicos – Rodillos.....	69
3.3.1.1.3.	Componente mecánico – Matriz de compactación.....	71
3.3.1.1.4.	Sistema hidráulico de prensa Kahl	72
3.3.1.1.5.	Sistema de lubricación	73
3.3.1.1.6.	Sistema enfriador de aceite lubricador de engranajes.....	75
3.3.1.1.7.	Sistema de transmisión.....	77
3.3.1.2.	Tareas de mantención a prensa Mabrik.....	78
3.3.1.2.1.	Sistema motriz prensa Mabrik	79
3.3.1.2.2.	Sistema de compactación	80
3.1.1.1.1.	Sistema de lubricación prensa Mabrik.....	82
3.3.1.3.	Tareas de mantención a prensa Ylong.....	83
3.3.1.3.1.	Sistema de Compactación	84
3.3.1.3.2.	Sistema de engrase	85
3.1.1.1.2.	Sistema de transmisión y lubricación interna de engranajes.....	86
3.3.2.	Grupo 2 (Elevadores)	87
3.3.3.	Grupo 3 (Tanque revolvedor).....	89
3.3.4.	Grupo 4 (Ciclón).....	91
3.3.5.	Grupo 5 (Ventiladores).....	92
3.3.6.	Grupo 6 (Molinos).....	94
3.3.7.	Grupo 7 (Cintas transportadoras).....	96
3.3.8.	Grupo 8 (Equipos únicos).....	97
3.3.11.	Grupo 9 (Embolsadora).....	102
3.3.15.	Grupo 10 (Equipos pesados)	104
3.3.16.	Grupo 11 (Equipos auxiliares).....	105
3.3.17.	Grupo 12 (Tornillos).....	108
3.4.	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO, E INSPECCIÓN PREVENTIVA GENERAL DE EQUIPOS.	109
3.4.1.	Prensa Kahl	110
3.4.2.	Prensa Mabrik	112
3.6.3.	Prensa Ylong.....	115
3.6.4.	Elevadores	116
3.6.5.	Tanques revolvedores.....	117
3.6.6.	Ciclones.....	118
3.6.7.	Ventilador.....	119
3.6.8.	Molinos	119
3.6.9.	Cintas transportadoras	120
3.6.10.	Harnero.....	121
3.6.11.	Enfriador	122

3.6.12.	Filtro de mangas	123
3.6.13.	Embolsadora PKT	124
3.6.14.	Módulo de paletizado	125
3.6.15.	Extractor de vapor	126
3.6.16.	Recuperadora de finos	127
3.3.17.	Equipos pesados	128
3.6.18.	Equipos auxiliares	129
3.6.19.	Tornillos	132
3.5.	ASIGNACIÓN DE RECURSOS	133
3.5.1.	Personal	133
3.5.2.	Herramientas	133
CAPITULO 4: EVALUACIÓN ECONOMICA		135
4.	EVALUACIÓN ECONOMICA	136
4.1.	Costos de implementación.....	136
4.2.	Costos asociados a la implementación del proyecto.....	136
4.2.1.	Consumibles y repuestos más utilizados en equipos.....	137
4.2.2.	Costo personal.....	142
CONCLUSIÓN		144
BIBLIOGRAFÍA		146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Ciclo de trabajo de mantenimiento.....	11
Figura 1-2. Jerarquía básica del grupo de mantención.....	25
Figura 1-3. Jerarquía del grupo operativo de producción	26
Figura 1-4. Etapas de línea productiva INNAPEL.	26
Figura 1-5. Patio de almacenamiento y alimentación al proceso productivo	27
Figura 1-6. Tornillos de entrada.	27
Figura 1-7. Correa transportadora, CT-01.....	28
Figura 1-8. Estanque revolver y tornillos de alimentación a molinos n°1 y n°2.	28
Figura 1-9. Molinos n°1 y n°2.	29
Figura 1-10. Ventilador número 1.	29
Figura 1-11. Molino número 3.....	30
Figura 1-12. Ventilador número 3	30
Figura 1-13. Ciclón 1 y, y tornillo de alimentación número 3.....	31
Figura 1-14. Ciclón 2.	31
Figura 1-15. Filtro de mangas y tornillo número 3.....	32
Figura 1-16. Elevador 1.....	32
Figura 1-17. Elevador número 2 y tornillo inclinado	33
Figura 1-18. Vista superior de elevador 2.....	33
Figura 1-19. Zona de prensas.....	34
Figura 1-20. Extractor de vapor.....	34
Figura 1-21. Recuperador de finos	35
Figura 1-22. Cintas transportadoras de pellet	35
Figura 1-23. Enfriado.	36
Figura 1-24. Harnero	37
Figura 1-25. Vista superior de elevador 4 y tornillo hacia embolsadora	37
Figura 1-26. Embolsadora y módulos de paletizado.	38
Figura 3-1. Ciclo de mantenimiento.	51
Figura 3-1. Prensa Kahl.....	67
Figura 3-2. Cabezal de rodillos.....	68
Figura 3-3. Rodillos.....	69
Figura 3-4. Imagen de referencia de falla en rodamientos de rodillos	69
Figura 3-5. Imagen de referencia de estado de la grasa de un rodillo	69
Figura 3-6. Matriz Prensa Kahl.....	71
Figura 3-7. Avellanado matriz prensa Kahl	71
Figura 3-8. Sistema hidráulico (central hidráulica).	72
Figura 3-9. Filtración aceite en tuerca hidráulica	72
Figura 3-10. Imagen referencia de posición tuerca hidráulica.....	72

Figura 3-11. Sistema de engrase de rodillos prensa.	73
Figura 3-12. Filtración en válvula distribuidora ZPA	73
Figura 3-13. Sistema de engrase rodillos prensa Kahl	74
Figura 3-14. Sistema enfriador de aceite lubricador de engranajes de prensa Kahl.....	76
Figura 3-15. Dispositivos de medición de parámetros de aceite lubricador.	76
Figura 3-21. Sistema motriz prensa Kahl.....	77
Figura 3-17. Prensa Mabrik	78
Figura 3-18. Sistema motriz prensa Mabrik.....	79
Figura 3-19. Transmisión secundaria prensa Mabrik.....	79
Figura 3-20. Sistema compactación prensa Mabrik.	80
Figura 3-21. Imagen de montaje de rodillos.	80
Figura 3-22. Imagen de rodamiento deteriorado de rodillos prensa Mabrik	80
Figura 3-23. Vista de la zona trasera de la prensa Mabrik.....	82
Figura 3-24. Prensa Ylong.	83
Figura 3-25. Sistema compactación matriz-rodillos prensa Ylong	84
Figura 3-26. Fractura de matriz.	84
Figura 3-27. Sistema de engrase de prensa Ylong.....	85
Figura 3-28. Vista de componentes de enfriamiento.	86
Figura 3-29. Elevador 3.....	88
Figura 3-30. Tanque revolvedor 1	90
Figura 3-31. Vista parte superior del tanque revolvedor.....	90
Figura 3-32. Ciclón 2.	92
Figura 3-33. Ventilador 2.....	93
Figura 3-34. Molinos 1 y 2.....	94
Figura 3-35. Imagen de martillos de molinos.	94
Figura 3-36. Cinta transportadora 1.	96
Figura 3-37. Harnero	97
Figura 3-38. Enfriador	98
Figura 3-39. Celosía fracturada.....	98
Figura 3-40. Filtro de mangas.....	99
Figura 3-41. Recuperadora de finos	100
Figura 3-42. Extractor de vapores.	101
Figura 3-43. Embolsadora.	102
Figura 3-44. Módulos de paletizado.	103
Figura 3-45. Cargador frontal	104
Figura 3-46. Grúa horquilla.	104
Figura 3-47. Generador	105
Figura 3-48. Compresor de aire.....	106
Figura 3-49. Alimentación de agua a enfriadores y red contra incendio	107
Figura 3-50. Tornillo superior 1.	108

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Normas relacionadas con pellet de madera..... 21

Tabla 1-2. Normas de biocombustibles sólidos 23

Tabla 1-3. Distribución personal mantención en turnos 25

Tabla 2-1. Matriz de ponderación de problemas. 43

Tabla 2-2. Análisis del Factor Método..... 44

Tabal 2-3. Análisis del Factor medición 44

Tabla 2-4. Análisis del Factor materiales..... 45

Tabla 3-1. Cantidad de personal del departamento de mantención. 48

Tabla 3-2. Funciones de cargos 49

Tabla 3-3. Estructura de dialogo e indicadores de desempeño al proceso de mantención.
..... 50

Tabla 3-4. Responsabilidades del cargo..... 51

Tabla 3-5. Formato de inspección rutinaria de equipos 52

Fuente: Elaboración propia en conjunto con departamento mecánico..... 52

Tabla 3-6. Formato de orden de trabajos. 53

Tabla 3-7. Formato de registro e historial de mantención de equipos 54

Tabla 3-8. Backlog de mantenimiento 55

Tabla 3-9. Listado de equipos que participan en el proceso. 56

Tabla 3-10. Rodamientos que usan los equipos del proceso..... 59

Tabla 3-11. Agrupación de equipos en sistemas 61

Tabla 3-12. Tabla de grupos y asignación de tag a equipos 63

Tabla 3-13. Parámetros de criticidad de activos..... 64

Tabla 3-14. Asignación de criticidad de los equipos de procesos. 66

Tabla 3-15. Fallas más comunes y tareas de mantención al cabezal 68

Tabla 3-16. Tareas de mantención a rodillos 70

Tabla 3-17. Tareas de mantención y fallas presentadas en matriz prensa Kahl 71

Tabla 3-18. Tareas de mantención a sistema hidráulico prensa Kahl. 73

Tabla 3-19. Tareas de mantención a sistema de engrase de rodillos prensa Kahl..... 75

Tabla 3-20. Tareas de mantención a sistema enfriador 77

Tabla 3-21. Tareas de mantención al sistema motriz. 78

Tabla 3-22. Tareas de mantención sistema motriz prensa Mabrik. 79

Tabla 3-23. Tareas de mantención a sistema de compactación prensa Mabrik	82
Tabla 3-24. Tareas de mantención a sistema de lubricación prensa Mabrik.	83
Tabla 3-25. Sistema de compactación prensa Ylong.....	85
Tabla 3-26. Sistema de engrase prensa Ylong.	86
Tabla 3-27. Tareas de mantención sistema de transmisión y lubricación engranajes internos	87
Tabla 3-28. Tareas de mantención a elevadores	89
Tabla 3-29. Tareas de mantención a revolvedores.	91
Tabla 3-30. Tareas de mantención a ciclones	92
Tabla 3-31. Tareas de mantención a ventiladores.....	93
Tabla 3-32. Tareas de mantención a molinos.	95
Tabla 3-33. Tareas de mantención cintas transportadoras.....	96
Tabla 3-34. Tareas de mantención al harnero.	97
Tabla 3-35. Tareas de mantención al enfriador	99
Tabla 3-36. Tareas de mantención a filtros de mangas.	99
Tabla 3-37. Tareas de mantención a recuperadora de finos.....	100
Tabla 3-38. Tareas de mantención a realizar en el extractor de vapores.....	101
Tabla 3-39. Tareas de mantención a realizar a embolsadora	102
Tabla 3-40. Tareas de mantención a módulos de paletizado.....	103
Tabla 3-41. Tareas de mantención a equipos móviles.....	104
Tabla 3-42. Tareas de mantención a generador	105
Tabla 3-43. Tareas de mantención a compresor	106
Tabla 3-44. Tareas de mantención a red de incendio y red de agua.....	107
Tabla 3-45. Tareas de mantención a tornillos	108
Tabla 3-46. Frecuencia de mantenimiento prensa Kahl.	112
Tabla 3-47. Frecuencia de mantenimiento prensa Mabrik.....	114
Tabla 3-48. Frecuencia de mantenimiento prensa Ylong.....	116
Tabla 3-49. Frecuencia de mantenimiento de elevadores.	117
Tabla 3-50. Frecuencia de mantenimiento de tanques revolvedor.	118
Tabla 3-51. Frecuencia de mantenimiento elevadores.	118
Tabla 3-52. Frecuencia de mantenimiento de ventiladores.....	119
Tabla 3-53. Frecuencia de mantenimiento martillos	120
Tabla 3-54. Frecuencia de mantenimiento de cintas transportadoras.	121

Tabla 3-55. Frecuencia de mantenimiento a harnero. 122

Tabla 3-56. Frecuencia de mantenimiento del enfriador 122

Tabla 3-57. Frecuencia de mantenimiento de filtros de mangas 123

Tabla 3-58. Frecuencia de mantenimiento de embolsadora 124

Tabla 3-59. Frecuencia de mantenimiento de módulos de paletizado..... 125

Tabla 3-60. Frecuencia de mantenimiento de extractor de vapores. 126

Tabla 3-61. Frecuencia de mantenimiento de recuperadora de finos..... 127

Tabla 3-62. Frecuencia de mantención e inspección de equipos pesados..... 128

Tabla 3-63. Frecuencia de mantenimiento de generador. 130

Tabla 3-64. Frecuencia de mantenimiento de compresor..... 130

Tabla 3-65. Frecuencia de mantenimiento a red de agua 131

Tabla 3-66. Frecuencia de mantenimiento de tornillos. 132

Tabla 3-67. Personal asignado por turnos. 133

Tabla 3-68. Listado de herramientas. 134

Tabla 4-1. Costo total de insumos para trabajos de mantención..... 137

Tabla 4-2. Costo total anual de repuestos prensa Mabrik. 138

Tabla 4-3. Costo total anual de repuestos prensa Kahl. 140

Tabla 4-4. Costo total anual de repuestos prensa Ylong. 140

Tabla 4-5. Costo total anual de correas de transmisión..... 141

Tabla 4-6. Costo total anual de repuestos de molinos. 141

Tabla 4-7. Costos totales anual en repuestos del compresor 142

Tabla 4-7. Costos totales anual de personal departamento de mantención mecánica. ... 143

Tabla 4-8. Costo anual de implementación de plan de mantenimiento preventivo..... 143

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1-1. Flujo actual del proceso estratégico de mantención.	24
Diagrama 1-2. Mapa conceptual de la jerarquía básica del grupo de mantención	25
Diagrama 1-3. Mapa conceptual de la jerarquía del grupo operativo de producción.....	26
Diagrama 1-4. Etapas de línea productiva INNAPEL	26
Diagrama 2-1. Diagrama de Ishikawa, causa-efecto sobre factores de incidencia.....	42
Diagrama 3-1. Nuevo diseño de estructura organizacional del departamento mantención.	47

GLOSARIO

- ISO: Organización internacional de normalización.
- INN: Instituto nacional de normalización
- Nch: Norma chilena
- ENPLUS A1: Norma europea de certificación.
- AISI T1: Acero de alta velocidad al tungsteno.
- NPT: Nacional Pipe Thread (Rosca nacional de tubería). Tipo de roscas utilizadas en ingeniería para conectar tuberías y accesorios.
- mm: Milímetro
- Kg: Kilogramo
- Bar: unidad de presión, para medir presión en sistemas dispensación de líquidos.
- m: Metro
- L: Litro (unidad de volumen)
- l/min: Litros por volumen (unidad de medida de caudal)
- °C: Grados Celsius
- \$: Valor monetario en peso.

LIMITACIONES Y ALCANCES

- A. En el siguiente estudio la información y datos tratados se limitarán a su relevancia y necesidad de aporte para la elaboración del plan de mantenimiento.
- B. La elaboración de este plan de mantenimiento se realiza con información recopilada en terreno mediante inspecciones rutinarias a la planta, datos obtenidos en mantenimientos correctivos, y con antecedentes de previa experiencia con los equipos, aportados por el personal.
- C. Por último, la elaboración de este informe responde únicamente a un carácter de estudio y evaluación, con una visión de mejora a la estrategia de mantención de la empresa, por ende, no necesariamente los resultados son aplicables en su totalidad.

INTRODUCCIÓN

INNAPEL es una empresa que se dedica a la producción y distribución de pellet, un biocombustible sólido fabricado a base de desechos de la madera. Con ubicación en la comuna de Talcahuano, región del Bio-Bio, La INDUSTRIA NACIONAL DEL PELLET nace el año 2016, adquiriendo desde sus inicios un compromiso inquebrantable con el medio ambiente y la sostenibilidad energética del país y en especial con la región del Bio-Bio.

A raíz de la gran aceptación que ha tenido el pellet como alternativa de calefacción, y los esfuerzos de parte de programas estatales de impulsar el uso del biocombustible como método para abordar la transición hacia un mercado de calefacción residencial de bajas emisiones y sustentable. El consumo de pellet ha ido en aumento cada año alcanzado una demanda un 20% a la fecha, según cifras de la asociación chilena de biomasa (AchBIOM). Debido a este escenario, Innapel para mantenerse como un actor importante y competitivo en el mercado, se ha propuesto como objetivo aumentar su producción, enfocando los esfuerzos en mejorar y aumentar la disponibilidad de los equipos del proceso. Para de esta manera, satisfacer de manera oportuna los requerimientos que exige el mercado. Para ello, surge la necesidad de adoptar e implementar como estrategia un plan de mantenimiento mecánico de tipo preventivo, que se adecúe las exigencias de la producción.

El enfoque del plan de mantenimiento mecánico preventivo es principalmente resolver los problemas de orden y control de los trabajos de mantención, ante la deficiencia en la gestión del mantenimiento. Producto de la actual estrategia de mantención, que tiene un enfoque correctivo, provocando detenciones reiteradas por fallas inoportunas, fallas recurrentes, y el aumento de tiempos muertos, provocados por la inexistencia de planificación.

Para lograr el objetivo general, la metodología empleada para el desarrollo del presente estudio se divide en 3 fases. Primero etapa: consiste en la recopilación de material informativo de la planta. Se hace a través de trabajo de campo, o lugar de operación del equipo, se incluye, datos técnicos del equipo, con experiencias obtenidas del departamento de mantención, apoyo del grupo de producción y manuales de equipo.

Segunda etapa: procesamiento de información, consiste en ordenar y gestionar los datos recopilados.

Tercera etapa: establecer propuesta de diseño, y acciones necesarias, para mejorar la estrategia y gestión del mantenimiento.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

OBJETIVOS GENERALES

Generar una propuesta de plan de mantenimiento mecánico preventivo a planta peletizadora de la empresa INNAPEL.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer un diagnóstico de la situación actual del mantenimiento en la empresa
- Identificar brechas y oportunidades de mejoras para fortalecer el mantenimiento.
- Recopilar información para generar un árbol de activos.
- Asignar nivel de criticidad a los activos.
- Identificación de equipos y componentes, fallos y averías más comunes.
- Generar una gama de tareas de mantención preventivas a cada equipo.
- Establecer frecuencias de mantenimiento mecánico preventivo.
- Establecer una estrategia de gestión del mantenimiento
- Generar una ruta diaria de inspección para monitorear diariamente la planta y recopilar información de terreno.
- Generar una evaluación económica del plan de mantenimiento preventivo.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

1.1. INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO

El mantenimiento consiste en realizar una serie de acciones, como reparaciones y actualización del algún componente, en equipo o maquinaria de producción, para que este se encuentre en las mejores condiciones operativas y pueda cumplir su función con el mejor rendimiento posible. Este mantenimiento se realiza de forma periódica para evitar posibles y futuros fallos que afecten la continuidad del proceso productivo.

Objetivos del mantenimiento:

Entre los objetivos específicos del mantenimiento se encuentran:

- Optimizar el equipo de producción.
- Garantizar la producción y el funcionamiento de la máquina.
- Evitar las fallas no programadas del equipo productivo.
- Alargar la vida útil de la máquina y sus componentes.
- Controlar los gastos asociados a la operación del equipo.
- Optimizar el recurso humano.

Objetivo general del mantenimiento:

- Garantizar la disponibilidad de los activos para asegurar que cumplan las funciones requeridas.

1.2. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

1.2.1. Etapa del mantenimiento correctivo

Ocurre con la revolución industrial, en los años finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX que la sociedad entendió la importancia del mantenimiento. En primeras instancias las mantenciones eran de tipo correctivas, estas obligaban a detener el equipo, paralizando la producción para solucionar averías y fallas que ocurrían de forma repentina. Los equipos no eran tan sofisticados tecnológicamente, se trataban de equipos robustos, pesados, y de grandes componentes que eran visibles. Las herramientas e instrumentación de ese entonces eran básicas pero suficientes para solucionar los errores. No existían inspecciones de rutina, planes de mantenimiento, estrategias, ni herramientas de análisis, por lo que el trabajo que se hacía tenía solo alcance de reparación de componentes.

1.2.2. Etapas del mantenimiento preventivo

Se comienza a dar a mediados del siglo XX, en un periodo donde las maquinas industriales comenzaron a conformar una cadena compleja de producción. Y la producción a gran escala con formatos de líneas de producción, fueron intensificando la operación de las máquinas, por lo que se comenzó a poner énfasis en el rendimiento de estas a través del buen funcionamiento. La industria automotriz por su parte agrego conceptos como competitividad, producción y reducción de costos, consiguiendo de esta forma que se les dieran un mayor valor a los activos.

El periodo de la segunda guerra mundial la maquinaria se transformó en el elemento clave para la fabricación de armas, equipos y vehículos militares. Por lo que las fallas en los equipos productivo significaban serios problemas, surgiendo así la necesidad de comenzar a aplicar planes de mantenimiento preventivo. Que consistían en realizar inspecciones rutinarias, detección y sistema de monitoreo a fallas, cambios de componentes según se haya estimado que las horas en funcionamiento fue suficiente.

1.2.3. Etapas del mantenimiento predictivo

En esta década el mantenimiento que se aplicaba era de tipo preventivo y estaba enfocado a la prevención y corrección de las averías, pero se desconocían las condiciones de operabilidad de los equipos o componentes, por lo tanto, las mantenciones eran programadas, pero estas se realizaban sin saber si eran realmente necesarias hacerlas en ese momento. Es aquí donde surge la idea de realizar mantenimientos predictivos, a través del monitoreo con instrumentación de los equipos, y poder predecir una falla o anticiparse a estas por el mal funcionamiento que se dan a través de las condiciones de operación de los activos.

Fue así como se pasó de realizar mantenciones de forma general a mantenciones enfocadas en base a información de datos claves del equipo que determinaban la vida útil de los componentes, consiguiendo ahorrar tiempo y recursos. Para el análisis de la información se necesitó cada vez más de personal especializado en lectura de sensores, estos a su vez iban registrando la tendencia y creando registros del comportamiento de los equipos a través del tiempo.

1.2.4. Década de 1970 – 1980: Mantenimiento productivo total

Esta filosofía del mantenimiento tuvo su nacimiento en Japón en la década del 60, y como la evolución del mantenimiento no se desarrolló de forma similar en todo el mundo, no fue hasta la década del 70 que esta se hizo conocida y la adoptaron en el resto del mundo. Este concepto hace referencia a la aplicación de una gestión de tipo holística, donde se analiza un evento desde las múltiples interacciones que lo caracterizan. Surge de la necesidad de realizar mantenimientos menos costosos que el preventivo. Consiste en buscar que los operarios de los equipos cuenten con una capacitación necesaria para que puedan realizar mantenimientos básicos, sin necesidad de recurrir a personal de mantención. En esta etapa uno de los factores indispensables para que se pudiese arraigar y familiarizar el concepto fue la automatización, ya que ayudó a que los operarios pudiesen leer los indicadores y monitorear en tiempo real el comportamiento de los equipos. Esta práctica aparte de involucrar al operario en el mantenimiento lo que en realidad buscaba demostrar era que, aunque el plan de mantenimiento sea efectivo este no servía si otros procesos generaban pérdidas y fallas. Por ello se hacía sumamente necesario generar habilidades competitivas en toda la organización, para que se pudiesen identificar y eliminar las deficiencias, de forma autónoma en base a la gestión integral.

1.2.5. Década de 1980: Mantenimiento RCM

Se desarrolló en Estados Unidos, dentro de la época de la metodología predictiva, en él se prestaba atención a la fiabilidad de los equipos en operación. Tuvo su nacimiento en una compañía de aviones, en una década donde se registraron 60 accidentes por millón de despegues en aviones de tipo comercial, donde en su mayoría eran por fallas en el equipo. A pesar de contar con planes de mantenimiento y cambiar componentes de acuerdo al plan, estos de alguna manera sufrían daños que incurrían en una falla. Por lo que se determinó realizar una investigación que duró por 20 años, concluyendo que los componentes a pesar de ser nuevos, estos tenían una vida útil y comportamiento diferente en un contexto específico y bajo ciertas condiciones de trabajo. Esto cambió la estrategia de realizar mantenciones y cambios de componentes porque si, sino de comprender e identificar de manera proactiva, los componentes críticos que se desgastan con el uso, en condiciones específicas, prediciendo así las posibles fallas.

1.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO

1.3.1. Mantenimiento de conservación

Este está guiado a restaurar el desgaste sufrido por el paso del tiempo en el equipo. Dividiéndose este en:

Correctivo: Este tipo de mantenimiento se produce cuando el equipo en operación arroja una falla en el momento, es decir se arregla un desperfecto que no se esperaba, afectando notoriamente la producción, por lo que este tipo de mantenimiento está destinado a corregir fallas en el equipo donde se es necesaria una reparación o remplazo de un repuesto para que este continúe su operación en el menor tiempo posible. Este tipo de prácticas no dependen de un plan de mantenimiento, porque su práctica es imprevista, por lo que no es recomendable su utilización en equipos críticos. Porque la rápida respuesta ante el evento depende de la disponibilidad de personal técnico en el momento y la existencia del repuesto dañado en el caso de un cambio. Además, los impactos financieros que arrastra como consecuencia pueden ser grandes.

Este tipo de mantenimiento puede subdividirse en:

- a. Mantenimiento contingente: Estar preparado para cualquier imprevisto, este puede o no puede ser. Se realiza apenas se identifica el daño.
- b. Mantenimiento diferido: Este se realiza cuando se detiene la actividad del elemento afectado, para luego efectuar la reparación correspondiente.

Preventivo: Este tipo de mantenimiento tiene como objetivo anticiparse a futuras fallas en el equipo. Para su correcta ejecución es de vital importancia realizar una planificación y programación de la mantención con la ayuda de un plan de mantenimiento. Para ello se deben tener en consideración las recomendaciones del fabricante del equipo a través de los manuales de operación, se debe contar con un registro de actividad de mantenimientos anteriores, comportamiento del equipo, registro de fallas comunes, horas de operación del equipo, realizar inspecciones periódicas.

En este tipo de mantenimiento se aplican todo tipo de acción que beneficie la conservación del equipo, como el cambio de elementos no necesariamente dañados, pero si pronto a cumplir con su vida útil en horas de funcionamiento, según información recabada. Lo que se busca conseguir es evitar futuras fallas y reparación de estas en plena operación de los equipos. Es decir, evitar el mantenimiento correctivo.

Según el procedimiento utilizado se pueden identificar otros tipos de mantenimientos preventivos, como lo son.

- a. Programado:** Se realiza mediante un programa de reparaciones, que están sujetas a una planificación previa de trabajos a realizar. Estas se obtienen de inspecciones y seguimientos al equipo, por lo que la detención e intervención para solucionar posibles averías, se lleva a cabo mediante un calendario. De esta forma es posible revisar y mantener todos los equipos de manera periódica.
- b. De oportunidad:** Es un tipo de mantenimiento que se realiza aprovechando que el equipo o maquina se encuentre detenido, por no utilización, como por ejemplo en periodos de baja demanda o vacacionales, o también porque su detención se debe a que su funcionamiento interfiere en la mantención de otro equipo. Por lo que su bloqueo aguas arriba y aguas abajo es parte de la seguridad. Encontrando así la oportunidad necesaria para realizar reparación o inspección del equipo. Evitando detener en tiempos inoportunos donde se interfiera con la producción, o de alta demanda.
- c. Predictivo:** Es tipo de mantenimiento basada en una estrategia proactiva, se realiza mediante información recopilada por el seguimiento periódico del equipo. La detención del equipo para reparación o cambio por desgastes de elementos se decide a través del análisis de estadísticas, y diagnósticos proporcionados por distintos tipos de instrumentación que controlan el estado del equipo, detectando cambios o defectos que varían los índices de operatividad, de esta manera es posible anticipar fallas y planificar la reparación, en una parada programada.

1.3.2. Mantenimiento de actualización.

Este tipo de mantenimiento tiene como objetivo realizar mejoras, a un equipo, maquinaria o proceso productivo, a través de una actualización tecnológica de componentes en su sistema, que por motivos de nuevas exigencias estas quedan obsoletas en el tiempo. De esta manera se logra compensar los nuevos requerimientos o potenciar la competitividad del proceso productivo.

1.4.NORMATIVAS Y ESTÁNDARES PARA EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

1.4.1. Norma ISO 14224

“Es un estándar internacional que establece los principios y las recomendaciones para la recopilación y el intercambio de datos activos industriales” [2].

1.4.1.1. Objetivo principal

Establecer un formato común que facilite la gestión e intercambio de datos de los activos, y lograr que se facilite la toma de decisiones, estas basadas en una información precisa y confiable.

1.4.1.2. Categorías para la recolección de información

- a. Datos de equipos: Taxonomía, características de equipos, etc.
- b. Datos de falla: Causas, consecuencias, etc.
- c. Datos de mantenimiento: Acciones a emplear, recursos necesarios, etc.

Las áreas principales que utilizan estos son:

- a. Confiabilidad: Registro de eventos, fallas etc.
- b. Disponibilidad/Eficiencia: Para el manejo y control de disponibilidad de equipos, sistemas y disponibilidad de la producción.
- c. Mantenimiento: Evaluación de mantenimiento y soporte técnico.
- d. Prevención de riesgos: Fallas o eventos en activos con posibles consecuencias adversas en seguridad y medio ambiente.

1.4.1.3. Beneficios de implementar la norma ISO 14224

- a. Mejora en toma de decisiones: Permite a la organización mantener un control y manejo de datos confiables y consistentes de los activos, por ende, pueden tomar de decisiones seguras en base a la información.
- b. Optimiza la gestión de activos: La norma facilita una estructura para la gestión de los activos, lo que facilita la planificación, la mantención y optimización de los recursos.
- c. Facilita el intercambio de información: La norma estandariza la recopilación de datos, esto facilite que se pueda compartir información entre las diferentes plantas, sistemas u organizaciones.

- d. Aumenta la eficiencia: El manejo de datos consistentes y confiables, permite reducir errores y beneficia la agilidad de la gestión en los procesos.

1.4.2. Norma ISO 55000

Es una de aplicación internacional que establece los requisitos y alcances para una gestión efectiva de los activos, además de proveer un marco de términos y definiciones como referencia de la norma, para optimizar el valor de los activos.

1.4.2.1. Beneficios de implementar la Norma

- a. Mejora de la eficiencia: La implementación de la norma permite una gestión más eficiente de los activos, beneficiando a la organización con una reducción en los costos y a un aumento considerable en la rentabilidad.
- b. Optimización del rendimiento: La norma ayuda a tener un control sistémico sobre los activos, lo que permite una gestión más ordenada, en el cual se pueden identificar las brechas con oportunidades de mejoras.
- c. Reducción de riesgos: Al tener una visión periférica y sistemática sobre los activos, la gestión de la norma permite identificar posibles riesgos asociados a los activos.
- d. Mayor confiabilidad: La implementación de la norma promueve en la organización una cultura de mantenimiento preventivo y predictivo, lo que genera automáticamente beneficios en la confiabilidad de los activos.

1.5. INGENIERÍA Y GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

En la actualidad la ingeniería y gestión de mantenimiento en una organización, tiene como objetivos proponer y adoptar metodologías de trabajos que se enfoque en conservar o restablecer el sistema productivo, contribuyendo a la optimización de los recursos mediante la aplicación de conocimientos científicos y análisis. La incorporación de estos conceptos, han beneficiado notablemente el desarrollo de la gestión del mantenimiento, ya que, mediante inteligencias, modelado y análisis técnicos, se ha facilita la toma de decisiones y estrategias a emplear para el cumplimiento de objetivos de la organización. Para alcanzar resultados robustos, toda estrategia empleada, actualmente debe permitir cierto grado de flexibilidad a los cambios, ya que las exigencias de las industrias son cada vez mayores, por tanto, la mejora continua debe ser constante.

En la figura 1-1 se pueden distinguir dos ciclos de trabajo de mantenimiento muy necesarios y comúnmente utilizado por las organizaciones.

El primero muestra la secuencia básica y lógica un proceso de actividades que son indispensables para la buena ejecución y funcionamiento de un plan de mantenimiento, como lo son: la planificación, programación, asignación y ejecución de tareas.

Y en segundo lugar se representa un ciclo de mejora continua, que es tan importante como el primero. Ya que, una vez aplicada la secuencia del primer ciclo, con el segundo ciclo podemos identificar futuras brechas, mediante el análisis de resultados, obtenidos del primer ciclo, que permitirá fortalecer el plan de mantenimiento. Ya sea desde una modificación al mismo o implementación de mejoras que se puedan identificar en la ejecución de las actividades.

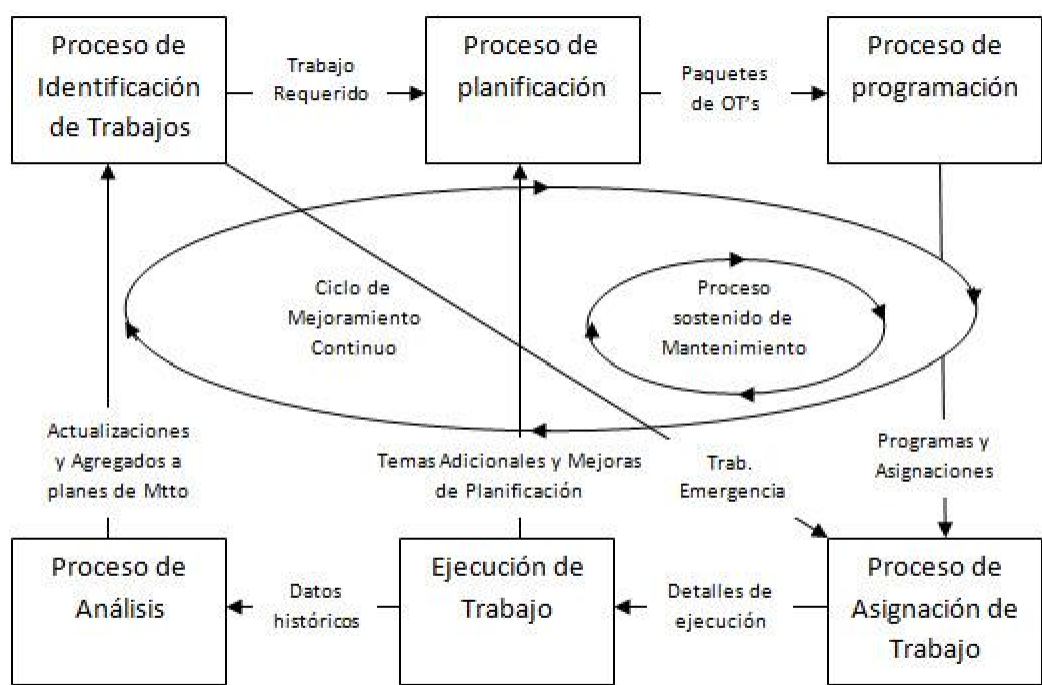


Figura 1-1. Ciclo de trabajo de mantenimiento
Fuente: Revista chilena de ingeniería [3].

al implementar un modelo de gestión del mantenimiento, son varios los aspectos que se deben tener en consideración. Pero lo más importante, para que la aplicación del modelo de gestión sea eficaz, eficiente y oportuno. Este desarrollo de acuerdo a los objetivos impuestos por la empresa.

1.5.1. Planificación del mantenimiento

La planificación del mantenimiento consiste en determinar que trabajos se deben realizar y como se debe realizar. El proceso implica en identificar los requerimientos para cada actividad. Definir las tareas, asignar los recursos necesarios, como personal, horas de trabajo, etc. y programar las actividades que garanticen el buen funcionamiento de los equipos [4].

- Identificación de necesidades de mantención: Evaluación de los activos y sistemas usados en planta para priorizar las tareas necesarias, en función de datos de operatividad del equipo, estado y rendimiento.
- Definición de la tarea: Reconocer y detallar las actividades necesarias a realizar, para mantener el equipo en condiciones. Estas pueden ser inspecciones, limpieza, sustitución de componentes.
- Asignación de recursos: Involucra el personal, insumos, herramientas, horas de ejecución, y todo lo necesario para completar la tarea de mantenimiento.
- Programación: planificar el calendario y la secuencia de actividades de mantención, para minimizar la interrupción de las operaciones productivas.

1.5.1.1. Proceso de planificación del mantenimiento

- a. Evaluación y análisis: Mediante el análisis de datos previamente recopilados de los equipos, como parámetros de operación, fecha último mantenimiento, puesta en marcha del equipo, etc. es necesario hacer una evaluación del equipo para determinar las necesidades de mantenimiento que requiere.
- b. Identificación y definición de tareas: Crear y definir una lista de tareas por equipos, con los detalles necesarios
- c. Asignación de recursos: En función de la disponibilidad de los recursos y requerimientos de la actividad de mantenimiento, se debe asignar el personal indicado, garantizando que los insumos y herramientas necesarios para la ejecución de la actividad se encuentren disponibles.

- d. Programación y planificación: Para mantener un orden de los trabajos de mantención, es imprescindible crear un programa de mantención con un calendario de tareas, que indique cuando se ejecutará cada una. La programación se debe hacer con un profundo conocimiento de las demandas operativas del proceso y los tiempos de inactividad

También es importante generar una buena comunicación con los grupos involucrados, tanto de mantención como de operación, para lograr una coordinación con respecto a los lineamientos o actividades del programa de mantención, para que este no afecte o interfiera con los planes operativos.

- e. Ejecución y control: Al ejecutar las tareas de mantenimiento se debe hacer siguiendo la estructura del plan, y respetando siempre las medidas de seguridad, para lograr un trabajo eficaz y de calidad.

También se debe disponer de un seguimiento al progreso de la mantención, como medida de control para, buscar posibles mejoras o ajustes en caso de posibles inconvenientes.

- d. Revisión y mejora: Terminada las actividades de mantención es importante destinar tiempos para realizar una revisión o evaluación post mantenimiento para conocer la eficacia del plan o descubrir áreas de mejora que pueden satisfacer ciertas debilidades encontradas.

Es importante que los análisis se aborden con una visión de mejora continua constante, con el fin de mejorar o fortalecer el rendimiento de la planificación.

1.5.1.2. Programación del mantenimiento

La programación del mantenimiento es un proceso que permite ordenar los trabajos de mantenimiento, es decir mediante la programación, se puede asignar las fechas o periodos o tiempos específicos en el cual se va a intervenir el equipo para someterle a una mantención.

Para que una programación sea eficiente en su desarrollo, hay aspectos clave en los que sostiene, entre ellos se puede, reconocer.

- Creación de un calendario de actividades: Necesariamente es importante que se defina el momento exacto y más viable para realizar una actividad de mantenimiento oportuna. No se debe olvidar que la finalidad, es reducir las intervenciones en las operaciones del proceso y evitar el riesgo de paradas inoportunas, por ende, el momento elegido debe ser clave para minimizar los costos del plan operativo.

- Establecer una secuencia lógica de tareas: el orden inteligente de las tareas permite que los recursos destinados se puedan aprovechar con mayor eficiencia. Como beneficio se obtiene un ahorro significativo en los costos y un aumento en la productividad.
- Trabajo de coordinación: La programación de las actividades se debe realizar de acuerdo a los lineamientos del plan operativo. Debe existir una cohesión entre el grupo de producción y el grupo de mantenimiento, para garantizar una correcta ejecución de las actividades y que estas no interfieran con los programas de producción.
- Notificación: La comunicación oportuna y efectiva, es clave para la ejecución correcta de las actividades. Hay que establecer una coordinación previa a la detención. Para que las partes involucradas estén en conocimiento, de los objetivos de la mantención, equipo a detener, hora de detención, duración de la actividad, etc. con el fin de garantizar la preparación, seguridad del personal, y minimizar las posibles sorpresas.

1.5.1.3. Gestión de repuestos y materiales

Las actividades de mantenimiento por lo general cuando se trabaja con una programación, los tiempos de ejecución son casi limitados, por ende, la planificación del trabajo se vuelve algo imprescindible, si se quiere evitar demoras en la ejecución del mismo, con posibles consecuencias negativas a la producción.

Una parte importante de esta planificación está en considerar con antelación la gestión de los repuestos y materiales que serán necesarios en la actividad para garantizar una repuesta rápida y efectiva al requerimiento de mantención. Para ello, es de vital importancia, contar con un inventario adecuado de todos los materiales que sean necesarios para los diferentes tipos de mantención, ya sean repuestos, insumos o herramientas.

La gestión anticipada de repuestos y materiales beneficia considerablemente la repuesta a los requerimientos de mantención, lo que se representa en una disminución de los tiempos de espera, además de garantizar la disponibilidad de los recursos necesario en el momento adecuado.

1.6. HERRAMIENTAS PARA EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

En el mantenimiento industrial para detectar, evaluar, analizar, corregir y evitar fallas existen diversas herramientas disponibles que se pueden utilizar para mantener un control sobre los equipos de producción. Primero es importante tener en consideración que el mantenimiento comienza mucho antes de que se ejecute en un equipo. Para decidir en intervenir y atacar el problema de raíz, se necesita previamente de cierta información necesaria sobre las condiciones de operación del equipo, es decir conocer el estado actual de la máquina. Estos antecedentes se pueden obtener realizando un seguimiento en terreno al proceso, utilizando inspecciones sensoriales u cualquier tipo de ensayos no destructivos (END), también mediante la aplicación de tecnologías en línea, con datos reales actualizados automáticamente.

Además, para tomar la decisión de intervención es necesario tener en consideración la capacidad de afectación del problema sobre el proceso o al equipo. Por ello es muy importante determinar la gravedad o importancia de cada problema o equipo a través un nivel de criticidad o prioridad. Esto beneficiará la toma de decisiones en futuras mantenciones. En conocimientos de estos antecedentes es que se pueden aplicar herramientas metódicas que permitan el desarrollo de soluciones desde una perspectiva constante. Y el uso o complejidad de estas dependerá del respectivo propósito e impacto que se quiera lograr.

1.6.1. Plan de mantenimiento

En simples palabras un plan de mantenimiento se refiere a un conjunto de tareas previamente programadas, que se deben ejecutar por un técnico o equipo de trabajo, cada cierto tiempo. La principal característica de este plan de mantenimiento es aplicar soluciones de tipo correctivas sobre problemas que se puedan presentar en un futuro, la idea es evitar o disminuir fallas inoportunas de cualquiera de los equipos. Para obtener como resultado, confiabilidad en los equipos y poder disponer de ellos el mayor tiempo posible.

En un plan de mantenimiento se pueden aplicar estas medidas en actividades rutinarias es decir a corto plazo, en actividades programadas a largo plazo o en cese de operación previamente programada.

1.6.1.1. Contenido de un plan de mantenimiento

Las actividades o tareas de mantención, son la base de cualquier plan de mantenimiento. Para que este sea claro y específico en su aplicabilidad. Debe contener necesariamente cierta información relevante, como, por ejemplo.

- Frecuencia del mantenimiento: estas pueden ser periódicas fijas, o basadas en las horas de operación del equipo.
- Especialidad del mantenimiento: si es del campo mecánico, eléctrico, instrumentación, limpieza, etc.
- Duración del mantenimiento: horas necesarias o aproximadas para realizar la actividad planificada.
- Necesidad de permiso de trabajo para realizar mantenimiento.
- Necesidad de detener el equipo para su intervención.

Además, para la elaboración del plan estratégico de mantenimiento, es necesariamente tener en consideración una serie de pasos que vinculan al trabajo de la organización, al seguimiento realizado, y al cumplimiento de plazos. Entre ellos se encuentran;

- Estudiar y conocer el historial de fallas, averías, reparaciones, etc.
- Realizar un listado de los equipos y sistemas que tiene la empresa.
- Conocer y saber diferenciar los equipos que se pueden reparar de los que no se pueden reparar.
- Asignar personal responsable de la ejecución del plan de mantenimiento.
- Consultar los manuales de equipos.
- Conocer las obligaciones legales.
- Conocer los requisitos necesarios a utilizar (realizar lista para evitar imprevistos)
- Definir el tipo de mantenimiento que se va a realizar.
- Realizar un cronograma con las tareas de mantenimiento a corto plazo.
- Ejecutar las medidas tomadas

1.6.1.2. Beneficios de un plan de mantenimiento

Un plan de mantenimiento bien ejecutado permite mejorar aspectos esenciales para la organización, ya que se puede lograr garantizar la seguridad de los colaboradores y aumentar la productividad de su proceso, toda vez que se gestione y administre bien las actividades de mantenimiento que ayuden a conservar el buen estado y funcionamiento de los equipos e instalaciones.

Entre los beneficios concretos de un plan mantenimiento se pueden destacar.

- **Control de los equipos:** El monitorear constantemente las condiciones en que se encuentre los equipos, ayuda a prevenir fallos inesperados e inoportunos que pueden comprometer la operación del equipo afectado, así también como los equipos relacionados. (Se busca evitar el mantenimiento correctivo).
- **Control de inventario:** Identificar las necesidades de los equipos, permite anticipar la gestión de las compras de los repuestos y/o recursos necesarios a utilizar en el mantenimiento.
- **Obtención de ahorros significativos:** Invertir recursos en un plan de mantenimiento preventivo, evita que en un futuro se invierta en gastos de tiempo, mano de obra no considerada, y dinero cuando se presente un imprevisto o emergencias. Traduciéndose en una optimización de los recursos tanto humano como materiales.
- **Aumento de la vida útil de los equipos:** la mantención y remplazo de componentes de manera oportuna previene fallos futuros y detenciones obligadas, consiguiendo una mejora en el rendimiento de los equipos.
- **Seguridad para el personal:** Cuando los equipos operan bien y en un estado satisfactorio, el riesgo que se produzca un accidente laboral se disminuye.
- **Mejora en la satisfacción del cliente:** Al operar los equipos en buena condición, son más eficientes y confiables, lo que asegura un buen servicio o una buena calidad del producto, provocando una percepción de satisfacción para el cliente.

1.6.2. Lista de comprobación

1.6.1.3. ¿Qué es una lista comprobación?

Son formatos creados para aplicarse como herramientas de control. Se usan para comprobar o recolectar datos de forma ordenada y sistémica de las actividades que se ejecutan, datos de los equipos operativos o calidad final de productos.

1.6.1.4. ¿Para qué sirve una lista de comprobación?

Las listas de chequeo se pueden utilizar en diferentes ámbitos, el límite de su alcance lo define el objetivo que se quiera conseguir con su aplicación.

Entre sus principales usos se pueden destacar los siguientes:

- Realizar actividades con un orden establecidos procurando seguir ordenadamente y no olvidar ningún paso de la actividad.

- Realizar inspecciones, dejando constancia de puntos inspeccionados.
- Verificar e inspeccionar productos finales, de acuerdo al cumplimiento de parámetros o calidad predeterminadas.
- Recopilar datos para su futuro análisis.

En resumen, las listas de chequeo son de uso rutinario, y ayudan a comprobar que el operario o el encargado de su aplicación no olvide constatar la información solicitada en el documento.

Se debe destacar también que, en la lista de comprobación es importante que queden claramente definidas los aspectos de interés. Para facilitar la interpretación y el uso del documento. En este se debe expresar legiblemente.

- Que se tiene que inspeccionar o verificar
- Criterio de conformidad o no conformidad
- Frecuencia de control
- Encargado de realizar el control.

Por último, se recomienda agregar un apartado de observaciones, en el cual se pueda incluir información extra que pueda aportar al futuro análisis de los motivos de la disconformidad.

1.6.1.5. Beneficios de aplicar una lista de inspección

Al utilizarse como un documento de verificación, y levantamiento de datos, su aplicación rutinaria dentro de los procesos o actividades a controlar, genera diversas consecuencias positivas entre las cuales se puede destacar.

- Organizador de tareas pendientes, si se busca ordenar y disponer estas tareas según prioridad o paso a paso en el que deben realizarse.
- Inspeccionar y contralar el o los procesos, para buscar posibles falencias en la cadena de trabajo.
- Puede funcionar como registro de las tareas realizadas.
- Se puede verificar el nivel de avance de un proceso.
- Se pueden describir los detalles de las condiciones observadas en el proceso o equipo.
- Ahorro de recursos
- Al contar con una pauta de trabajo, evita errores u omisiones.
- Facilita el seguimiento y la evaluación de los procesos.
- Mejora la calidad y seguridad de los procesos.

1.7. EL PELLET

El pellet es combustible ecológico, que se genera por el prensado de harinas de madera. La materia prima necesaria para formación de este biocombustible son subproductos de la madera como el aserrín y viruta, provenientes de la industria forestal. Se puede decir que es un biocombustible sólido estandarizado, con forma cilíndrica de 6 mm de espesor y 6 mm aproximado de largo, que se puede utilizar en estufas domiciliarias y calderas industriales para la generación de energía térmica o eléctrica.

1.7.1. Etapas clave del Proceso de fabricación del pellet

La fabricación de este tipo de biocombustible se genera a través de un proceso simple, en la cual, para conseguir un producto de calidad, es necesario utilizar la maquinaria adecuada. Un factor importante para conseguir un buen pellet, es la utilización de una materia prima de calidad, ya que los parámetros correctos de humedad determinarán la calidad del producto final.

Abastecimiento: se utiliza viruta o astillas finas de calidad adecuada para la producción pellet. Esta biomasa proviene de procesos de Remanufacturas de la madera, o industrias de aserrío por lo general. La materia prima utilizada debe ser limpia de cortezas, piedras, metales u otros y en lo posible seca

Secado: la biomasa debe poseer una humedad menor al 10% para conseguir un pellet que cumpla con las normas de calidad y para que este sea eficiente en su poder calorífico. Por lo tanto, si la materia prima está por encima de los estándares de humedad, se debe contemplar un secado previo para facilitar el proceso fabricación del pellet.

Proceso de molienda: Por lo general la materia prima utilizada es viruta o astillas finas, cuyas dimensiones de origen no son aptas para el prensado y la fabricación. Por ende, primero existe un proceso de molienda de material donde se reduce sus dimensiones a una apta para ser prensada.

Humectación: la biomasa antes de llegar a la máquina de prensado, es sometida a una leve humectación y para facilitar la compactación y el pegado de sus fibras.

Prensado: Es la parte principal y determinante del proceso, se realiza a una alta presión y temperatura, para conseguir una compactación de calidad, generando así un pellet de calidad, con buenos atributos de durabilidad, humedad, color y dimensiones de norma. Un pellet demasiado húmedo queda demasiado blando, genera poco poder calorífico, un mayor porcentaje de cenizas y puede afectar al desgaste de las estufas y calderas.

Enfriado: Una vez que el pellet sale de las máquinas de prensado, este sale demasiado caliente para ser embolsado, por lo que es transportado hasta un enfriador para reducir su temperatura y mejorar su compactación, así este no afectara el proceso de embolsado.

Harneado o tamizado: Al salir de la prensa el pellet desprende algunas porciones de residuos, que van aumentando durante el transporte hasta la cámara de enfriamiento, por lo que es necesario eliminar el porcentaje de estos residuos y los de menor tamaño que no cumplan con la estandarización, por ende, antes de ser embolsado, el pellet pasa por un harnero que limpia el pellet, quedando un pellet en condiciones para su embolsado.

Almacenamiento: Post embolsado las bolsas son ordenadas en pallet y cubiertas por un material protector, para su luego almacenamiento en bodegas o ambientes libre de humedad, listo para su comercialización.

1.7.2. Normativa para la calidad del pellet en Chile

Para determinar la calidad del pellet, se consideran las siguientes variables.

Brillo: Un buen pellet a simple vista debe poseer una apariencia brillante, con un color característico tipo barniz, y una superficie lisa.

Color uniforme: El color de presentación o acabado, debe ser uniforme, ya que, si mostrase otros colores irregulares o extraños, puede que existan cuerpos extraños, como metal, plásticos u otros. El color final dependerá de la materia prima.

Estructura compacta: Este debe poseer una buena dureza, compactibilidad, y sin gritas, para que al manipularse no se desprenda restos o se desintegre.

Densidad: Cantidad de masa por un metro cubico (kg/m^3), en el pellet esta medida se traduce como entre más compacto o mayor densidad del pellet contiene más energía por unidad de volumen.

El pellet es un producto estandarizado en diámetro, largo, densidad, humedad, cenizas, que posee un bajo contenido de humedad interna con un rango entre 10-20 %, una alta densidad energética, de fácil almacenamiento, y transporte, es considerado un biocombustible limpio y seguro, en comparación a los productos fósiles, con una baja emisión de contaminantes.

De acuerdo a la norma chilena, se pueden clasificar en dos tipos de pellets, que corresponden a un uso domiciliario e industrial.

Las normas chilenas existentes, que controlan la estandarización de la calidad del pellet que se fabrica y comercializa en Chile, están orientadas bajo los planteamientos de normas internacionales, las cuales establecen la clasificación del pellet de acuerdo al tipo de biocombustible y producción.

A continuación, en la tabla 1-1 se mencionan las normas exclusivas para la producción de pellet de madera según INN.

Norma	Año	Nombre
NCh-ISO17225/1	2017	Biocombustible sólidos- especificaciones y clases de combustible- Parte 1. Requisitos generales
NCh-ISO17225/2	2017	Biocombustible sólidos- especificaciones y clases de combustible- Parte 2. Clase de Pellets de madera
NCh-ISO17829	2018	Biocombustible sólidos- Determinación de la longitud y del diámetro del Pellet
NCh-ISO17831/1	2018	Biocombustible sólidos- Determinación de la durabilidad mecánica de Pellets y briquetas- Parte 1. Pellets

Tabla 1-1. Normas relacionadas con pellet de madera

Fuente: www.bibliotecadigital.infor.cl

1.7.3. Norma chilena ISO 17225

ISO 17225, es la norma internacional principal en cuanto a biocombustible. Y está constituida por ocho partes bajo el título de “Biocombustibles sólidos, especificaciones y clase de combustible”. Entre las cuales las partes 1,2,4 y 6 han sido aceptadas por el INN. Reconociéndolas como norma chilena. Y en la cual la sección 1 y 2, establece las directrices sobre la producción de pellet y su calidad.

Parte 1:

La parte 1 de la Nch ISO 17225/1, menciona la información general para los biocombustibles sólidos, en la que describe los términos técnicos de los principales conceptos para comprender mejor la norma. Abordando desde la etapa de producción, comercio y alcances entre el vendedor y comprador. Explicándose también las fuentes de origen del biocombustible sólido, la cual puede provenir de diferentes áreas, clasificándolas en biomasa leñosa, herbácea, frutal, acuática, y mezclas de biomasa.

También la norma declara las características que debe tener un biocombustible sólido en cuanto a su composición, tamaño, calidad, entre otras.

La norma también declara una descripción de las propiedades analizadas para su respectiva clasificación de los biocombustibles según su origen. Pero existen parámetros físico-químicos que son de carácter obligatorio medir, independiente del origen o la fuente. Entre los cuales están.

Humedad: El porcentaje de humedad incide en la calidad y eficiencia de combustión del pellet. Cuanto menor sea su humedad mayor será su poder calorífico y la eficiencia en la combustión, ya que reduce la emisión de humos y cenizas. El porcentaje de humedad aceptable que establece la norma chilena para un pellet certificado es de 10% de la masa total del producto.

Longitud (L): La norma indica establece que esta debe estar entre 3,15 mm a 40 mm

Ceniza: La calidad del pellet está relacionado directamente con la cantidad de ceniza que se genera en la combustión, la norma chilena señala que este porcentaje no debe exceder 0,7% del total de la masa del producto.

Diámetro (D): En la norma chilena ISO 17225/2 se indica que el diámetro del pellet deber ser de 6 mm con rango ± 1 mm. También indica otra opción de 8,8 mm con misma tolerancia.

Cantidad de finos: Material particulado que se desprende del total de una determinada unidad de masa. Y que puede causar problemas en la combustión al no ser aprovechado en los equipos, provocando un bajo rendimiento y eficiencia energética en el proceso de generación de energía. El porcentaje de finos sobre la masa total del producto no debe exceder el 1% y para productos comercializado de 20 kg un 0,5%.

Durabilidad mecánica: La facilidad de romperse y descomponerse del cilindro compactado, lo que genera finos durante su transporte y manejo. En la norma chilena este porcentaje de masa del producto sin daños debe estar entre 96,5% y 97,5%

Densidad aparente (BD): Característica fundamental para los equipos que no cuenten con control automático de aire, ya que el volumen debe adecuarse al funcionamiento del equipo. Ya que existe una relación directa entre el aumento de la densidad y las propiedades térmicas del pellet. La norma chilena señala que este debe ser igual o mayor a 600 kg/m³

Poder calorífico (Q): Se refiere al confort térmico que entrega el pellet en su combustión, el valor señala la cantidad de energía que proporciona por unidad de medida, lo que ayuda a conocer la cantidad de pellet que se necesita para cubrir una superficie determinada. La norma chilena señala que se debe cumplir con un poder calorífico superior a 4,6 kWh/kg.

Parte 2:

En esta sección la norma define los conceptos de “pellet de madera”, “Aditivos”, “Tratamiento químico” y “Aplicación comercial”. Además, clasifica el pellet según la calidad y destino que este tenga. Esta clasificación se realiza de acuerdo al uso que este recibirá, si es para tipo residencial o industrial, determinación basada en parámetros de origen, dimensiones y calidad de la materia prima.

De acuerdo a la norma el pellet se puede clasificar en dos categorías, de tipo domiciliario e industrial.

Tipos de pellet según uso	Subclasificación
Domiciliario	A1 – A2 – B
Industrial	I1 – I2 – I3

Tabla 1-2. Normas de biocombustibles sólidos.

Fuente: www.bibliotecadigital.infor.cl

La subclasificación de propiedad A1, A2, I1 e I2, corresponden a pellet producido con madera virgen y residuos de madera no tratados químicamente.

Clase A1, corresponde a un pellet que presenta bajo contenido de cenizas y nitrógeno, mientras que la clase A2 presenta un contenido levemente más alto a esos índices.

El tipo de pellet clase I1 e I2, poseen un contenido de cenizas similar a la clase domiciliaria A2.

Por último, la clase B e I3, admiten subproductos y residuos industriales tratadas químicamente y madera usado no tratada químicamente.

1.8. DE LA EMPRESA INNAPEL

Industria Nacional de Pellet (INNAPEL) es una empresa que se dedica la fabricación y comercialización de pellet de madera de clase A1, para uso domiciliario. Desde su apertura el año 2016, la organización se ha comprometido con producir y ofrecer a sus clientes un pellet certificado con altos estándares de calidad. Muestra de aquello, mediante el arduo trabajo de mejora continua que ha adoptado la empresa en su proceso de operación, hoy en día el pellet INNAPEL cuenta con una certificación internacional de

calidad (ENPLUS A1), que cumple con todos los requisitos que exige la norma chilena 17225 aceptada el año 2017 por el instituto nacional de normalización.

1.8.1. Departamento de mantención mecánica

La organización cuenta con un departamento de mantenimiento, que se encarga de mantener y reparar todos los activos de la planta. Y dar solución a los diferentes requerimientos que se puedan presentar.

1.8.2. Estrategia actual de mantenimiento

Actualmente la organización cuenta con un plan de mantenimiento de tipo correctivo. Que se basa, en la reparación del activo una vez que se presenta la falla. A continuación, se aprecia el flujo del proceso adoptado para corregir fallas.

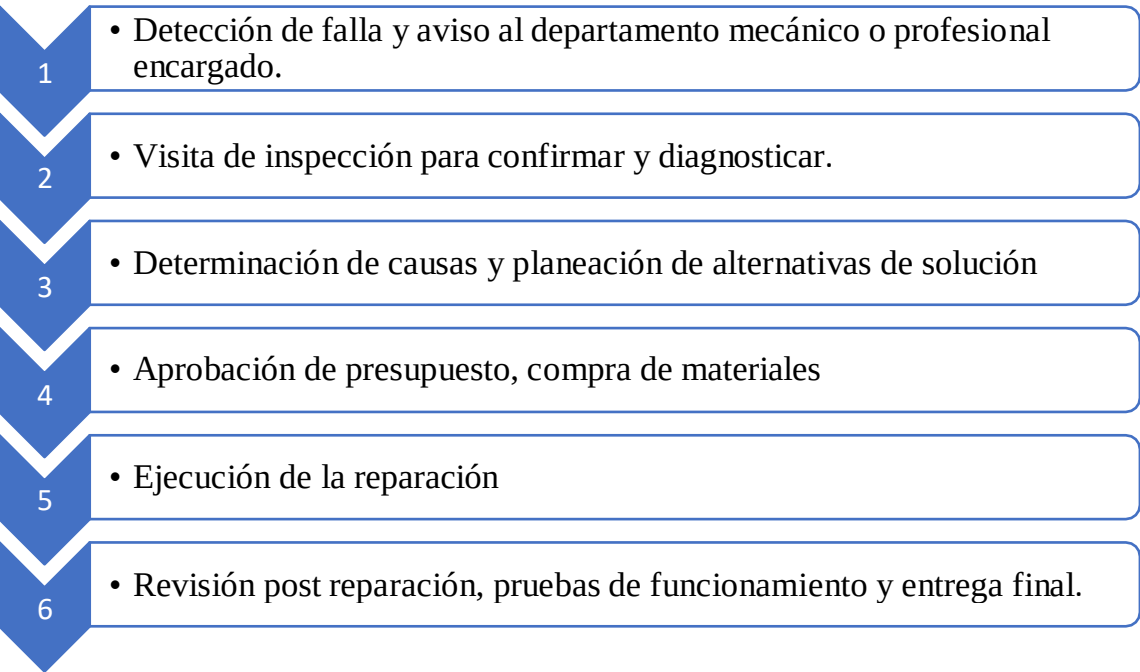


Diagrama 1-1. Flujo actual del proceso estratégico de mantención.

Fuente: Autoría propia. Basado en el procedimiento que se realiza para ejecutar el plan de mantención correctiva.

Esta estrategia adoptada ha presentado múltiples desafíos para el departamento, ya que, al ir aumentando las exigencias productivas, en consecuencia, se obtienen deterioros más prematuros de los equipos. Y al no contar con una estrategia robusta en gestión de la mantención. Los desafíos que surgen para la mantenibilidad de los equipos son cada vez mayores. Por ende, se hace necesario actualizar la estrategia y técnicas para conseguir mejores resultados.

1.8.3. Organización del departamento de mantención

En la actualidad el departamento es integrado por un grupo de 5 profesionales del área de la mantención mecánica. Distribuidos en 3 turnos o grupo de trabajo.

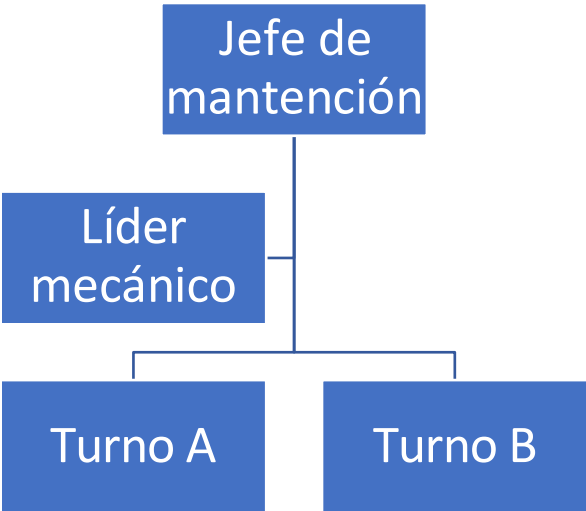


Diagrama 1-2. Mapa conceptual de la jerarquía básica del grupo de mantención

Fuente: Autoría propia. De acuerdo a la organización actual del departamento.

Turno	Sistema de turno	Horario de trabajo	Horas trabajadas	Integrantes	Personal
A	4x4	8:00 AM - 20:00 PM	12	1	Técnico mecánico
B	4x4	8:00 AM - 20:00 PM	12	1	Técnico mecánico
	5x2	8:00 AM – 18:00 PM	8	2	Jefe de mantención Líder mecánico

Tabla 1-3. Distribución personal mantención en turnos.

Fuente: Autoría propia. Elaborado con antecedentes de organización actual del personal mantención.

1.8.4. Organización del departamento de producción

Para mantener la continuidad de la línea productiva de la planta. La producción esta sostenida actualmente en un sistema de turno rotativo de 4x4. Con un horario para el turno de día de 8:00 am – 20:00 pm y un horario para el turno de noche de 20:00 pm – 8:00 am. En la estructura jerárquica del equipo de producción cuenta con 4 turnos, que se dividen en A, B, C, D. Siendo los turnos A-B contra turno de los turnos C-D. Cada contra turno cuenta con el siguiente personal.

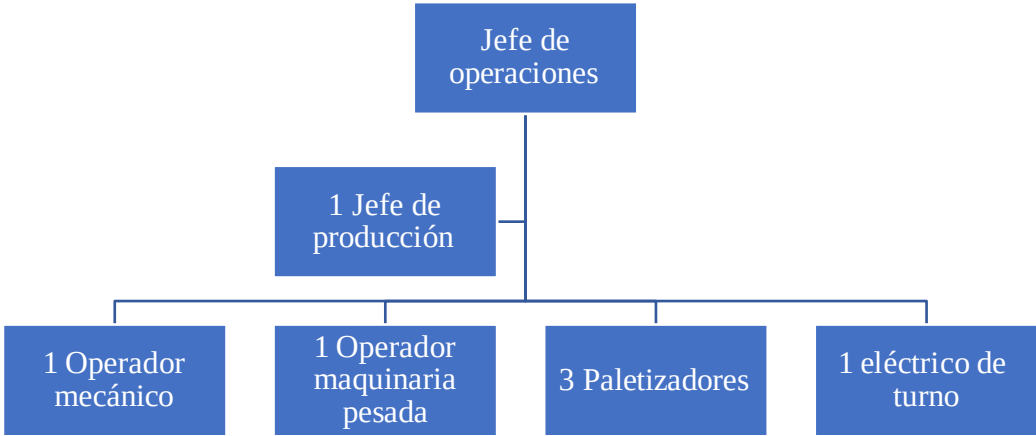


Diagrama 1-3. Mapa conceptual de la jerarquía del grupo operativo de producción

Fuente: Autoría propia, según la distribución de cargos en la producción

1.9. SECUENCIA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA

Actualmente la planta Innapel, Cuenta con una línea productiva que comprende las siguientes etapas.



Diagrama 1-4. Etapas de línea productiva INNAPEL.

Fuente: Autoría propia, según etapas claves del proceso productivo

1.9.1. Alimentación materia prima

En el patio de almacenamiento se deposita los diferentes tipos de materia prima que la empresa utiliza para el proceso de fabricación del pellet. Actualmente la mezcla utilizada, comprende; viruta, astillas y aserrín, estas materias se encuentran prácticamente secas con un porcentaje de humedad máxima de 10%.

Desde este sector la materia prima se alimenta con ayuda de un cargador frontal a tornillos de entrada.



Figura 1-2. Patio de almacenamiento y alimentación al proceso productivo.

Fuente; Autoría propia, imagen registrada en instalaciones de la empresa.

- **Tornillos de entrada y cinta transportadora 1:** Los tornillos de entrada o alimentación son 4 y están encargados de arrastrar el material desde el patio de almacenamiento hasta la correa transportadora (CT-01). Para luego transportar el material hasta la zona de molienda.



Figura 1-3. Tornillos de entrada.

Fuente: Autoría propia, imagen registrada en instalaciones de la empresa.



Figura 1-4. Correa transportadora, CT-01.
Fuente: Autoría propia, imagen registrada en terreno.

1.9.1. Zona de molienda

En la zona de molienda se encuentran los siguientes equipos:

- **Estanque revolvedor:** Equipo que es alimentado por la ct-01, y que este encargado de distribuir el material hacia los molinos 1 y 2 mediante tornillos de alimentación (Ver figura 1-8).



Figura 1-5. Estanque revolvedor y tornillos de alimentación a molinos n°1 y n°2.
Fuente: Autoría propia, imagen registrada en terreno.

- **Molinos 1 y 2:** Equipos encargados de reducir la materia prima hasta una dimensión igual o menor de 10 milímetro.



Figura 1-6. Molinos n°1 y n°2.

Fuente: Autoría propia, imagen registrada en instalación de planta.

- **Ventilador 1:** Equipo encargado de succionar el material desde los molinos 1 y 2 y lo traslada hasta el molino número 3.



Figura 1-7. Ventilador número 1.

Fuente: Autoría propia, imagen registrada en terreno.

- **Molino 3:** Equipo encargado dimensionar el material hasta 5 mm (medida final).

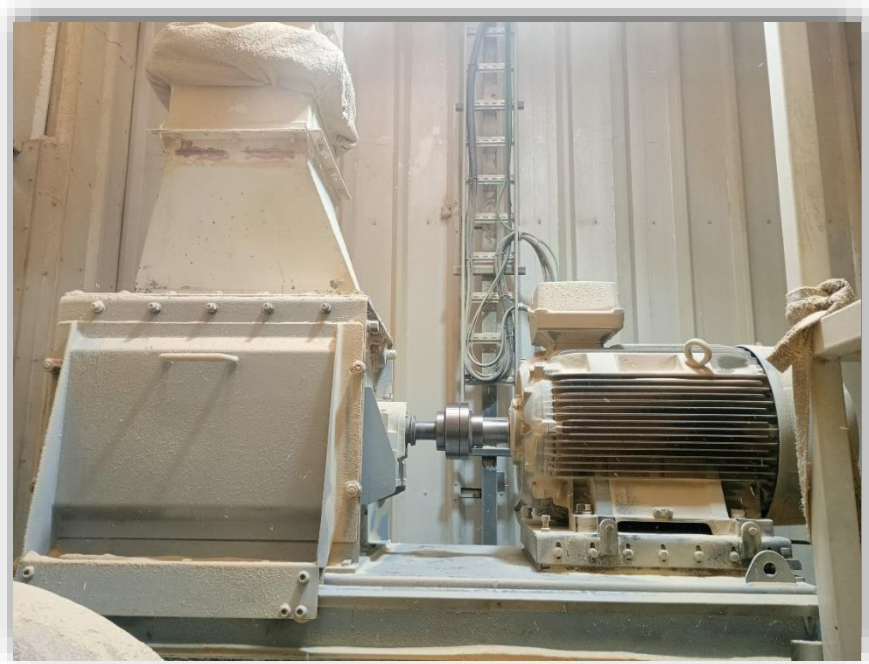


Figura 1-8. Molino número 3.

Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en planta.

1.9.2. Transportes de harinas

En esta etapa son varios los equipos que trabajan para trasladar el material hasta la zona de prensas. Los equipos principales que participan son.

- **El ventilador número 2:** Se encarga de succionar la materia prima desde el molino número 3, y la traslada a través de ductos hasta el ciclón número 1 y número 2.



Figura 1-9. Ventilador número 3

Fuente: Autoría propia, imagen registrada en inspección rutinaria.

- **El ciclón número 1:** Es en donde se recupera el material más pesado que viene de ventilador 3, y es un componente que actúa como acumulador de la materia prima, y que posee una válvula dosificadora, que deposita cierta cantidad de material al tornillo 3, para que este lo traslade hasta la cinta transportadora número 2.



Figura 1-10. Ciclón 1 y, y tornillo de alimentación número 3.

Fuente: Autoría propia, imagen registrada en inspección de rutina.

- **El Ciclón número 2:** Al igual que el 1 actúa como acumulador y dosificador de material, La diferencia que este recibe el material más liviano que no desciende en el ciclón 1, este equipo posee también una válvula dosificadora que deposita el material directamente en la cinta transportadora número 2.



Figura 1-11. Ciclón 2.

Fuente: Autoría propia. Imagen registrada de planta Innapel.

- **Filtros de mangas:** Equipo encargado de recuperar el material fino (polvo) obtenido en los procesos de molienda, que debido al peso no descenden hasta los ciclones, se utiliza para evitar demasiado polvo en la mezcla del material.



Figura 1-12. Filtro de mangas y tornillo número 3.

Fuente: Autoría propia, imagen registrada desde planta Innapel.

- **Cinta Transportadora 2:** Equipo que recibe el material desde el tornillo 3, ciclón 2 y filtro de mangas. Y lo traslada hacia el elevador 1.
- **Elevador 1:** Equipo que mediante capachos traslada el material hacia la zona superior y lo deposita el tornillo número 4, que está ubicado sobre una estructura a la cual el personal llama “estanque cuadrado”



Figura 1-13. Elevador 1.

Fuente: Autoría propia, imagen registrada desde planta Innapel.

Continuamente desde el tornillo número 4, el material es trasladado por una serie de tornillos antes de llegar a la zona de prensado. Los tornillos siguientes actualmente son llamados por el personal, como:

- Tornillo sur bajo estanque cuadrado:
- Tornillo norte bajo estanque cuadrado

Ambos tornillos alimentan con material al tornillo inclinado

- **Tornillo inclinado:** Equipo que alimenta a elevador 2
- **Elevador 2:** Equipo que deposita el material hasta el tanque acumulador principal en la zona de prensas.



Figura 1-14. Elevador número 2 y tornillo inclinado.

Fuente: Autoría propia. Imagen registrada desde instalaciones de Innapel.



Figura 1-15. Vista superior de elevador 2

Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.

1.9.4. Zona de prensas

La zona de prensas es el área principal donde se produce el proceso de fabricación del pellet. En esta zona se ubica las 3 prensas que realizan este trabajo. Prensa Mabrik, Prensa Kahl y Prensa Ylong. La cual son alimentadas por un tanque acumulador principal, a través de una línea de tornillos secuenciales, para cada prensa.



Figura 1-16. Zona de prensas

Fuente: Autoría propia, imagen registrada desde planta Innapel.

En la zona de prensas además se ubican los siguientes;

- **Línea extractora de vapores:** La línea extractora de vapores se encarga de extraer los vapores producidos en las prensas producto de las altas temperaturas producidas en el proceso de compactación.



Figura 1-17. Extractor de vapor.

Fuente: Autoría propia, imagen registrada en terreno.

- **Recuperadora de finos:** El equipo recuperador de finos, se encarga de recuperar el material particulado (fino) que se desprende del pellet, producto de los movimientos y caídas en su transporte hacia el enfriador. Este material es succionado por el ventilador 3, hacia el ciclón 4 que lo deposita en un contenedor. El material recuperado es nuevamente reprocesado.



Figura 1-18. Recuperador de finos

Fuete: Autoría propia. Imagen registrada en instalaciones de Innapel

- **Cintas transportadoras de pellet:** Corresponde a las cintas transportadoras 3 y 4, estas cintas reciben el pellet de las prensas y lo trasladan hasta el elevador número 3, quien descarga el pellet en el equipo enfriador.

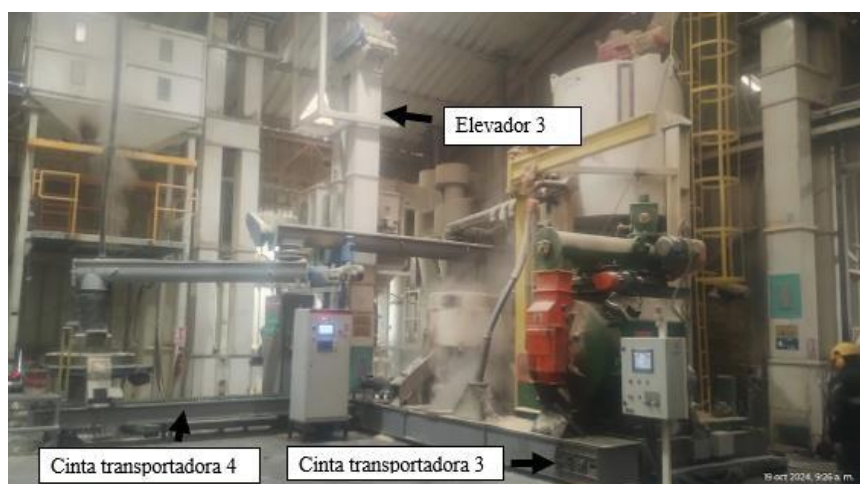


Figura 1-22. Cintas transportadoras de pellet

Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.

1.9.5. Enfriador

Este equipo se encarga de acumular el pellet por un tiempo determinado, hasta que disminuya su temperatura. Cuenta con un sensor de nivel y temperatura, que ayuda a controlar este proceso. Cuenta con un sistema neumático, que abre las celosías internas del enfriador cada 5 minutos, para que el pellet descienda hasta el harnero.



Figura 1-19. Enfriado.

Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en instalaciones de Innapel

1.9.6. Harneado

En este proceso el pellet se somete a un proceso de limpieza, el cual consiste en reducir la cantidad de material particulado o pellet molido del pellet que será traslado hasta la embolsadora, esto se hace para mantener la calidad o parámetros de finos en producto final de acuerdo a la norma.



Figura 1-20. Hamero

Fuente: Autoría propia. Imagen registrada desde instalaciones de Innapel

- **Elevador 4:** El elevador 4 traslada el pellet hacia el tornillo superior, el cual deposita el pellet en la embolsadora.



Figura 1-21. Vista superior de elevador 4 y tornillo hacia embolsadora.

Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.

1.9.7. Proceso de embolsado

Se realiza con la ayuda de un equipo automatizado, que a través de diferentes mecanismos realiza el trabajo de embalaje del pellet, este se deposita en bolsas, hasta alcanzan un peso de 15 kg, para luego sellarlas y depositarlas en las cintas transportadoras. Ver imagen 1-26.

1.9.8. Paletizado del producto final

Para este trabajo se utilizan unas plataformas giratorias automatizadas. Estos equipos facilitan al personal el trabajo al personal encargado de hacer los pallets del producto.



Figura 1-22. Embolsadora y módulos de paletizado.

Fuente: Autoría propia. Imagen registrada desde instalaciones de Innapel.

CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO, Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

2.1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente la empresa INNAPEL sostiene la operatividad y disponibilidad de los equipos de su proceso productivo, con una estrategia de mantenimiento de tipo correctivo. Esto si bien ha logrado mantener los equipos de producción, actualmente esta estrategia es contraproducente con los desafíos de la empresa, en materia de cumplimiento del plan operativo. Hoy en día INNAPEL al contar con un producto certificado, es un actor competitivo en el mercado nacional sobre producción y comercialización de pellet. Sin embargo, los esfuerzos para mantener el margen disponibilidad del producto son cada vez mayores. Y al no contar con un plan de mantenimiento sólido a estos requerimientos, provoca que se genere cierta incertidumbre en la disponibilidad y continuidad operativa del proceso, lo que conlleva a los departamentos de producción y mantenimiento a estar en un ambiente de constante presión para poder cumplir con el plan operativo.

Por ende, la propuesta de plan de mantenimiento preventivo, se centra en establecer una base para la gestión del mantenimiento de la planta que permite mejorar aspectos como:

1. Los riesgos de detenciones inoportunas o no programadas: Estas posibilidades repentinas generan tiempos de mantención no planificados, que en situaciones se dan con largas horas de detención del equipo o del proceso productivo, lo que afecta de forma negativa a la producción.
2. Tiempos de repuesta y reparación: Al no existir una planificación previa de los trabajos. Las reparaciones o mantenciones se ejecutan sin tiempos determinados. Lo que provoca que en ocasiones se realice de manera deficiente, por el motivo de dar continuidad rápidamente a la producción. O también que se pueda extender por largas horas, debido a la falta de preparación para atender el imprevisto. Estas condiciones presentan un riesgo a la continuidad operativa y a la seguridad del personal.
3. Usos ineficientes de los recursos: El mantenimiento correctivo genera un desorden en la administración de recursos del mantenimiento. Ya que al no existir una planificación y programación de las tareas. Los recursos son utilizados de manera deficiente o errónea, esto abarca desde compras de materiales e insumos, personal insuficiente para los trabajos, tiempos no controlables de mantención, lo que provoca costos adicionales no contemplados.
4. Baja disponibilidad de los equipos de prensado.

2.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La región del Bio-Bio es responsable del 70% del abastecimiento del pellet a nivel nacional. Al ser la zona con más plantas productivas del país. Y al ser un sector que va en permanente crecimiento y cambios, las exigencias del mercado y la necesidad de mantener una disponibilidad de abastecimiento, provoca que las plantas tomen ciertos resguardos necesarios para mantener la competitividad en el mercado o aumentar sus números de producción. Estas medidas van desde asegurar el suministro de materia prima, o a requerir de más y mejores herramientas en tecnologías para hacer el proceso productivo de pellet cada vez más eficiente.

Por ende, la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para el proceso de productivo de la organización, busca, ordenar, planificar y programar de forma adecuada y oportuna el mantenimiento. Para así minimizar las mantenciones correctivas no programadas, los tiempos de inactividad no planificados, y los costos asociados, para lograr un control eficiente de los tiempos y recursos destinados al mantenimiento. Al superar estas barreras que limitan el proceso, se podrá maximizar la eficiencia y disponibilidad de los equipos de la planta, así también la seguridad del personal.

2.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS PRINCIPALES

En el levantamiento realizado en terreno, se logra recopilar una variedad de antecedentes problemáticos en el proceso. A continuación, con la ayuda de un diagrama de causa y efecto, se reconoce y ordenan estos factores que clarifican la debilidad del proceso.

2.3.1. Diagrama causa y efecto de la empresa



Diagrama 2-1. Diagrama de Ishikawa, causa-efecto sobre factores de incidencia.

Fuente: Elaboración propia, con antecedentes de terreno.

A continuación, los factores considerados en el diagrama anterior serán evaluados en una matriz de riesgo, para dar calificación, y eliminar lo de menor importancia e identificar los de mayor afectación, para realizar una propuesta de solución y la prevención de las mismas, a través de la implementación de un plan de mantenimiento.

2.3.2. Matriz de ponderación de problemas.

En la siguiente tabla se evalúan los factores considerados anteriormente y se ponderan para seleccionar los de mayor incidencia en el problema general.

Criterio <4 bajo impacto ≥4 alto impacto	Ponderación 0 – 100%	Problemas identificados Calificación 1 - 7					
		Mano de obra	Medición	Materiales	Maquina	Método	Medio ambiente
Impacto a la empresa	10	2	5	4	2	6	2
Factible técnicamente	30	4	7	5	3	7	3
Económico	20	3	4	4	3	4	4
Nivel de Utilidad	40	3	7	7	3	7	4
Evaluación	100	3	5,75	5	2,75	6	3,25

Tabla 2-1. Matriz de ponderación de problemas.

Fuente: Autoría propia en base a criterios de influencia de los problemas sobre el proceso.

Nota: la tabla 1, muestra la prioridad de los factores que inciden en el problema según ponderación, (fuente, autoría propia, en base a datos registrados en diagrama Ishikawa, figura 2-1).

Según los factores evaluados en la matriz de ponderación, se obtiene que actualmente los factores con mayor impacto que están obstaculizando a que se genere una buena resolución del mantenimiento, son: el método empleado, la medición, y materiales. Por tanto, para establecer una propuesta resolutive y mejorar estas falencias, se determina trabajar en estas causas, porque presentan directamente oportunidades de mejoras y solución al problema principal, que es el mantenimiento mecánico de la planta, que actualmente está siendo deficiente por aplicarse de forma correctiva.

2.4. ANÁLISIS TÉCNICO DE LOS FACTORES

Con este análisis se busca aclarar y reconocer de forma asertiva las falencias y acciones que sen ven involucradas y provocan el problema principal.

Método	Ocasiona	Recomendaciones
Estrategia inadecuada	1. Inexistencia de planificación 2. Falta de información al equipo de mantención. 3. Fallas inesperadas de la máquina. 4. Imposibilidad de análisis. 5. Acumulación de trabajos.	Generar y establecer una base de datos, o documentos de reparación, donde se pueda conocer el historial de mantenimiento del equipo.
Ejecución deficiente	1. Tiempos de ejecución no definidos. 2. Desorden en la ejecución y asignación de los trabajos. 3. Nula preparación de los trabajos. 4. Acumulación de trabajos. 5. Personal insuficiente. 6. Personal no sabe qué hacer. 7. Repetitividad de fallas	Establecer un plan matriz que ayude a la planificación de los trabajos de mantención.

Tabla 2-2. Análisis del Factor Método.

Fuente: Elaboración propia, basado en análisis técnico de inconvenientes presentados en planta.

Medición	Ocasiona	Recomendaciones
Falta de estándar (Apreciación diferente)	1. Turnos operan los equipos con parámetros diferentes 2. Sobre exigencia de los equipos de prensado. 3. Detenciones de emergencia. 4. Operación deficiente.	Respetar parámetros de trabajo en las prensas (Estandarizar la operación).
Falta de inspección, control y evaluación	1. Desconocimiento de los estados de componentes y equipos mecánicos. 2. Traspaso de información poco efectiva. 3. Escasa evaluación del mantenimiento (no hay mejora continua). 4. Inexistencia de análisis de fallas. 5. Diagnostico deficiente.	Generar mecanismos que faciliten el levantamiento y traspaso de información de los equipos.

Tabal 2-3. Análisis del Factor medición

Fuente: Elaboración propia, basado en análisis técnico de inconvenientes experimentados en planta.

Materiales	Ocasiona	Recomendaciones
Falta de inventario de repuestos e insumos	1. Aumento del tiempo de mantención por espera de repuestos. 2. Reprogramación del mantenimiento. 3. Reparación de piezas. 4. Compras a última hora.	1. Realizar inventario de piezas críticas e insumos necesarios para mantención, 2. Generar orden de compras anticipadamente (trabajar con planificación e i n f o r m a c i ó n de inspecciones a los equipos)
Falta estándar	1. Reutilización de repuestos 2. Materiales de baja calidad 3. Reparación de piezas o componentes.	Considerar información técnica de equipo mecánico, toma de decisión departamento mecánico.

Tabla 2-4. Análisis del Factor materiales.

Fuente: Elaboración propia. Basado en análisis técnico sobre inconvenientes experimentados en planta.

2.4.1. Conclusión general sobre análisis y recomendaciones

En lo descrito anteriormente, se puede reconocer debilidades importantes que presentan los factores que están siendo determinantes en la ejecución del mantenimiento mecánico de la planta. De dicho análisis, se obtiene que no es solo el mantenimiento correctivo que está afectando la calidad del mantenimiento. Si no que también, la falta de mecanismos apropiados para facilitar la ejecución del mismo. Por ende, los esfuerzos no solo deben centrarse en dar solución a mejorar la ejecución del mantenimiento como tal, sino que, además, se deben poner los esfuerzos en robustecer la capacidad de gestión necesaria que beneficie el desarrollo de la estrategia de mantención.

La búsqueda de mejoras es un proceso constante y siempre debe visualizarse en post de una estrategia competitiva, que sea capaz de adaptarse a los cambios del entorno, estas pueden ser a través de un análisis participativo junto al personal, o mediante el uso de nuevas herramientas, tecnologías, etc. La idea es enfocar continuamente los esfuerzos en abordar y eliminar aquellas debilidades que son contraproducentes con la continuidad del proceso productivo, y la visión del departamento. Por ende, como oportunidad de mejora detectada en este análisis y que serán beneficiosas para el proceso de la empresa, se decide trabajar en generar un plan de mantenimiento mecánico de tipo preventivo que sea idóneo a los requerimientos del proceso. Ya que esto dará pie a que se abran las posibilidades de seguir buscando brechas y oportunidades de mejora.

CAPÍTULO 3: DISEÑO Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

DISEÑO Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3.1. ACTUALIZACIÓN DE ESTRATEGIA

Misión

Mantener los equipos del proceso en óptimas condiciones para su operación el mayor tiempo posible, velando siempre por la seguridad del personal y de los activos, minimizando los riesgos a la continuidad de la producción.

Visión

Consolidar una sólida estrategia de gestión y ejecución del mantenimiento, que nos permita mejorar la eficiencia del mantenimiento, con el fin de mantener la continuidad operativa del proceso a través del tiempo.

3.2.NUEVA ESTRUCTURA ESTRATÉGICA DEL DEPARTAMENTO MANTENCIÓN

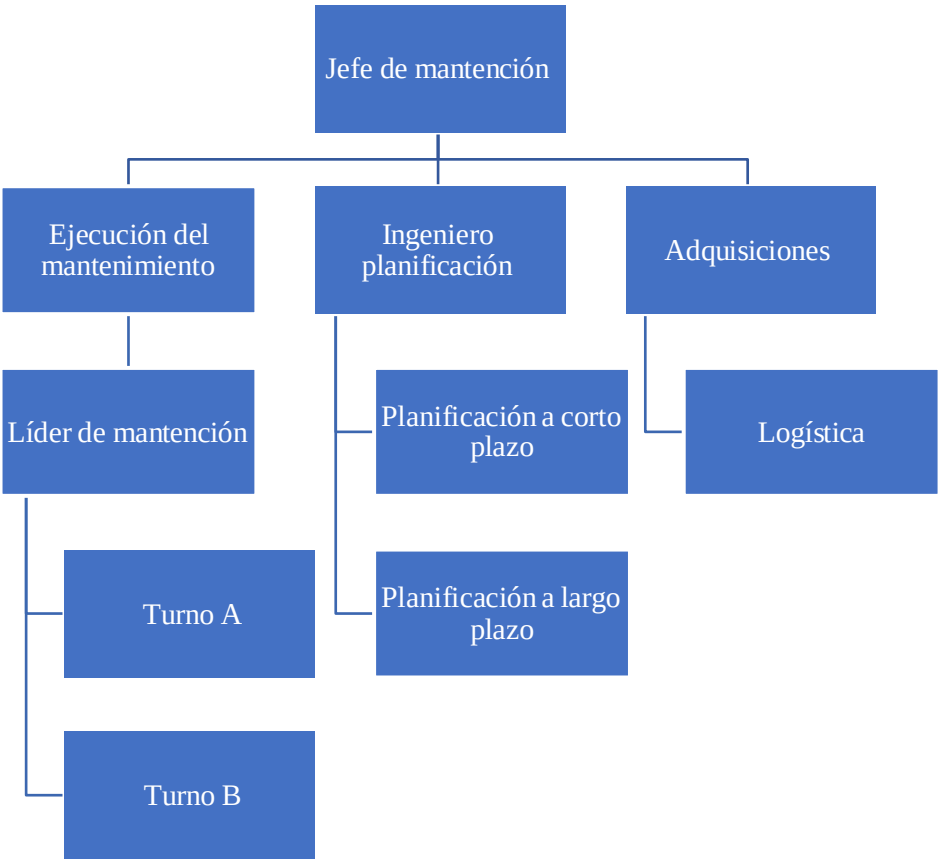


Diagrama 3-1. Nuevo diseño de estructura organizacional del departamento mantención.

Fuente: Elaboración propia. Basada en los profesionales necesarios para desarrollar la estrategia de mantención preventiva.

De acuerdo a la nueva estrategia del departamento mantención mecánica, la estructura organizacional para sostener el nuevo plan y que permita conducir a los objetivos establecidos en misión y visión, está compuesta por 9 profesionales del área.

Cargo	Personal
Jefe de mantención	1
Líder de mantención	1
Técnicos mecánicos	4
Ingeniero planificación	1
Encargado de adquisiciones	1
Encargado de logística	1

Tabla 3-1. Cantidad de personal del departamento de mantención.

Fuente: Elaboración propia. De acuerdo al personal necesario para implementar la nueva estrategia de mantención.

3.2.1. Definición de roles

Cargo	Funciones
Jefe de mantención	1) Gestionar y coordinar las labores de mantención a las instalaciones y activos de la empresa para que estén en óptimas condiciones... 2) Proporcionar la información técnica y recursos necesarios al departamento mecánico para realizar dichas mantenciones. 3) Gestionar el presupuesto de mantención 4) Gestionar personal a cargo, velar por la seguridad del personal y equipos de planta.
Líder de mantención	1) Asignar y supervisar los trabajos de mantención. 2) Cumplir con los procedimientos de seguridad en las tareas de mantención.
Técnico mantenedor	1) Ejecutar las tareas mantención preventivas y reparaciones correctivas a los activos de la planta 2) Levantar y traspasar datos de inspecciones realizadas 3) Informar sobre requerimientos de repuestos o insumos.
Ingeniero de planificación	1) Disponer los mecanismos necesarios para optimizar la programación de las tareas de mantenimiento 2) Gestionar recursos y disponibilidad de los equipos a intervenir.

	3) Mantener datos precisos del mantenimiento realizado
Encargado de adquisiciones	1) Administrar el presupuesto de mantención. 2) Gestionar y controlar las compras de repuestos y materiales según inventario de mantención programada 3) Comunicación con proveedores 4) Mantener el stock de repuestos críticos
Encargado de logística	1) Planificación y coordinación de la cadena de suministros. 2) Propuesta de nuevos proveedores 3) Seguimiento y control de los repuestos 4) Gestión de inventario de mantención.

Tabla 3-2. Funciones de cargos

Fuente: Elaboración propia, en conjunto con departamento mantención.

3.2.2. Estructura de diálogo en el ciclo del trabajo

Para ordenar el sistema de gestión del mantenimiento es necesario determinar las responsabilidades de cada cargo y estructurar un medio de diálogos entre sí. El cual les permita a los participantes conocer y transmitir la información que va ser crucial para la toma de futuras decisiones, así también como el desempeño de la estrategia a través del tiempo. Dicho medio o estructura de dialogo se dará a través de los indicadores de desempeño que permite tener un mayor control sobre el proceso de mantención.

Nivel	Participantes	Indicadores	Frecuencia
Gerencia de mantención	Jefe de mantenimiento mecánico Jefe de mantenimiento eléctrico Jefe de operaciones Gerente de operaciones	Disponibilidad de la planta Cumplimiento Incidentes Seguridad Presupuesto Pérdidas Planes de acción	Mensual
Ejecución de mantenimiento	Jefe de mantenimiento mecánico Líder mecánico Unidad de adquisiciones	Cumplimiento de programa Incidentes Desviaciones Presupuesto	Semanal
Planificación de mantenimiento	Ingeniero planificación Líder mecánico	Cumplimiento del programa Porcentaje de actividades planificadas	Semanal

	Jefe de mantenimiento mecánico	Backlog Capacitación	
Ejecución mantenimiento	Jefe de mantenimiento mecánico Líder mecánico Técnicos mantenedores	Cumplimiento del plan Reproceso mantenimiento N° de actividades no programadas	Semanal
Unidad de abastecimiento	Planificación Encargado de adquisiciones Jefe de mantenimiento mecánico Encargado de logística	Stock repuestos y materiales Estado de repuestos críticos Reducción de costos	Mensual

Tabla 3-3. Estructura de dialogo e indicadores de desempeño al proceso de mantención.

Fuente: Elaboración propia. Basado en las gestiones técnicas necesarios para estructurar diálogos de desempeño y desviaciones en la estrategia del plan de mantenimiento.

3.2.3. Responsabilidades de cargo en el ciclo del trabajo

A continuación, se muestra cada etapa del ciclo de trabajo y los responsables de dichas etapas. Esta estructura mantendrá un orden en la estrategia, lo cual permite gestionar el traspaso de información de forma adecuada y oportuna.

Proceso	Responsable	Frecuencia	Participan	Reportes
Priorizar actividades	Jefe mantención	Semanal	Ing. Planificación Jefe de mantenimiento mecánico Líder mantención	Lista de actividades en prioridad, fecha límite de ejecución
Planificación	Ingeniero planificación	Semanal	Ing. Planificación Jefe de mantenimiento mecánico Encargado de adquisiciones	Listado de ordenes de trabajos, con asignación de recursos y semana de ejecución
Programación	Ingeniero planificación	Semanal	Ing. Planificación Jefe de mantenimiento mecánico	Programa semanal de mantención
Ejecución	Líder mecánico	Semanal	Equipo de mantención	OT cerradas y notificadas

Post mantención	Jefe mantención	Semanal	Ing. Planificación Jefe de mantenimiento mecánico	Informe de los resultados de la mantención
Gestión de perdidas	Gerente de operaciones	Quincenal	Jefe de mantenimiento mecánico Jefe de operaciones Gerente de operaciones	Plan de acción a causas de pérdidas en el periodo

Tabla 3-4. Responsabilidades del cargo

Fuente: Elaboración propia, con colaboración del departamento mantención.

3.2.4. Ciclo de ejecución de mantenimiento

Para la ejecución del plan de mantenimiento mecánico preventivo es importante establecer una línea de pasos necesarios para que la estrategia funcione. Esto beneficia el orden y la seguridad del proceso. Por ende, el departamento decide adoptar un modelo básico utilizado comúnmente por las organizaciones. En él se puede apreciar claramente la secuencia lógica de pasos necesarios indispensables para la buena ejecución de un plan de mantenimiento. Este modelo permite adoptar y agregar nuevos pasos, que, con el mantenimiento correctivo, están bastante débiles o no se realizan. Como, por ejemplo: proceso de planificación, proceso de programación, proceso de análisis y el proceso o ciclo de mejora continua.

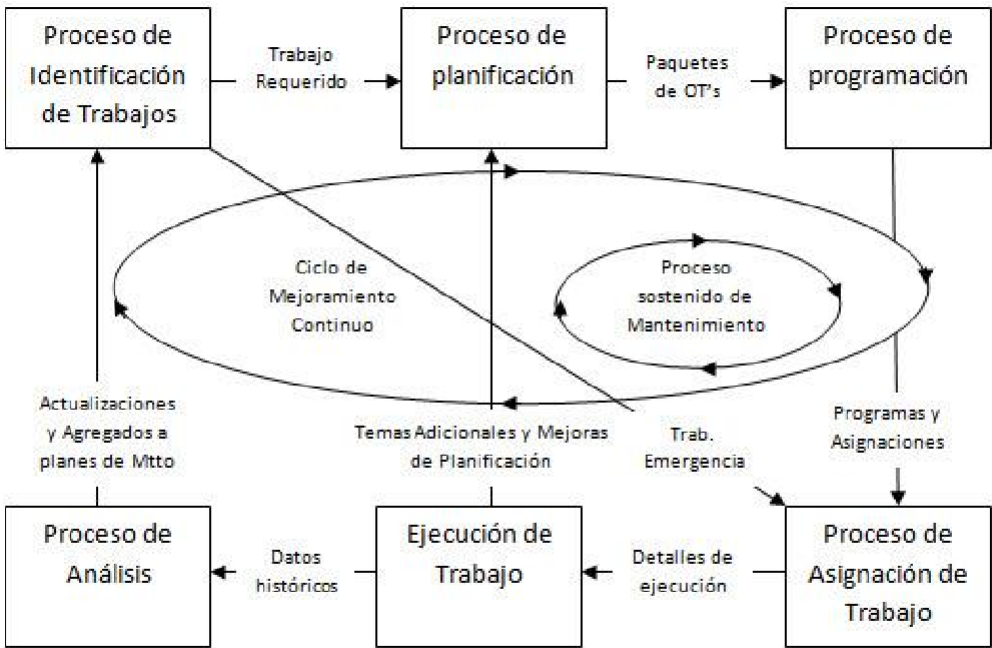


Figura 3-1. Ciclo de mantenimiento.

Fuente: Revista chilena de ingeniería.

3.2.5. Formato de inspección diaria de equipos planta

Este formato es creado con el objetivo de poder monitorear los equipos de planta. La implementación de esta táctica permite levantar y conocer las temperaturas de trabajo de los diferentes equipos. Así también, cualquier otra anomalía en su funcionamiento. Los antecedentes levantados, son traspasados a líder mecánico, para que pueda canalizar la información a el encargado de planificación.

	Formato de inspección visual y medición de temperaturas diaria a equipos		Formato-01	
			Elaborado	
			Aprobado	
Mecánico encargado:		Hora entrega		
Turno:		Fecha		
LM: Lado motor LL: Lado libre LP: Lado polea				
Equipo	Componente	T° C	Observaciones/comentarios	
Tornillo entrada1	Motorreductor			
Tornillo entrada 2	Motorreductor			
Tornillo entrada 3	Motorreductor			
Tornillo entrada 4	Motorreductor			
Cinta transportadora 1	Lado motriz			
	Motorreductor			
	Descanso LM			
	Descanso LL			
	Lado conducido			
	Descanso LM			
	Descanso LL			
Tanque revolver 1	Descanso superior			
	Descanso inferior			
	Motorreductor			
	Bomba de aceite			
Tornillo Alimentación molino 1	Motorreductor			
	Descanso LM			
	Descanso LL			
Tornillo alimentación molino 2	Motorreductor			
	Descanso LM			
	Descanso LL			
Molino 1	Descanso LP			
	Descanso LL			
	Descanso LL			
	Descanso LL			
	Descanso LM			
	Descanso LL			
	Descanso LM			
	Descanso LL			

Tabla 3-5. Formato de inspección rutinaria de equipos.

Fuente: Elaboración propia en conjunto con departamento mecánico.

3.2.6. Formato de orden de trabajos

Para mejorar el accionamiento del plan de mantención, se genera un formato de orden de trabajo para las actividades de mantención programadas. Dichas actividades son previamente levantadas del programa de mantención de los equipos, en conjunto con actividades que se presenten tras las inspecciones levantadas de la ruta diaria de inspección. La prioridad de cada actividad las evalúa el departamento de mantención.

		ORDEN DE TRABAJO F-OT-MANTTO-001			OT: Estado: Fecha inicio: Fecha termino: Responsable:	
Identificación del activo: Ubicación del activo:				Grupo del activo: Planta:		
Técnico de mantenimiento		Especialidad Mantención		Mecánica/hidráulica/soldadura Instrumentación Eléctrica Termofusión/Vulcanización		
Interno	Externo					
Ítem	Descripción actividad	Tipo mantención	Ejecutor	Tiempo destinado	Hora inicio/Hora termino	Status
Observaciones/Desviaciones:						
Insumos/repuestos utilizados						
Entrega:			Revisa y recibe:			
Nombre y firma			Nombre y firma			

Tabla 3-6. Formato de orden de trabajos.

Fuente: Autoría propia. Elaborado en conjunto con departamento de mantención. Basado en la creación de mecanismos para fortalecer la estrategia de gestión del plan de mantenimiento.

3.2.7. Formato de registro de mantenciones

En la actualidad el departamento no cuenta con un registro e historial de mantenciones de los equipos. Por lo que, la búsqueda y evaluación de mejoras, se torna todo un desafío al haber seguimiento y levantamiento de información. Por ende, este formato se genera con el fin de dar solución a esta brecha, y que permite además ser un mecanismo fortalezca la gestión del plan de mantenimiento preventivo.

El formato de registro de mantención cumple la función de generar un historial de mantenciones, o eventos con respecto a los equipos. Estos antecedentes mejoran la información de vida del equipo. Lo que permite ir evaluando fallos repetitivos y hacer seguimiento a determinada mantención para ver el comportamiento del equipo a través del tiempo. Además, el registro del tiempo empleado en la mantención o actividad permite conocer y establecer progresivamente los tiempos de ejecución necesarios para cada mantención. También este registro, a través del conocimiento del historial de fechas y horas permite establecer indicadores de mantenimiento como el tiempo medio entre fallas.

 Formato de control y registro de mantenciones de equipos							
Tipo actividad • Correctiva/emergencia • Preventiva programada • Inspección programa • De Oportunidad				• FUT: Fecha última mantención • FPM: Fecha próxima mantención • HI: Hora inicio • HT: Hora termino			
TAG	Equipo	Actividad	Descripción Actividad	HI/HT	FUT	Responsable	FPM

Tabla 3-7. Formato de registro e historial de mantención de equipos.

Fuente: Autoría propia. Elaboración realizada de acuerdo a búsqueda de brechas y mejora continua.

3.2.8. Backlog de mantenimiento

Un backlog de mantenimiento es una herramienta que permite funcionar como una carpeta o un almacén de actividades planificadas que, por diversas razones, cambios en la prioridad, tiempo, demanda actual, etc. no fueron atendidas durante un momento específico. Por ende, quedan como pendientes, a la espera de que sean atendidas o ejecutadas. Pero esa no es su principal función, la idea de usar un backlog de mantenimiento es poder conocer la carga horaria en mano de obra, que demanda la atención de los servicios o mantenimiento actuales planificados.

Por este motivo, para controlar y conocer la capacidad de eficiencia del plan de mantenimiento, es importante adoptar a la estrategia un backlog de mantenimiento. Ya que esta herramienta es crucial para medir y mejorar la capacidad de gestión del plan de mantenimiento, junto con beneficiar la toma de decisiones en cuanto a los recursos a utilizar en los trabajos planificados, porque permite conocer el tiempo promedio empleado en la reparación.

		BACKLOG DE MANTENIMIENTO							F-blmant-001	
									Prioridad	Alta
										Media
										baja
OT	Ítem pendiente	Tarea pendiente	Desviación	Solución	Responsable	Prioridad	Fecha vencimiento.	Fecha actual	Días de retraso	Estado

Tabla 3-8. Backlog de mantenimiento

Fuente: Autoría propia. Formato creado con la colaboración del departamento de mantención.

3.3. BASE DE DATOS DEL PROCESO

Actualmente en la empresa no hay una base de datos creada con información de los equipos de la planta en cuanto al historial de fallas, cantidad de equipos, tipo de equipos, nivel de criticidad de los equipos, fallas comunes, etc. Por ende, el primer trabajo necesario es hacer un reconocimiento a la planta y hacer levantamiento de los equipos que participan en el proceso.

3.3.1. Levantamiento de equipos del proceso de la planta

En la siguiente tabla se muestran todos los equipos que participan en el proceso productivo de la planta, incluyendo los sistemas secundarios y auxiliares, como la red de agua que cumple un rol esencial e imprescindible para el funcionamiento de los sistemas de refrigeración de los equipos.

Ítem	Equipos		
1	Cargador frontal	29	Tornillo alimentador 2 prensa Mabrik
2	Tornillo entrada 1	30	Prensa Mabrik
3	Tornillo entrada 2	31	Tornillo alimentador 1 prensa Kahl
4	Tornillo entrada 3	32	Tornillo Alimentador 2 prensa Kahl
5	Tornillo entrada 4	33	Prensa Kahl
6	Cinta transportadora 1	34	Tornillo alimentador 1 prensa Ylong
7	Tanque revolverdor 1	35	Tornillo alimentador 2 prensa Ylong
8	Tornillo alimentación de molino 1	36	Tornillo alimentador 3 prensa Ylong
9	Tornillo alimentación de molino 2	37	Prensa Ylong
10	Molino 1	38	Cinta transportadora 3 pellet
11	Molino 2	39	Cinta transportadora 4 pellet
12	Ventilador 1	40	Elevador 3
13	Molino 3	41	Enfriador
14	Ventilador 2	42	Recuperadora de finos
15	Ciclón 1	43	Extractor de vapores
16	Tornillo ciclón 1	44	Ventilador 3
17	Ciclón 2	45	Harnero
18	Filtro de mangas	46	Elevador 4
19	Tornillo filtro de mangas	47	Tornillo superior a embolsadora
20	Cinta transportadora 2	48	Embolsadora PKT
21	Elevador 1	49	Modulo 1 de paletizado
22	Tornillo superior de tanque cuadrado	50	Modulo 2 de paletizado
23	Tornillo Sur/ Bajo tanque cuadrado	51	Cinta transportadora 5
24	Tornillo Norte/Bajo tanque cuadrado	52	Compresor/Red de aire
25	Tornillo inclinado	53	Generador
26	Elevador 2	54	Grúa horquilla
27	Tanque alimentador de prensas	55	Red contra incendio
28	Tornillo alimentador 1 prensa Mabrik	56	Red de agua

Tabla 3-9. Listado de equipos que participan en el proceso.

Fuente: Autoría propia, basada en un reconocimiento en terreno de la planta.

3.3.2 Rodamientos de planta

Con el levantamiento de activos, a continuación, se genera una tabla donde se reconoce los descansos y rodamientos que usan los equipos de la planta. Esto beneficia la capacidad de gestión para mantener el repuesto identificado y preparado de manera oportuna para cuando se necesite cambiar el rodamiento o descanso según la condición levantada con las rutinas de inspección y medición de temperaturas.

La mantención oportuna o lubricación de los rodamientos es fundamental para evitar futuras fallas inoportunas. Ya que, de acuerdo al levantamiento de activos, el proceso tiene una sola línea productiva, sin equipos bypass u homólogos que permitan la intervención independiente del equipo en caso de que falle de un rodamiento. Lo que significa que, en caso de producirse el deterioro de un rodamiento de cualquiera de los equipos de traspaso, se tendría que detener todo el proceso. Esto actualmente genera serios problemas, que se traducen en costos productivos importantes. Por esta razón el plan de mantenimiento preventivo contempla una ruta de inspección diaria de los equipos y rodamientos, además de una ruta de lubricación.

Descansos y rodamiento de planta					
TAG	Equipo	Descanso	Unidad	Rodamiento	Unidad
TE-01	Tornillo entrada 1	F218	1	UC218G2-SNR	1
TE-02	Tornillo entrada 2	F218	1	UC218G2-SNR	1
TE-03	Tornillo entrada 3	F218	1	UC218G2-SNR	1
TE-04	Tornillo entrada 4	F218	1	UC218G2-SNR	1
CT-01	Cinta transportadora 1	FY-508M	4	YAR-208-2F	4
TKR-01	Tanque revolver 1				2
TA-01	Tornillo alimentación de molino 1	F-215	2	UC215	2
TA-02	Tornillo alimentación de molino 2	F-212	2	UC215	2
M-01	Molino 01	SNU 519-616	2	1219K	2
M-02	Molino 02	SNC 519-616	2	1219K	2
VT-01	Ventilador 01	SLB 5N611	2	22313C	2

M-03	Molino 3	SNU 519-616	2	1219K	2
VT-02	Ventilador 02	SNG 513-611	2	22313C	2
VR-01	Válvula rotatoria ciclón 1	F210	2	UC210 G2	2
TA-03	Tornillo ciclón 1				1
VR-02	Válvula rotatoria ciclón 2	F210		UC210 G2	2
TA-04	Tornillo filtro de mangas	P-215		YAR 215-2F	2
VR-03	Válvula rotatoria filtro de mangas	FY-510M		YAR 210-2F	2
CT-02	Cinta transportadora 2	FY-508M		YAR 208-2F	4
EL-01	Elevador 1	P-211		UC211	4
TS-01	Tornillo superior 1		2		2
TA-06	Tornillo inferior sur				2
TA-07	Tornillo inferior norte				2
TA-08	Tornillo Inclinado	FY-512 M	1		2
EL-02	Elevador 2	SY 511M		YAR 211-2F	4
TA-09	Tornillo alimentación 1 PM	FC-207		UC207	2
TM-01	Tornillo mezclador PM	FC-212	2	UC212	2
PM-01	Rodillos prensa Mabrik			32224	3
TA-10	Tornillo alimentación 1 PK				2
TM-02	Tornillo mezclador PK				2
PK-01	Rodillos de prensa Kahl			32224	2
TA-11	Tornillo alimentación 1 PY	FY-512 M	2	YAR 212 -2F	2
TA-12	Tornillo alimentación 2 Ylong	FY-512 M	2	YAR 212 -2F	2
TM-03	Tornillo alimentación 3 Ylong	FY-512 M	2	YAR 212 -2F	2
PY-01	Rodillos Prensa Ylong			33120	4
CT-03	Cinta transportadora 03	F-208	4	UC208	4
CT-04	Cinta transportadora 04	F-208	4	UC208	4
EL-03	Elevador 3	F-211		YAR 211-2F	4
VR-04	válvula rotatoria 04	FY-510M		YAR 210-2F	
VT-03	Ventilador 03	SLB 5N611		22213C	2
VR-05	Válvula rotatoria de recuperadora de finos	FY-510M		YAR 210-2F	
EN-01	Enfriador	F-208	18	UC208	18

VR-06	Válvula rotatoria sobre enfriador	FY-510M	2	YAR 210-2F	2
HAR-01	Harnero	SYJ 515		YAR 215-2F	2
EL-04	Elevador 4	F-211		UC211	4
TA-13	Tornillo superior 2				2

Tabla 3-10. Rodamientos que usan los equipos del proceso.

Fuente: Autoría propia, con datos levantados desde terreno.

3.4. JERARQUIZACIÓN DE ACTIVOS

La jerarquización de activos va a beneficiar la identificación y el control de la información necesaria que se debe considerar de los equipos de la planta.

3.4.1. Descomposición de los procesos de la planta en sistemas

Para mejorar y facilitar el orden de las intervenciones o trabajos de mantención en los equipos, se decide separar los procesos presentes en la producción en sistemas, así de esta manera cada sistema comprenderá a un área en general de la planta donde se aglomeran una cantidad x de equipos. Con esta clasificación lo que se busca es poder lograr un reconocimiento más fácil del área y de los equipos que la comprenden, además esto va a permitir, asignar los trabajos de mantención de manera más ordenada y más clara, según la prioridad lo amerite. De esta manera se logra un control de los equipos que han o no sido intervenidos en dicho sistema.

- Sistema de alimentación materia prima: En sistema se agrupan todos los equipos que permiten la alimentación de materia prima hacia el sector de molienda.
- Sistema de molienda: Este sistema agrupa a todos los equipos que trabajan para permitir la molienda de la materia prima y el transporte hacia zona de prensas.
- Sistema de prensado: Este sistema agrupa a todos los equipos que operan en la zona donde se ubican las prensas que fabrican el pellet, y que además es la zona desde donde se realiza el trabajo de control y operación de la planta.
- Sistema de embolsado: Este sistema agrupa a los todos los equipos necesarios que trabajan en la terminación final del producto, es donde se realiza el embolsado y posterior paletizado de las bolsas del pellet.
- Sistema de equipos auxiliares: En este sistema se agrupan los equipos que no participan directamente en el trabajo necesario para la producción del pellet. Pero su funcionamiento es parte esencial para satisfacer características necesarias de

operación de ciertos equipos para que puedan funcionar u operar en parámetros ideales.

- Sistema de equipos pesados: Este sistema agrupa a los equipos móviles necesarios en el proceso, que facilitan ciertos trabajos de movimiento de material.

Definido los sistemas principales en que se divide la planta. Es necesario también reconocer y vincular, a cada equipo del proceso productivo, al sistema en el cual pertenecerá. Por ende, a continuación, se identifican a todos los equipos que participan en los procesos reconocidos, en su sistema respectivo.

3.4.2. Equipos que componen los sistemas principales

Código Sistema	Nombre sistema	Nº	Equipos involucrados
S1	Alimentación materia prima	1	Tornillo entrada 1
		2	Tornillo entrada 2
		3	Tornillo entrada 3
		4	Tornillo entrada 4
		5	Cinta transportadora 1
S2	Área de molienda	1	Tanque revolvedor
		2	Tornillo alimentador molino 1
		3	Tornillo alimentador molino 2
		4	Molino 1
		5	Molino 2
		6	Ventilador 1
		7	Molino 3
		8	Ventilador 2
		9	Ciclón 1
		10	Tornillo ciclón 1
		11	Ciclón 2
		12	Filtro de mangas
		13	Tornillo filtro de mangas
		14	Cinta transportadora 2
		15	Elevador 1
		16	Tornillo superior 1
		17	Tornillo inferior sur
		18	Tornillo inferior norte
		19	Tornillo inclinado 1
		20	Elevador 2

S3	Área de prensas	1	Tanque revolvedor alimentador de prensas
		2	Tornillo alimentador 1 prensa Mabrik
		3	Tornillo alimentador 2 prensa Mabrik
		4	Prensa Mabrik
		5	Tornillo alimentador 1 prensa Kahl
		6	Tornillo alimentador 2 prensa Kahl
		7	Prensa Kahl
		8	Tornillo alimentador 1 prensa Ylong
		9	Tornillo alimentador 2 prensa Ylong
		10	Tornillo alimentador 3 prensa Ylong
		11	Prensa Ylong
		12	Cinta transportadora 3 de pellet
		13	Cinta transportadora 4 de pellet
		14	Elevador 3
		15	Enfriador
		16	Harnero
		17	Elevador 4
		18	Ventilador 3
		19	Recuperadora de finos
		20	Extractor de vapores
S4	Área de embolsado	1	Tornillo superior alimentador embolsadora
		2	Embolsadora PKT
		3	Cinta transportadora 5
		4	Modulo 1 de paletizado
		5	Modulo 2 de Paletizado
S5	Equipos Auxiliares	1	Compresor
		2	Generador
		3	Red de agua
		4	Red contra incendio
S6	Equipos pesados	1	Cargador frontal
		2	Grúa horquilla

Tabla 3-11. Agrupación de equipos en sistemas

Fuente: Autoría propia, basado en los procesos de la planta.

3.4.3. Agrupación de equipos por similitud y asignación de tag

Para facilitar la gestión del plan de mantención. Una de las situaciones también que es necesaria mejorar dentro de la planta es el orden y el reconocimiento de los equipos.

A continuación, se presenta una tabla que agrupa los equipos de la planta por similitud, esto tiene como objetivo, poder conocer en la planta cuantos equipos similares existen en planta, lo que permitirá hacer un listado de todas las tareas de mantenimiento por grupo.

También, se decide asignar un tag para cada equipo, ya que los equipos no cuentan con una codificación única, lo que provoca que en ocasiones el traspaso de información, recolección de datos o la referencia a determinado equipo se haga un poco confusa. Por lo tanto, establecer un lenguaje en común, que permita distinguir fácilmente el equipo, es una condición importante al cual este plan de mantenimiento, presta atención y busca mejorar, para estandarizar al interior de la planta el reconocimiento y traspaso de información de los equipos.

Agrupación de equipos					
Grupo	Tipo de Equipo	Equipos relacionados	Nº equipo	TAG	Total equipos
G1	Prensas	Prensa Mabrik	1	PM-01	3
		Prensa Kahl	1	PK-01	
		Prensa Ylong	1	PY-01	
G2	Elevador	Elevador 1	1	EL-01	4
		Elevador 2	2	EL-02	
		Elevador 3	3	EL-03	
		Elevador 4	4	EL-04	
G3	Tanque	Tanque revolvedor 1	1	TKR-01	4
		Tanque revolvedor 2	2	TKR-02	
		Ciclón 1	1	TKC-01	
		Ciclón 2	2	TKC-02	
G5	Ventilador	Ventilador 1	1	VT-01	3
		Ventilador 2	2	VT-02	
		Ventilador 3	3	VT-03	
G6	Molinos	Molino 1	1	M-01	3
		Molino 2	2	M-02	
		Molino 3	3	M-03	
G7	Cinta transportadora	Cinta inclinada	1	CT-01	5
		Cinta transportadora enterrada	2	CT-02	
		Cinta transportadora de pellet 1	3	CT-03	
		Cinta transportadora de pellet 2	4	CT-04	

		Cinta transportadora 5	5	CT-05	
G8	Equipos secundarios	Harnero	1	HA-01	5
		Enfriador	1	EN-01	
		Extractor de vapores	1	EV-01	
		Recuperadora de finos	1	RF-01	
		Filtros de mangas	1	FM-01	
G9	Embolsadora	Embolsadora PKT	1	PKT-01	3
		Módulo de paletizado 1	1	MP-01	
		Módulo de paletizado 2	2	MP-02	
G10	Equipos pesados	Cargador frontal	1	CF-01	2
		Grúa horquilla	1	GH-01	
G11	Equipos auxiliares	Compresor	1	C-01	4
		Generador	1	G-01	
		Red de agua para enfriadores	1	RA-01	
		Red de agua contra incendio	1	RCI-01	
G12	Tornillos	Tornillo de entrada 1	1	TE-01	20
		Tornillo de entrada 2	2	TE-02	
		Tornillo de entrada 3	3	TE-03	
		Tornillo de entrada 4	4	TE-04	
		Tornillo de alimentación molino 1	1	TA-01	
		Tornillo d alimentación molino 2	2	TA-02	
		Tornillo de ciclón 1	3	TA-03	
		Tornillo de filtro de mangas	4	TA-04	
		Tornillo superior 1	1	TS-01	
		Tornillo inferior sur	5	TA-05	
		Tornillo inferior norte	6	TA-06	
		Tornillo alimentador de elevador 2	7	TA-07	
		Tornillo alimentador 1 PM	8	TA-08	
		Tornillo mezclador 1 PM	1	TM-1	
		Tornillo alimentador de PK	9	TA-9	
		Tornillo mezclador de PK	2	TM-02	
		Tornillo alimentador 1 PY	10	TA-10	
		Tornillo alimentador 2 PY	11	TA-11	
		Tornillo mezclador 1 PY	3	TM-03	
		Tornillo superior 2 a embolsadora	2	TS-02	
		Total, de equipos en el proceso			56

Tabla 3-12. Tabla de grupos y asignación de tag a equipos

Fuente: autoría propia, elaborado de acuerdo al número de equipos similares en la planta.

3.4.4. Asignación de nivel de criticidad del activo

A continuación, se presenta tabla que define los criterios para asignar el nivel de criticidad de los activos, estos parámetros se basan en la relevancia de afectación al proceso, en el contexto que se presentase una falla o algún tipo de avería, que obligue a la detención parcial o completa de la planta.

Los niveles de criticidad estarán definidos por las letras A, B y C respectivamente, siendo los equipos asignados con la letra A de nivel más crítico para el proceso, letra B, con un nivel de criticidad medio y letra C el menos crítico.

Esta asignación además permite establecer prioridades de mantención y asignación de recursos a los equipos.

	Tipo de afectación			
Nivel De criticidad	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRITICO	Posibilidad de originar un accidente	Su detención afecta la producción	Es clave para la calidad del producto	Costo reparación alto
	Por razones de seguridad necesita mantenciones e inspecciones frecuentes.		Causante de alto porcentaj e e de rechazo	Fallas muy frecuentes
				Consume parte importante de los recursos (mano de obra, materiales)
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas.	Afecta la producción, pero es recuperable.	afecta a la calidad	Coste medio en mantenimiento
	Posibilidades remotas de ocasionar accidente			
C CRITICIDAD BAJA	Poca influencia en accidente	No necesariame nte	No afecta a la calidad	Bajo coste de mantenimiento.

Tabla 3-13. Parámetros de criticidad de activos.

Fuente: Autoría propia, Elaborado en base a grado de afectación al proceso

De acuerdo al análisis del proceso, a continuación, se muestran la asignación de criticidad de cada equipo de la planta.

3.2.5. Tabla de criticidad del activo

Nivel de criticidad			A	Criticidad Alta		
			B	Criticidad importante		
			C	Criticidad baja o Prescindible		
Código	Sistema	Nº Equipo	Equipos		TAG	Nivel
S1	Alimentación materia prima	1	Tornillo entrada 1		TE-01	B
		2	Tornillo entrada 2		TE-02	B
		3	Tornillo entrada 3		TE-03	B
		4	Tornillo entrada 4		TE-04	B
		5	Cinta transportadora 1		CT-01	A
S2	Área de Molienda	1	Tanque revolverdor 1		TKR-01	A
		2	Tornillo alimentación 1		TA-01	B
		3	Tornillo alimentación 2		TA-02	B
		4	Molino 1		M-01	B
		5	Molino 2		M-02	B
		6	Ventilador 1		VT-01	A
		7	Molino 3		M-03	B
		8	Ventilador 2		VT-02	A
		9	Ciclón 1		TKC-01	B
		10	Tornillo alimentador 3		TA-03	B
		11	Ciclón 2		TKC-02	B
		12	Filtro de mangas		S-FM-01	B
		13	Tornillo alimentador 4		TA-04	B
		14	Cinta transportadora 2		CT-02	A
		15	Elevador 1		EL-01	A
		16	Tornillo Superior 1		TS-01	B
		17	Tornillo inferior sur		TA-05	B
		18	Tornillo inferior norte		TA-06	B
		19	Tornillo alimentador elevador 2		TA-07	B
		20	Elevador 2		EL-02	A
S3	Área de Prensas	1	Tanque revolverdor 2		TKR-02	A
		2	Tornillo alimentador prensa Mabrik		TA-08	B
		3	Tornillo mezclador prensa Mabrik		TM-01	B
		4	Prensa Mabrik		PM-01	A
		5	Tornillo alimentador prensa Kahl		TA-09	B
		6	Tornillo Mezclador prensa Kahl		TM-02	B
		7	Prensa Kahl		PK-01	A
		8	Tornillo alimentador 1 prensa Ylong		TA-10	B
		9	Tornillo alimentador 2 prensa Ylong		TA-11	B
		10	Tornillo Mezclador prensa Ylong		TM-03	B
		11	Prensa Ylong		PY-01	A
		12	Extractor de vapores		EV-01	C
		12	Cinta transportadora de pellet PK-01 Y PM-01		CT-03	A
		13	Cinta transportadora de pellet prensa Ylong		CT-04	A
		14	Elevador 3		EL-03	A

		15	Enfriador	EN-01	A
		16	Harnero	HA-01	B
		17	Recuperadora de finos	RF-01	B
		18	Ventilador 3	VT-03	B
		19	Elevador 4	EL-04	A
		20	Tornillo superior 2	TS-02	B
S4	Área de embolsado	1	Embolsadora PKT	PKT-01	A
		2	Cinta transportadora 5	CT-05	B
		3	Plataforma de paletizado 1	MP-01	B
		4	Plataforma de paletizado 2	MP-02	B
S5	Equipos auxiliares	1	Compresor	C-01	A
		2	Generador	G-01	C
		3	Red de agua para la refrigeración equipos	RA-01	B
		4	Red de agua contra incendio	RCI-01	B
S6	Equipos pesados	1	Cargador frontal	CF-01	A
		2	Grúa horquilla	GH-01	B

Tabla 3-14. Asignación de criticidad de los equipos de procesos.

Fuente: Autoría propia. Tabla elaborada de acuerdo a análisis de afectación al proceso productivo, basada en antecedentes preestablecidos por tabla 3-4.

3.3. TAREAS DE MANTENCIÓN DE EQUIPOS

Para alcanzar un conocimiento completo sobre los equipos, es necesario que dispongamos la mayor información posible. Ya que esto beneficia la creación y ejecución del plan de mantenimiento, porque, amplía la visión sobre el equipo, lo que permite prestar atención a todos los componentes, y de esta manera generar una gama de actividades posibles al conjunto relacionado. De acuerdo a la agrupación de equipos en tabla 3-3, se pueden identificar 12 grupos diferentes de equipos.

A la lista de tareas, se decide llamar por nombre, protocolo genérico de mantenimiento. En este protocolo genérico se incluirán todas las actividades de mantenimiento mecánico posibles que se pueden realizar a los equipos. El beneficio que tiene el uso de este protocolo, es que simplifica el listado de tareas dentro de una planta, lo que facilita la gestión del plan de mantenimiento y la capacidad para generar ordenes de trabajo. Ya que un protocolo genérico nos permite eliminar tareas repetitivas para un mismo tipo de equipo, y esto a su vez reduce la cantidad de procedimientos y ordenes de trabajo, lo que se traduce en una simplificación de la documentación al momento de gestionar el mantenimiento.

3.3.1. Grupo 1 (Prensas)

En la planta existen 3 tipos de prensas que compactan el pellet, pero, si bien todas realizan la misma función, estas tienen diferencias en la forma de trabajar y en sus componentes. A continuación, se muestran las prensas existentes, sus componentes principales y tareas de mantención y fallas o averías más comunes que se han presentado en los equipos.

3.3.1.1. Tareas de mantención a prensa Kahl

Código grupo: G1		Equipos iguales: 1	
			
Figura 3-1. Prensa Kahl			
Fuente: Autoría propia, imagen registrada en terreno			
Componentes principales			
1) Componentes mecánicos de compactación 2) Sistema hidráulico 3) Sistema de engrase 4) Enfriador de aceite lubricador 5) Componentes mecánicos de transmisión			

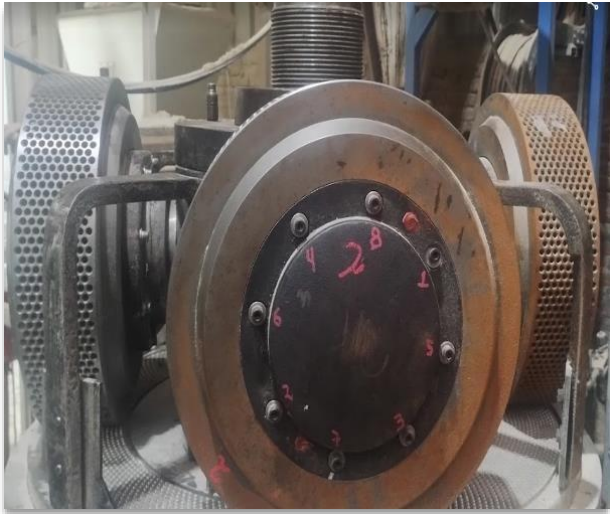
3.3.1.1.1. Componentes mecánicos – Cabezal de rodillos

 Figura 3-2. Cabezal de rodillos Fuente: Autoría propia, imagen registrada en terreno	<u>Subcomponentes:</u> 1) Chavetas de ajustes 2) Barredores
---	---

Tabla 3-15. Fallas más comunes y tareas de mantención al cabezal.

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos desde mantenciones realizadas.

3.3.1.1.2. Componentes mecánicos – Rodillos

	
Figura 3-3. Rodillos Fuente: Autoría propia, imagen registrada en terreno.	Figura 3-4. Imagen de referencia de falla en rodamientos de rodillos. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en mantención realizada.
	
Figura 3-5. Imagen de referencia de estado de la grasa de un rodillo. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en inspección de rodamientos.	
<u>Subcomponentes</u> 1) Camisas 2) Rodamientos tipo 32224 3) Tapa interior y exterior de rodillos 4) Golilla de ajuste de cubeta 5) Pernos de golilla de ajuste (Parker M12, inoxidable) 6) Pernos de tapa interior y exterior (Parker M10) 7) Reten de grasa tipo TC 155 180 15 8) Anillo separador de cubetas	

Fallas o averías más comunes
1) Desgaste excesivo de pista de rodillos 2) Desgaste prematuro de rodamientos (por falta de grasa, exceso de astillas en la mezcla del material, exceso de cargas de trabajo, demasiado ajuste en el armado y montaje). 3) Desajuste de rodillos (por cambios de temperaturas internas, desgaste de rodamientos) 4) Altas temperaturas de trabajo en los rodillos. (Poca alimentación de grasa, debido a los ductos de lubricación del eje tapados por partículas contaminantes, Falla en la bomba, presión de aire insuficiente para activar bomba)
Tareas de mantención
1) Inspeccionar y verificar estado optimo del ajuste de rodillos. (Ajustar si es necesario, torque ideal de pernos de golilla de ajuste, 45 Nm) 2) Inspeccionar desgaste superficial de camisa de los rodillos en pista rodadura. (Medir diámetro de camisa). 3) Inspeccionar estado de la grasa lubricante. Verificar que no presente impurezas, partículas metálicas, y que no presenta antecedentes de carbonización. 4) Verificar alimentación de grasa en rodillos. 5) Inspeccionar estado de rodamientos. Verificar que no presente desgaste excesivo, fisuras, deterioros, etc. 6) Inspeccionar estado de superficie de rodillos, verificar que no presente micro fisuras y que no se encuentre ovalado en el diámetro. 7) Inspeccionar y verificar estado estructural y roscas de pernos de tapas. 8) Realizar cambio de rodillos al cabezal según condición de las pistas de rodadura de la camisa. 9) Realizar cambios de rodamientos a los rodillos (según resultado de la inspección y evaluación de condición). 10) Realizar cambios de reten a tapas de rodillos.

Tabla 3-16. Tareas de mantención a rodillos

Fuente: Elaboración propia, Datos obtenidos desde mantenciones realizadas

3.3.1.1.3. Componente mecánico – Matriz de compactación

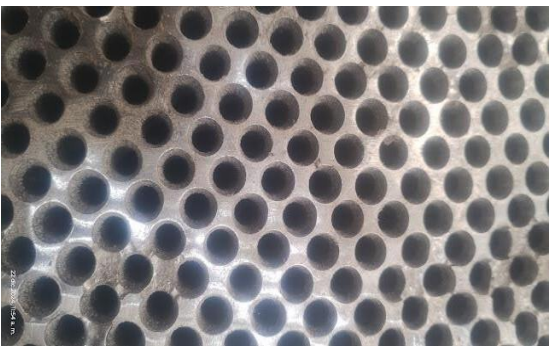
	
Figura 3-6. Matriz Prensa Kahl Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.	Figura 3-7. Avellanado matriz prensa Kahl Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno
Fallas o averías más comunes	
1) Avellanado y orificios de compactación desgastados. (exceso de polvo en el pellet saliente, aumento de la presión y corriente de trabajo) 2) Orificios de matriz tapados (aumento de la corriente de trabajo, aumento de la presión en tuerca hidráulica, disminución de la producción en Ton/h) 3) Orificios de matriz deformados y desprendimiento de material (debido a la poca tolerancia de ajuste entre rodillos-matriz en el montaje, demasiadas horas de operación del componente). 4) Pellet sale solo por un sector de la matriz o discontinuado, producto del desgaste irregular en pista de compactación o matriz se encuentra tapada	
Tareas de mantención	
1) Inspeccionar estado del desgaste de avellanado de canales de compactación. 2) Inspeccionar estado deformación de diámetro de los orificios en pista de compactación. 3) Inspeccionar y medir desgaste de pista compactación (medir altura de pista de compactación y largo de canales de compactación). 4) Inspeccionar si existe desgaste irregular de pista de compactación. 5) Verificar apriete de pernos sujeción matriz. 6) Realizar avellanado de orificios de compactación (Maestranza). 7) Realizar limpieza de orificios de compactación (Maestranza) 8) Realizar cambio de matriz según estado desgaste de la matriz.	

Tabla 3-17. Tareas de mantención y fallas presentadas en matriz prensa Kahl

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de mantenciones realizadas.

3.3.1.1.4. Sistema hidráulico de prensa Kahl



Figura 3-8. Sistema hidráulico (central hidráulica).
Fuente: autoría propia. Imagen registrada en terreno.



Figura 3-9. Filtración aceite en tuerca hidráulica.
Fuente: Autoría propia. Imagen registrada desde terreno en prueba de estanqueidad realizada a tuerca hidráulica



Figura 3-10. Imagen referencia de posición tuerca hidráulica.
Fuente: Autoría propia. Imagen registrada desde terreno, en mantención realizada a prensa Kahl.

Subcomponentes

- 1) Central hidráulica
- 2) Manómetros de control de presión
- 3) Motor eléctrico de accionamiento
- 4) Válvula solenoide
- 5) Válvula liberadora de presión
- 6) Filtro de aceite LF 3624
- 7) Aceite hidráulico tipo Hydra 68

- 8) Flexibles
- 9) Contratuerca hidráulica
- 10) Retenes de aceite de la contratuerca
- 11) Válvula rotatoria
- 12) Acople rápido macho, cara plana ¼ NPT
- 13) Acople rápido hembra cara plana ¼ NPT

Funcionamiento: La tuerca hidráulica a través de la presión ejercida por el pistón de la misma, cumple la función de mantener la tolerancia de separación entre los rodillos y la matriz.

Fallas o averías más comunes
1) Pérdida de presión en el sistema por fuga de aceite en la contratuerca, debido al desgaste de retenes internos de la tuerca. 2) Pérdida de presión debido a rotura de flexibles. 3) Pérdida de presión, debido a presencia de aire en la línea.
Tareas de mantención
1) Inspeccionar nivel de aceite (rellenar si es necesario) 2) Inspeccionar y verificar estado optimo del aceite. (Cambiar si es necesario) 3) Inspeccionar y verificar parámetro de trabajo correcto de presión de aceite (presión máxima de trabajo 160 bar) 4) Inspeccionar ausencia de fugas, daños de accesorios y acoples del sistema. 5) Inspeccionar y verificar condición optima de retenes de aceite en la contratuerca (Realizar prueba de estanqueidad). 6) Realizar cambio de retenes de contratuerca. 7) Cambio de filtro de aceite.

Tabla 3-18. Tareas de mantención a sistema hidráulico prensa Kahl.

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos en mantenciones realizadas.

3.3.1.1.5. Sistema de lubricación



Figura 3-11. Sistema de engrase de rodillos prensa.
Fuente: autoría propia. Imagen registrada en terreno.

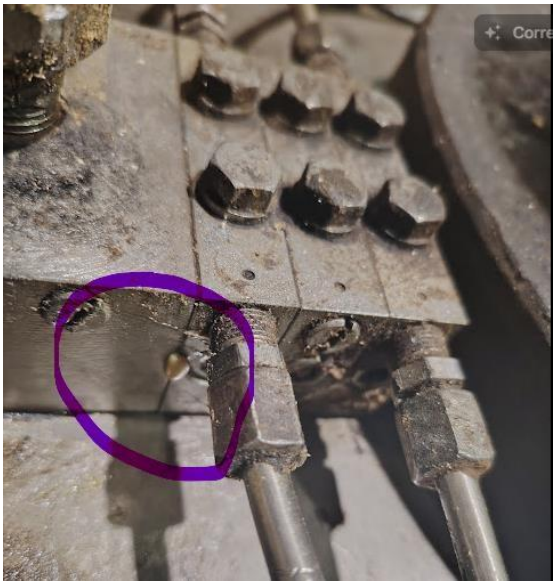


Figura 3-12. Filtración en válvula distribuidora ZPA.
Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno desde mantención.



Figura 3-13. Sistema de engrase rodillos prensa Kahl.
Fuente: Autoría propia, Imagen registrada en terreno.

Subcomponentes

- 1) Bomba neumática
- 2) Válvula de paso
- 3) Filtro de aire
- 4) Válvula reguladora de presión
- 5) Válvula solenoide. Para la frecuencia de engrase
- 6) Pesa digital
- 7) Flexible de alimentación
- 8) Válvula rotatoria
- 9) Válvula divisoria ZPA
- 10) Cañerías de lubricación de acero inoxidable
- 11) Conectores de codo 90° de acero inoxidable, con asiento cilíndrico y cónico, rosca estándar BSP.

Funcionamiento: Actualmente el sistema de alimentación grasa está compuesto por una bomba neumática cuya entrada de aire a la bomba está condicionada por una electroválvula que abre y cierra el paso de aire de acuerdo al tiempo establecido que le indica un temporizador. El temporizador está configurado para que la válvula se abra cada 5 minutos y se mantenga abierta por 5 (s). Tiempo en el cual la bomba alimenta de grasa a los rodillos.

Fallas o averías más comunes

- 1) Pérdida de presión de aire. (Por falla en compresor o acoples defectuosos)
- 2) Bomba no actúa.
- 3) Tuberías de lubricación tapadas con material particulado
- 4) Válvula distribuidora tapada con material particulado
- 5) Filtración de grasa en válvula distribuidora (empaquetadura dañada).

Tareas de mantención
1) Verificación de funcionamiento de componentes de engrase. 1.1.Revisar y verificar condición y funcionamiento de conector rápido que alimenta con grasa a válvula distribuidora ZPA. 1.2.Verificar correcto funcionamiento de la distribución de grasa de la válvula distribuidora ZPA. 1.3. Realizar prueba de verificación de salida grasa en las cañerías que alimenta a cada eje. 1.4. Realizar prueba de verificación de salida de grasa a los ductos de lubricación en los 4 ejes del cabezal. 1.5. Medir cantidad de grasa que sale por cada eje. Para descartar que alguno este tapado por material particulado. 1.6. Inspeccionar y verificar que las roscas de pernos de anclaje de válvula distribuidora, conector rápido, y flexibles de alimentación se encuentren en óptimas condiciones. Para evitar posibles fugas. 1.7. Inspeccionar y verificar que la estructura de las tuberías no presente micro fisuras o algún tipo de daño que permitan la fuga de grasa. 2) Inspeccionar y verificar frecuencia de lubricación de bomba neumática 3) Inspeccionar y verificar ausencia de fugas en el circuito de lubricación 4) Inspeccionar y verificar condición de flexibles, uniones y acoples. 5) Verificar presión del aire de entrada 6) Limpieza técnica de flexibles, cañerías, ductos de lubricación y válvula distribuidora.

Tabla 3-19. Tareas de mantención a sistema de engrase de rodillos prensa Kahl.

Fuente: Elaboración propia. Según datos obtenidos en mantenciones e inspecciones realizadas.

3.3.1.1.6. Sistema enfriador de aceite lubricador de engranajes

Sistema se encarga de enfriar el aceite de la caja principal. En funcionamiento el aceite no debe exceder a la temperatura de 80° C.



Figura 3-14. Sistema enfriador de aceite lubricador de engranajes de prensa Kahl.
Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.



Figura 3-15. Dispositivos de medición de parámetros de aceite lubricador.
Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.

Subcomponentes

- 1) Intercambiadores de calor. Modelo OR-250
- 2) Termómetro analógico
- 3) Bombas hidráulicas de engranaje para la succión y recirculación de aceite. Modelo 2PF14L08Z03RSS-C
- 4) Bomba de agua, tipo CYM190
- 5) Flexibles tipo EN 853 2SN DN 19 SAE 100R2AT ¾ WP 215 bar
- 6) Filtro de aceite 15208-W1123
- 7) Válvulas de paso
- 8) Flujómetro

Fallas o averías más comunes

- 1) Disminución del flujo de aceite en la recirculación, debido a la saturación del filtro de aceite con partículas contaminantes.

Tareas de mantención

- 1) Limpieza interior de los intercambiadores
- 2) Cambio de filtro de aceite
- 3) Limpieza de filtros de aceite
- 4) Inspección y verificación de ausencia de fugas de aceite en el circuito
- 5) Inspección y verificación de ausencia de fugas de agua en el circuito
- 6) Inspeccionar y verificar parámetros de flujo volumétrico de recirculación de aceite en el visualizador del flujómetro (7 l/min).
- 7) Inspeccionar temperatura de recirculación de aceite a prensa
- 8) Inspeccionar temperatura de trabajo del aceite de engranajes (<80° C)
- 9) Inspeccionar y verificar ausencia de deterioros en flexibles
- 10) Inspeccionar y verificar alimentación de agua a intercambiadores
- 11) Inspeccionar y verificar funcionamiento de bombas de succión y recirculación de aceite

Tabla 3-20. Tareas de mantención a sistema enfriador.

Fuente: Elaboración propia. De acuerdo a mantenciones realizadas.

3.3.1.1.7. Sistema de transmisión

 Figura 3-21. Sistema motriz prensa Kahl. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno	<u>Subcomponentes</u> 1) Motor eléctrico 2) Polea conductora 3) Polea conducida 4) Correas Trapezoidales 5) Caja de la maquina (engranajes internos) 6) Sensor de velocidad de la polea conducida
Fallas o averías más comunes	
1) Destensado de correas 2) Desalineamiento de poleas.	
Tareas de mantención	

- 1) Inspeccionar y verificar alineamiento de poleas. (Alinear si es necesario).
- 2) Inspeccionar tensado de correas trapezoidales. (Tensar correas si es necesario)
- 3) Inspeccionar desgastes de correas trapezoidales. (Cambiar correas si el desgaste es excesivo o existen daños).
- 4) Revisar el nivel de aceite de la caja de transmisión de la máquina. (Rellenar si es necesario).
- 5) Inspección del estado del aceite en la caja de la máquina. (Cambiar aceite según estado u horas de uso).
- 6) Engranaje helicoidal (Comprobar si hay desgastes o daños).

Tabla 3-21. Tareas de mantención al sistema motriz.

Fuente: Elaboración propia. Según datos obtenidos desde mantenciones realizadas.

3.3.1.2. Tareas de mantención a prensa Mabrik

Figura 3-17. Prensa Mabrik.

Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.

Componentes principales

- 1) Sistema de transmisión
- 2) Sistema de compactación
- 3) Sistema de lubricación
- 4) Sistema de humectación

3.3.1.2.1. Sistema motriz prensa Mabrik

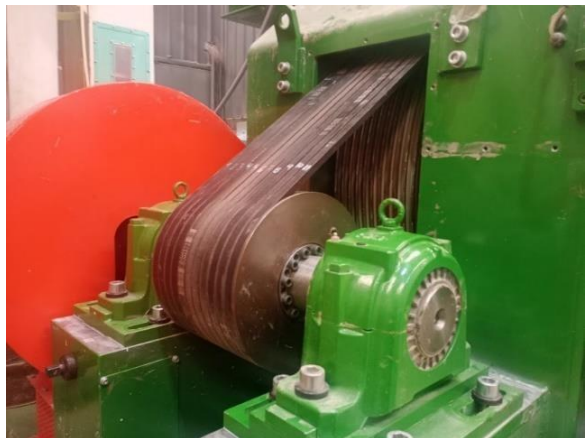
									
Figura 3-18. Sistema motriz prensa Mabrik. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno	Figura 3-19. Transmisión secundaria prensa Mabrik. Fuente: Autoría propia, imagen registrada en terreno.								
<u>Subcomponentes</u> <table><tr><td>1) Motor eléctrico</td><td>5) Polea conductora</td></tr><tr><td>2) Poleas conducidas</td><td>6) Eje flotante</td></tr><tr><td>3) Correas transmisión primaria XPB 2800</td><td>7) Correas transmisión secundaria SCPC 4750</td></tr><tr><td>4) Descansos y rodamientos</td><td>8) Ventilador para correas</td></tr></table>		1) Motor eléctrico	5) Polea conductora	2) Poleas conducidas	6) Eje flotante	3) Correas transmisión primaria XPB 2800	7) Correas transmisión secundaria SCPC 4750	4) Descansos y rodamientos	8) Ventilador para correas
1) Motor eléctrico	5) Polea conductora								
2) Poleas conducidas	6) Eje flotante								
3) Correas transmisión primaria XPB 2800	7) Correas transmisión secundaria SCPC 4750								
4) Descansos y rodamientos	8) Ventilador para correas								
Funcionamiento: 1) Transmisión primaria corresponde al motor y la polea de su eje, unida al eje flotante a través de 8 correas de transmisión. 2) Transmisión secundaria corresponde a la unión entre la polea del eje flotante y la polea interna de la prensa. Unidas entre sí por 11 correas de transmisión. Es esta última que a través de un eje realiza el giro de la matriz.									
Fallas o averías más comunes <table><tr><td>1) Destensado de correas (salida de posición de correas)</td></tr><tr><td>2) Deterioro del ventilador de correas de transmisión secundaria.</td></tr></table>		1) Destensado de correas (salida de posición de correas)	2) Deterioro del ventilador de correas de transmisión secundaria.						
1) Destensado de correas (salida de posición de correas)									
2) Deterioro del ventilador de correas de transmisión secundaria.									
Tareas de mantención <table><tr><td>1) Inspeccionar tensado de correas de transmisión primaria y secundaria</td></tr><tr><td>2) Inspeccionar desgastes de correas de transmisión primaria y secundaria (cambiar si es necesario)</td></tr><tr><td>3) Engrase de rodamientos del eje flotante</td></tr><tr><td>4) Inspeccionar y verificar que el ventilador de correas de transmisión secundaria esté en funcionamiento.</td></tr><tr><td>5) Cambio de correas según inspección u horas de trabajo.</td></tr><tr><td>6) Inspeccionar alineamiento de poleas transmisión primaria y secundaria</td></tr></table>		1) Inspeccionar tensado de correas de transmisión primaria y secundaria	2) Inspeccionar desgastes de correas de transmisión primaria y secundaria (cambiar si es necesario)	3) Engrase de rodamientos del eje flotante	4) Inspeccionar y verificar que el ventilador de correas de transmisión secundaria esté en funcionamiento.	5) Cambio de correas según inspección u horas de trabajo.	6) Inspeccionar alineamiento de poleas transmisión primaria y secundaria		
1) Inspeccionar tensado de correas de transmisión primaria y secundaria									
2) Inspeccionar desgastes de correas de transmisión primaria y secundaria (cambiar si es necesario)									
3) Engrase de rodamientos del eje flotante									
4) Inspeccionar y verificar que el ventilador de correas de transmisión secundaria esté en funcionamiento.									
5) Cambio de correas según inspección u horas de trabajo.									
6) Inspeccionar alineamiento de poleas transmisión primaria y secundaria									

Tabla 3-22. Tareas de mantención sistema motriz prensa Mabrik.

Fuente: Elaboración propia, Con datos obtenidos desde mantenciones.

3.3.1.2.2. Sistema de compactación



Figura 3-20. Sistema compactación prensa Mabrik.
Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno

Subcomponentes

- | | |
|------------------------|--------------------------------------|
| 1) Matriz peletizadora | 7) Rodillos |
| 3) Reten de anillos | 8) Barredores |
| 4) Sombrero | 9) Triangulo de sujeción de rodillos |
| 5) Contratuercas | 10) Perno tensor |
| 6) Pernos Parker | |



Figura 3-21. Imagen de montaje de rodillos.
Fuente: Autoría propia, imagen registrada en mantenimiento a prensa Mabrik



Figura 3-22. Imagen de rodamiento deteriorado de rodillos prensa Mabrik.
Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en mantenimiento a prensa Mabrik

Fallas o averías más comunes

- 1) Desgaste de camisa de rodillos.

- 2) Desajuste de rodillos (perdida de contacto con matriz) Provoca un aumento de la corriente de trabajo)
- 3) Exceso de temperatura en rodillos. (Rodamientos dañados, demasiada presión por sobrecarga de material, rodillos sin grasa)
- 4) Deterioro y desgaste prematuro de rodamientos.
- 5) Desgaste y deformación de pista rodadura de matriz. (demasiada sobrecarga de trabajo)
- 6) Rodillos sin grasa, por perdida de grasa o líneas y filtros tapados con material.
- 7) Desgaste de matriz (perdida del avellanado en los orificios, deformación de orificios de compactación, desprendimiento de material, deformación pista de orificios de matriz).

Tareas de mantención

- 1) **Matriz**
 - 1.1. Limpiar orificios tapados
 - 1.2. Realizar avellanado de orificios desgastados
 - 1.3. Rectificado de matriz por exceso de desgaste.
 - 1.4. Cambio de matriz según la condición encontrada u horas de uso
- 2) **Rodillos**
 - 2.1. Ajuste de rodillos a matriz con torque recomendado y en sentido antihorario con respecto a la matriz
 - Rodillo superior: 30 (Nm)
 - Rodillo inferior derecho: 20(Nm)
 - Rodillo inferior izquierdo: 20 (Nm)
 - 2.2. Inspeccionar desgastes de pista rodadura de camisa de rodillos
 - 2.3. Inspeccionar y verificar propiedad elástica de los anillos de retención de grasa.
 - 2.4. Inspeccionar y verificar ausencia de partículas metálicas en el interior de los rodillos para confirmar condición optima de rodamientos.
 - 2.5. Antes del montaje de rodillos, se debe engrasar con grasa, hasta que la grasa salga por la zona de anillos.
 - 2.6. Reemplazar rodillos si han perdido el ajuste interno de rodamientos
 - 2.7. Cambiar camisa de rodillos por exceso de desgaste.
 - 2.8. Ajuste de rodamiento internos de rodillos
- 3. **Triangulo de sujeción de rodillos**
 - 3.1. Inspeccionar y verificar el apriete de pernos de sujeción de las cuchillas de alimentación.
 - 3.2. Inspeccionar y verificar optima condición de los tornillos de regulación de los rodillos
 - 3.3. Inspeccionar y verificar que las cuchillas de alimentación no estén en contacto con los rodillos a la hora del montaje.
 - 3.4. Limpieza de todos los componentes mecánicos asociados al conjunto triangulo de sujeción.

- 3.5. Inspeccionar y verificar que los pernos de sujeción de las cuchillas se encuentran en buenas condiciones

3.6. Inspeccionar y verificar que los pernos Parker de la contratuerca este en buenas condiciones

Tabla 3-23. Tareas de mantención a sistema de compactación prensa Mabrik

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de mantenciones realizadas.

3.1.1.1.1. Sistema de lubricación prensa Mabrik

	<u>Subcomponentes</u> 1) Moto-Bomba 2) Depósito de grasa 3) Válvula distribuidora 4) Cañerías de lubricación 5) Manómetro de presión 6) Filtro de grasa 7) Sensor de alimentación de grasa
Fallas o averías más comunes	
1. La bomba no alimenta grasa al circuito (Vástago interno roto) 2. Presión alta en el manómetro (Filtro saturado con material particulado) 3. Tuberías tapadas por material particulado. 4. Fuga de grasa en acoples del circuito. (acoples defectuosos)	
Tareas de mantención	
1) Verificación de funcionamiento 1.1. Verificar que el manómetro este marcando la presión correcta de trabajo (25 kg/cm^2) 1.2. Verificar que se encienda la luz del sensor de levante de presión 2) Limpieza del filtro de grasa 2.1. Limpiar mallas interiores del filtro 3) Verificar alimentación de grasa a los rodillos 3.1. Verificar salida de grasa en los 3 ejes de los rodillos. 3.2. Verificar salida de grasa en las cañerías de entrada al eje principal. 3.3. Verificar que los parámetros alimentación de grasa a los rodillos sean los correctos (para prensa Modelo PVR-220-2).	

Engrase central: 17 cm³/h. Engrase rodillos: 8,5x3 cm³/h.

Tabla 3-24. Tareas de mantención a sistema de lubricación prensa Mabrik.

Fuente: Elaboración propia, Con datos obtenidos de mantenciones realizadas y catálogo de equipo.

3.3.1.3. Tareas de mantención a prensa Ylong

Código grupo: G1	Cantidad equipos: 1
 Figura 3-24. Prensa Ylong. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.	
Componentes principales	
1. Sistema de transmisión 2. Sistema de compactación 3. Sistema de lubricación 4. Sistema de enfriamiento de aceite	

3.3.1.3.1. Sistema de Compactación

 Figura 3-25. Sistema compactación matriz-rodillos prensa Ylong Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.	<u>Subcomponentes</u> 1) Rodillos 2) Matriz peletizadora 3) Pernos tensores 4) Dispositivos de ajuste rodillos 5) Plato sujeción de rodillos 6) Pernos Parker 7) Válvula distribuidora de grasa a rodillos 8) Flexibles de alimentación grasa 9) Tornamesa
 Figura 3-26. Fractura de matriz. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.	
Fallas o averías más comunes	
1. Deterioro de rodamientos. 2. Desajuste de rodillos. 3. Desgaste de matriz 4. Desgaste de camisas de rodillos	
Tareas de mantención	
1. Verificación de funcionamiento 1.1. Verificar que los rodillos tengan contacto con la matriz (prueba de giro y ajuste) 2. Rodillos 2.1. Inspeccionar desgaste de las camisas de los rodillos. 2.2. Inspeccionar y verificar ajuste del rodillo girando manualmente las camisas del componente. 2.3. Inspeccionar y verificar condición óptima de los rodamientos internos de los rodillos.	

2.4. Inspeccionar y verificar ausencia de partículas metálicas y contaminantes en la grasa interior de los rodillos. 2.5. Inspeccionar y verificar condición de retenes de grasa de los rodillos 2.6. Inspeccionar y verificar que los pernos de la tapa de rodillos se encuentren en buenas condiciones 2.7. Sustitución de rodillos (según resultado de inspección). 2.8. Sustitución de retenes de grasa del rodillo (según resultado de inspección) 2.9. Sustitución de rodamientos (Según resultados de la inspección) 3. Matriz 3.1. Inspeccionar el desgaste de la pista de compactación de la matriz. 3.2. Sustitución de matriz (según resultado de la inspección o tiempo de uso). 4. Tornamesa 5.1. Medir temperatura de reductor 5.2. Inspeccionar nivel de aceite 5.3. Realizar cambio de aceite

Tabla 3-25. Sistema de compactación prensa Ylong

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de mantenciones realizadas.

3.3.1.3.2. Sistema de engrase

 Figura 3-27. Sistema de engrase de prensa Ylong. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.	<u>Subcomponentes</u> 1) Moto-Bomba 2) Elemento de bombeo 3) Depósito de grasa 4) Paleta de agitación con rascador 5) Válvula distribuidora 6) flexibles de lubricación 7) Manómetro de presión
Fallas o averías más comunes	
1) Flexibles dañados 2) Filtración de grasa. (por acoples y uniones dañadas) 3) No llega grasa a los rodillos (líneas alimentación tapadas con partículas)	
Tareas de mantención	

1. Verificación de funcionamiento
1.1. Verificar que el manómetro este marcando la presión de trabajo.
1.2. Verificar que la pantalla visualizadora este encendida
2. Verificar alimentación de grasa
2.1. Verificar salida de grasa en los 2 de los rodillos
2.2. Verificar salida de grasa en la línea de alimentación a valvular distribuidora
2.3. Verificar que los parámetros alimentación de grasa a los rodillos sean los correctos (parámetros de alimentación se definen en tiempo).
Tiempo de engrase: 3 segundos
Tiempo detención bomba: 99 segundos
3. Revisión elementos mecánicos
3.1. Inspeccionar y verificar ausencia de filtración de grasa en flexibles y acoples.
3.2. Inspeccionar y verificar ausencia de daños de material de flexibles, acoples, pernos de sujeción etc.
3.3. Inspeccionar estado de los retenes internos de la válvula rotatoria.

Tabla 3-26. Sistema de engrase prensa Ylong.

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de mantenciones realizadas al equipo.

3.1.1.1.2. Sistema de transmisión y lubricación interna de engranajes

	<u>Subcomponentes</u> 1) Moto-Bomba 2) Flexibles de lubricación 3) Filtro de aceite 4) Enfriador o intercambiador de calor 5) Visor de nivel y temperatura de aceite
Fallas comunes	
1) Filtro de aceite tapado 2) Sobre calentamiento del aceite (enfriador tapado con material particulado, no enfría)	
Tareas de mantención	

1. Verificación de funcionamiento 1.1. Inspeccionar que la bomba esté en funcionamiento 1.2. Medir y comparar temperatura entre el flexible de succión y de retorno. (para verificar funcionamiento del radiador) 1.3. Verificar nivel y temperatura del aceite en el visor. 2. Limpieza técnica 2.1. Limpieza del radiador (sopletear con aire el polvo acumulado) 2.2. Limpieza del filtro de aceite. 3. Inspecciones 3.1. Verificar ausencia de partículas de bronce (material de fabricación de los engranajes internos) en el aceite y filtro. 3.2. Inspeccionar y verificar ausencia de fugas de aceite en el sistema de enfriamiento 3.3. Inspeccionar estado de desgaste del aceite. 3.4. Cambio de aceite lubricador (dependiendo del resultado de la inspección u horas de uso)

Tabla 3-27. Tareas de mantención sistema de transmisión y lubricación engranajes internos

Fuente: Elaboración propia, con antecedentes obtenidos de mantenciones al equipo.

3.3.2. Grupo 2 (Elevadores)

Código grupo: G2	Cantidad equipos: 4
------------------	---------------------

 Figura 3-29. Elevador 3. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.	<u>Subcomponentes</u> 1) Motor-reductor 2) Cadena de transmisión 3) Descansos 4) Rodamientos 5) Capachos 6) Cinta de capachos 7) Rodetes (poleas)
Fallas o averías más comunes	
1) Deterioro de rodamientos 2) Deterioro de capachos 3) Falla de rodamientos internos del motorreductor 4) Fugas de aceite, por deterioro de retenes de motorreductor 5) Destensado de cadenas 6) Rotura y daños estructural en rodets, (fatiga y desgarr de material).	
Tareas de mantención	
1. Motor-reductor 1.1. Inspeccionar estado de viscosidad del aceite en reductor 1.2. Inspeccionar y verificar que el aceite no presente partículas contaminantes y metálicas. 1.3. Cambio de aceite reductor (según resultado de inspección o tiempo de uso). 1.4. Inspeccionar y verificar que no exista fuga de aceite en el reductor 1.5. Medición de temperatura de trabajo del reductor 1.6. Cambio de rodamientos internos del reductor (Según la condición presentada) 1.7. Cambios de reten (Según la condición que se presente) 2. Piñones 2.1. Inspeccionar desgastes en dientes 2.2. Verificar inexistencia de dientes fisurados o dañados 2.3. Verificar alineamiento entre el piñón conductor y conducido 3. Cadena 3.1. Inspeccionar estado desgaste estructural de la cadena (exceso de estiramiento) 3.2. Verificar ausencia de daños o fisuras en pasadores, eslabones, etc. 3.3. Verificar tensado de cadena (realizar tensado si es necesario)	

4. Descansos y rodamientos 4.1. Inspección visual estado estructural de los descansos 4.2. Medición de temperaturas de trabajo descansos y rodamientos 4.3. Engrasar descansos 4.4. Verificar fijación del descanso a estructura de soporte 4.5. Verificar estado de los pernos base del descanso 4.6. Realizar cambios de descansos y rodamientos (según resultado y evaluación de la inspección)
5. Cinta de capachos 5.1. Inspeccionar y verificar estado estructural de la cinta (ausencia de cortes, roturas, exceso de desgaste, etc.) 5.2. Inspeccionar y verificar el tensado de la cinta 5.3. Inspeccionar y verificar estado estructural de los capachos (ausencia de fisuras, de cortes, daños varios.) 5.4. Inspeccionar y verificar apriete de los capachos a la cinta 5.5. Realizar tensado de la cinta 5.6. Realizar cambio de capachos dañados. (según inspección) 5.7. Realizar cambio de cinta. (según inspección)
6. Rodetes de transmisión 6.1. Inspeccionar y verificar ausencia de daños estructural en rodetes.

Tabla 3-28. Tareas de mantención a elevadores

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos desde mantenciones realizadas.

3.3.3. Grupo 3 (Tanque revolver)

Código grupo: G3	Cantidad equipos: 2
------------------	---------------------



Figura 3-30. Tanque revolvedor 1.
Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.



Figura 3-31. Vista parte superior del tanque revolvedor.
Fuente: Autoría propia. Imagen registrada desde instalaciones.

Fallas o averías más comunes
1) Destensado de cadena 2) Fatiga de material en pasadores del eje revolvedor 3) Fuga de aceite por el retén del reductor. 4) Desgaste prematuro del aceite de lubricación.
Tareas de mantención
1. Reductor 1.1. Inspeccionar y verificar nivel de aceite correcto 1.2. Inspeccionar ausencia de fuga de aceite en retenes del reductor, intercambiadores de calor y válvulas de paso. 1.3. Inspeccionar y verificar ausencia de partículas metálicas y contaminantes en el aceite lubricador. 1.4. Inspeccionar estado de desgaste del aceite. 1.5. Medir temperatura de trabajo del reductor

Temperatura normal de trabajo 30 a 45° C
Temperatura elevada o riesgosa sobre 60° C
1.6. Limpieza de filtro de aceite
1.7. Inspección y verificación de funcionamiento de la bomba de recirculación de aceite
1.8. Medir temperaturas de trabajo de la bomba de recirculación aceite.
1.9. Limpieza de intercambiadores de calor
1.10. Cambio de retenes de aceite en el reductor (al existir filtración)
1.11. Cambio de aceite lubricador (Según resultado de inspección)
1.12. Cambio de rodamientos del tornillo sin fin del reductor (Según resultados de la inspección)
2. Piñones y cadenas
1.13. Inspeccionar y verificar tensado de cadena de transmisión
1.14. Inspeccionar desgaste excesivo, deterioro o fisuras en eslabones y pasadores de la cadena de transmisión
1.15. Inspeccionar estado de estiramiento de cadena de transmisión
1.16. Inspeccionar y verificar ausencia de desgaste excesivo y fisuras en dientes del piñón conductor y conducido.
1.17. Realizar tensado de cadena de transmisión (Según resultado de inspección)
1.18. Realizar cambio de cadena de transmisión (Según resultado de la inspección)
1.19. Realizar cambio de piñones de transmisión (según resultado de inspección)
3. Revolvedor
1.20. Inspeccionar y verificar ausencia de fatiga material en ejes y pasadores del revolvedor.
1.21. Inspeccionar y verificar ausencia de daños de roscas en pernos de unión en eje de transmisión y aspas distribuidoras del material.
1.22. Inspeccionar que aspas distribuidoras no estén sueltas.
1.23. Engrase de rodamientos superior e inferior del eje de revolvedor.
1.24. Cambio de rodamientos (Según resultados de la inspección)
1.25. Medición de temperaturas de trabajo de los rodamientos superior e inferior.

Tabla 3-29. Tareas de mantención a revolvedores.

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de mantenciones.

3.3.4. Grupo 4 (Ciclón)

Código grupo: G4		Cantidad equipos: 2	
		<u>Subcomponentes</u> 1) Motor-reductor 2) Cadena 3) Piñón conductor 4) Piñón conducido 5) Descansos 6) Rodamientos 7) Válvula rotatoria	
Figura 3-32. Ciclón 2. Fuente: Autoría propia. Imagen de referencia de equipos, registrada en terreno.		Fallas o averías más comunes	
1) Destensado de cadena (por estiramiento material, o pernos aflojados) 2) Fuga de aceite en reductor por reten desgastados		Tareas de mantención	
1) Cambio de aceite lubricador a moto-reductor 2) Inspeccionar y verificar ausencia de fugas de aceite en reductor 3) Inspeccionar y verificar ausencia de partículas contaminantes y metálicas en el aceite 4) Cambio de retenes del reductor por desgastes 5) Engrase de rodamientos 6) Cambio de rodamientos por deterioro 7) Control diario de temperatura en rodamientos y reductor 8) Inspeccionar estado estructural de rodamientos y descansos de válvula rotatoria 9) Inspeccionar y verificar tensado de cadena 10) Realizar tensado de cadena 11) Cambio de cadena por exceso de estiramiento 12) Inspeccionar desgaste de eslabones de cadena 13) Inspeccionar y verificar ausencia de fatiga material en piñón conductor y conducido 14) Inspeccionar desgaste de dientes en piñón conductor y conducido 15) Inspeccionar y verificar ausencia de fatiga y desgaste estructural en válvula rotatoria.			

Tabla 3-30. Tareas de mantención a ciclones

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de inspecciones rutinarias y mantenciones realizadas.

3.3.5. Grupo 5 (Ventiladores)

Código grupo: G5		Cantidad equipos: 3	
		<u>Subcomponentes</u> 1) Motor eléctrico 2) Correas trapezoidales 3) Polea conductora 4) Polea conducida 5) Descansos 6) Rodamientos 7) Eje de transmisión 8) Rodete ventilador	
Figura 3-33. Ventilador 2. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.			
Fallas o averías más comunes			
1) Destensado de correas trapezoidales 2) Cortes de correas trapezoidales por fatiga material 3) Desbalanceo del rodete ventilador 4) Desgaste estructural en aspas del rodete ventilador			
Tareas de mantención			
1) Engrase de rodamientos 2) Control de temperatura de rodamientos 3) Cambio de correas (Según el desgaste u horas de uso) 4) Inspeccionar y verificar el tensado de correas trapezoidales (tensar si es necesario) 5) Inspeccionar estado de desgaste de correas trapezoidales 6) Inspeccionar y verificar ausencia de cortes en correas trapezoidales 7) Inspección visual del estado estructural de descansos, para verificar ausencia de fatiga material. 8) Inspección sensorial a rodamientos, para verificar ausencia de ruidos y vibraciones anormales en los rodamientos 9) Inspeccionar y verificar alineamiento de poleas (Alinear si es necesario) 10) Inspeccionar estado estructural del rodete ventilador 11) Cambio de rodete ventilador (según la condición del rodete) 12) Reparación de aspas del rodete ventilador (si es necesario) 13) Inspección sensorial a rodete ventilador para verificar ausencia de ruidos anormales, y desbalanceo.			

Tabla 3-31. Tareas de mantención a ventiladores

Fuente: Elaboración propia, basado en mantenciones realizadas.

3.3.6. Grupo 6 (Molinos)

Código grupo: G6

Cantidad equipos: 3

A photograph showing two large, heavy-duty industrial mills side-by-side in a dimly lit, industrial setting. The mills are constructed from metal and have a complex, multi-tiered design. A bright light source is visible on the left, casting a strong glow on the machinery.

Figura 3-34. Molinos 1 y 2.

Fuente: Autoría propia. Imagen de referencia equipos, registrada en terreno.

A close-up photograph of the internal components of a mill, specifically the hammers (martillos). The image shows a series of heavy, curved metal hammers arranged in a row, mounted on a sturdy metal frame. The hammers are made of dark, possibly cast iron, and have a curved, hook-like shape. They are positioned above a metal grate or screen.

Figura 3-35. Imagen de martillos de molinos.

Fuente: Autoría propia. Imagen registrada desde una inspección al molino 2

Subcomponentes

1) Motor eléctrico	7) Correas trapezoidales
2) Polea conductora	8) Polea conducida
3) Descansos	9) Rodamientos
4) Eje de transmisión	10) Rodete
5) Martillos	11) Pasadores
6) Malla	

Fallas o averías más comunes
1) Destensado de correas trapezoidales 2) Cortes de correas trapezoidales por fatiga material 3) Fatiga y desgaste de mallas 4) Desbalanceo de rodete de martillos, (debido al desgaste irregular de los martillos, o rodamientos desgastados) 5) Desgastes de martillos
Tareas de mantención
1) Engrase de rodamientos 2) Control de temperatura de rodamientos 3) Tensado de correas 4) Cambio de correas 5) Inspeccionar y verificar el tensado de correas trapezoidales 6) Inspeccionar estado de desgaste de correas trapezoidales 7) Inspeccionar y verificar ausencia de cortes en correas trapezoidales 8) Inspección visual del estado estructural de descansos, para verificar ausencia de fatiga material. 9) Inspección sensorial a rodamientos, para verificar ausencia de ruidos y vibraciones anormales en los rodamientos 10) Inspeccionar y verificar alineamiento de poleas 11) Realizar Alineamiento de poleas 12) Inspeccionar estado estructural del rodete de martillos, para verificar ausencia de fatiga material 13) Cambio de martillos 14) Inspección y verificar que el rodete de martillos no presente síntomas de desbalanceo. (exceso de vibraciones). 15) Inspeccionar nivel de desgaste de martillos 16) Inspeccionar y verificar ausencia de fatiga material en pasadores de martillos 17) Cambio de malla 18) Inspección de estado estructural de malla, para verificar ausencia de fatiga material.

Tabla 3-32. Tareas de mantención a molinos.

Fuente: Autoría propia, Con datos obtenidos desde mantenciones realizadas a equipos.

3.3.7. Grupo 7 (Cintas transportadoras)

Código grupo: G7		Cantidad equipos: 5	
		<u>Subcomponentes</u> 1) Cinta transportadora 2) Moto-reductor 3) Descansos 4) Rodamientos 5) Rodetes 6) Polines 7) Cadena 8) Piñón conductor 9) Piñón conducido	
Figura 3-36. Cinta transportadora 1. Fuente: Autoría propia. Imagen de referencia de equipos. registrada en terreno.			
Fallas o averías más comunes			
1) Destensado de cinta transportadora 2) Desalineamiento de cinta 3) Destensado de cadenas 4) Filtración de aceite en reductor por desgaste del retén de aceite.			
Tareas de mantención			
1) Engrase de rodamientos 2) Medición de temperatura de rodamientos y reductor 3) Cambio de rodamientos 4) Tensado de cadena 5) Cambio de cadena 6) Inspeccionar estado de desgaste de cadena 7) Inspección visual del estado estructural de descansos, para verificar ausencia de fatiga material. 8) Inspección sensorial de ausencia de ruidos y vibraciones anormales en los rodamientos 9) Inspeccionar y verificar nivel de aceite reductor 10) Inspeccionar estado del aceite del reductor 11) Realizar cambio de aceite del reductor 12) Inspeccionar y verificar alineamiento de cinta transportadora 13) Inspeccionar y verificar tensado de cinta transportadora (tensar si es necesario) 14) Inspeccionar estado de desgaste de cinta transportadora 15) Inspección y verificación de ausencia de fatiga estructural de rodets de cinta. 16) Inspeccionar estado de polines de cinta transportadora. (Cambiar si es necesario)			

Tabla 3-33. Tareas de mantención cintas transportadoras

Fuente: Elaboración propia, Con datos obtenidos de mantenciones realizadas.

3.3.8. Grupo 8 (Equipos únicos)

Tipo de equipo: Harnero		Cantidad de equipos: 1	
		<u>Subcomponentes</u> 1) Descansos 2) Rodamientos 3) Motor eléctrico 4) Correas de transmisión 5) Malla Filtradora 6) Polea conductora 7) Polea conducida 8) Espirales	
Figura 3-37. Harnero Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.			
Fallas o averías más comunes			
1) Destensado de correas trapezoidales 2) Cortes de correas trapezoidales por fatiga material 3) Fatiga estructural de malla. 4) Desalineamiento de poleas. 5) Fatiga de rodamientos.			
Tareas de mantención			
1) Engrase de rodamientos 2) Control de temperatura de rodamientos 3) Inspeccionar y verificar el tensado de correas de transmisión (tensar si es necesario) 4) Inspeccionar estado de desgaste de correas trapezoidales (cambiar si es necesario) 5) Inspección visual del estado estructural de descansos. 6) Inspección de ausencia de ruidos y vibraciones anormales en los rodamientos. 7) Cambio de rodamientos según condición. 8) Inspeccionar y verificar alineamiento de poleas. 9) Limpieza de malla filtradora 10) Inspeccionar y verificar ausencia de fatiga material en malla filtradora (cambiar o reparar si es necesario) 11) Inspeccionar y verificar ausencia de fatiga material en espirales. (cambiar si es necesario)			

Tabla 3-34. Tareas de mantención al harnero.

Fuente: Autoría propia, con datos obtenidos de mantenciones realizadas.

Tipo de quipo: Enfriador		Cantidad de equipos: 1
		
Figura 3-38. Enfriador. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno		Figura 3-39. Celosía fracturada. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.
<u>Subcomponentes</u>		
1) Celosías	8) Válvula rotatoria	15) FRL
2) Válvula solenoide	10) Bielas de accionamiento	16) Descansos
3) Válvula de paso	11) Sensor inductivo	17) Piñones
4) Cilindro neumático	12) Moto-reductor	
5) Cadena	13) Rodamientos	
Fallas o averías más comunes		
1) Fracturas y fatigas de material en celosías.		
2) Fatiga de material en chaveta o canal chavetero (Desacople de las bielas de accionamiento)		
3) Desajuste de sensor inductivo		
Tareas de mantención		
1) Engrase de rodamientos		
2) Inspeccionar y verificar condición optima de rodamientos (Cambiar si es necesario)		
3) Inspeccionar y verificar que las bielas de accionamiento cuenten con chaveta.		
4) Cambio de ejes de celosías por daños en canal chavetero. (Si es necesario)		
5) Inspeccionar y verificar acople entre eje y biela de accionamiento de celosías		
6) Inspeccionar y verificar buen estado estructural de celosías. (Cambiar o reparar celosías)		
7) Inspeccionar y verificar presión de aire correcta en el manómetro		
8) Limpieza filtro regulador lubricador (FRL)		
9) Inspeccionar ajuste distancia de sensor inductivo con respecto a biela de accionamiento		
10) Inspeccionar y verificar nivel de aceite en reductor (rellenar nivel aceite si es necesario)		
11) Inspeccionar y verificar estado del aceite lubricante.		
12) Cambio de aceite lubricante en reductor.		
13) Inspeccionar y verificar el tensado de cadena (Tensar si es necesario)		
14) Inspeccionar estado de desgaste de cadena (Cambiar de cadena si es necesario)		
15) Inspeccionar estado estructural de piñones.		

Tabla 3-35. Tareas de mantención al enfriador

Fuente: Autoría propia, con datos obtenidos de mantenciones realizadas.

Tipo de equipo: Filtro de mangas		Cantidad de equipos: 1	
		<u>Subcomponentes</u> 1) Filtros 2) Tornillo 3) Moto-reductor 4) Cadenas 5) Piñón conductor 6) Piñón conducido 7) Descansos 8) Rodamientos 9) Válvula rotatoria	
Figura 3-40. Filtro de mangas Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.			
Fallas o averías más comunes			
1) Saturación de filtros por material particulado. (provoca variación de frecuencia en ventilador 3) 2) Desacople o rotura de filtros de mangas. 3) Filtración de aceite en reductores por desgaste de reten.			
Tareas de mantención			
1) Limpieza de filtros de mangas 2) Cambio de filtros de mangas 3) Engrase de rodamientos 4) Medición de temperatura de rodamientos y reductor 5) Cambio de rodamientos 6) Tensado de cadena 7) Cambio de cadena 8) Inspeccionar estado de desgaste de cadena 9) Inspección visual del estado estructural de descansos, para verificar ausencia de fatiga material. 10) Inspección ausencia de ruidos y vibraciones anormales en los rodamientos 11) Inspeccionar y verificar alineamiento de piñones de transmisión.			

Tabla 3-36. Tareas de mantención a filtros de mangas.

Fuente: Autoría propia, con datos obtenidos desde mantenciones realizadas.

Tipo de equipo: Recuperadora de finos		Cantidad equipos: 1	
		<u>Subcomponentes</u> 1) Ventilador 2) Motor eléctrico 3) Descansos 4) Rodamientos 5) Polea conductora 6) Polea conducida 7) Correas de transmisión 8) Motorreductor 9) Válvula rotatoria	
Figura 3-41. Recuperadora de finos Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.			
Fallas o averías más comunes			
1) Destensado de correas trapezoidales 2) Cortes de correas trapezoidales por fatiga material			
Tareas de mantención			
1) Engrase de rodamientos 2) Control de temperatura de rodamientos 3) Cambio de rodamientos 4) Inspeccionar y verificar el tensado de correas de transmisión (tensar si es necesario) 5) Inspeccionar estado de desgaste de correas de transmisión (Cambiar según inspección) 6) Inspección visual del estado estructural de descansos. 7) Inspección de ausencia de ruidos y vibraciones anormales en los rodamientos. 8) Inspeccionar y verificar alineamiento de poleas 9) Inspeccionar estado estructural del ventilador (verificar ausencia de fisuras en aspas) 10) Inspeccionar y verificar nivel de aceite a motorreductor. 11) Inspeccionar fugas en reductor. 12) Cambio de aceite a motorreductor.			

Tabla 3-37. Tareas de mantención a recuperadora de finos.

Fuente: Autoría propia, con datos obtenidos de inspecciones y mantenciones realizadas.

Tipo de equipo: Extractor de vapores		Cantidad de equipos: 1	
		<u>Subcomponentes</u> 1) Motor eléctrico 2) Extractor 3) Ductos extractores 4) Válvula rotatoria 5) Motorreductor 6) Descansos	
Figura 3-42. Extractor de vapores. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.			
Fallas o averías más comunes			
1) Fugas de vapores por uniones estructurales 2) Saturación de ductos con material particulado 3) Deterioro de pernos en uniones debido a la corrosión.			
Tareas de mantención			
1) Cambio de rodamientos a válvula rotatoria. (según inspección) 2) Inspección visual del estado estructural de descansos, para verificar ausencia de fatiga material. 3) Inspección y verificación de ausencia de fugas de vapores en circuito extractor 4) Inspeccionar corrosión de material en la estructura y pernos del extractor 5) Limpieza de ductos extractores			

Tabla 3-38. Tareas de mantención a realizar en el extractor de vapores.

Fuente. Autoría propia, con datos obtenidos de mantenciones realizadas.

3.3.11. Grupo 9 (Embolsadora)

Tipo de equipo: Embolsadora		Cantidad de equipos: 1	
		<u>Subcomponentes</u> 1) Cinta transportadora 2) Moto-reductor 3) Descansos 4) Rodamientos 5) Sistema neumático 6) Sistema hidráulico	
Figura 3-43. Embolsadora. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.			
Fallas o averías más comunes			
La embolsadora es un equipo nuevo que lleva 1 año en funcionamiento aprox. Hasta la fecha mecánicamente no ha arrojado una falla común.			
Tareas de mantención			
1) Inspección y verificación de ausencia de fugas de aceite en sistema hidráulico 2) Inspección y verificación de presión necesaria sistema neumático 3) Verificar presión de funcionamiento de sistema hidráulico 4) Inspeccionar estado de aceite en sistema hidráulico 5) Cambio de aceite a sistema hidráulico 6) Cambio de filtro de aceite hidráulico 7) Verificar nivel de aceite en sistema hidráulico 8) Inspeccionar condición estructural de componentes sistema neumático (conectores, válvula de paso, manómetro, tuberías) 9) Inspeccionar condición estructural de componentes de sistema hidráulico (cilindros, flexibles, filtros, etc.)			

Tabla 3-39. Tareas de mantención a realizar a embolsadora

Fuente: Autoría propia, con datos obtenidos desde mantenciones

Tipo de equipo: Modulo de paletizado		Cantidad equipos: 2	
		<u>Subcomponentes</u> 1) Motor eléctrico 2) Rodamientos 3) Cadena 4) Piñones	
Figura 3-44. Módulos de paletizado. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.			
Figura 3-45. Mantenión a módulo de paletizado Fuente: Autoría propia. Imagen registrada de mantenimiento a equipo.		Fallas o averías más comunes 1) Destensado de cadena 2) Desgaste de cadena 3) Desgastes de rodamientos	
Tareas de mantención 1) Inspección de condición (eslabones, pasadores) cadenas de transmisión. 2) Inspeccionar condición de desgaste, o fisuras en dientes de piñones. 3) Lubricación de cadenas 4) Inspección de condición de rodamientos (Cambiar si es necesario)			

Tabla 3-40. Tareas de mantención a módulos de paletizado

Fuente: Autoría propia, con datos obtenidos de inspecciones realizadas

3.3.15. Grupo 10 (Equipos pesados)

Código grupo: G14		Cantidad equipos: 2	
 Figura 3-45. Cargador frontal. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.		 Figura 3-46. Grúa horquilla. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno	
Fallas o averías más comunes			
Hasta la fecha los equipos no han registrado fallas o averías comunes			
Tareas de mantención			
1) Verificar nivel de aceite cargador frontal y grúa horquilla 2) Realizar cambio de aceite cargador frontal y grúa horquilla 3) Inspeccionar y verificar ausencia de fugas de aceite hidráulico. 4) Lubricar cadenas de grúa horquilla. 5) Cambio de filtros de aceite de cargador frontal y grúa horquilla 6) Inspeccionar y verificar presión de aceite de sistema hidráulico del cargador frontal 7) Engrase de rodamientos (Grúa horquilla)			

Tabla 3-41. Tareas de mantención a equipos móviles.

Fuente: Autoría propia, con datos obtenidos de inspecciones y mantenciones realizadas.

3.3.16. Grupo 11 (Equipos auxiliares)

Tipo de equipo: Generador		Cantidad de equipos: 1	
			
Figura 3-47. Generador. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.			
Fallas o averías más comunes			
No hay registro de falla mecánica común a la fecha en el equipo (Equipo nuevo en planta con pocas horas de uso)			
Tareas de mantención			
1) Inspección de nivel aceite 2) Inspección nivel liquido refrigerante 3) Inspección carga de batería 4) Inspección de correas trapezoidales 5) Cambio de filtros de aceite			

Tabla 3-42. Tareas de mantención a generador

Fuente: Autoría propia, con datos obtenidos de inspecciones realizadas.

Tipo de equipo: Compresor		Cantidad de equipos: 1	
 Figura 3-48. Compresor de aire. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.			
Fallas o averías más comunes			
1) Detenciones repentinas del equipo, por aumento de temperatura del aceite, debido a la acumulación excesiva de polvo en radiador. Lo que provoca una ventilación deficiente.			
Tareas de mantención			
1) Inspección de nivel aceite 2) Inspección y verificación de presión aire de salida 3) Inspección de temperatura de trabajo 4) Inspección de correas trapezoidales 5) Cambio de correas trapezoidales 6) Cambio de filtros de aceite 7) Cambio de aceite 8) Limpieza de filtros de aire 9) Limpieza a radiador 10) Inspección y verificación de fugas de aceite en el circuito.			

Tabla 3-43. Tareas de mantención a compresor

Fuente: Autoría propia, con datos obtenidos de inspecciones y mantenciones realizadas.

Tipo de equipo: Sistema contra incendio y red de agua.	
Cantidad de equipos: 2	
	
Figura 3-49. Alimentación de agua a enfriadores y red contra incendio. Fuente: Autoría propia. Imagen registrada en terreno.	
Fallas o averías más comunes	
1) Descarga de batería 2) Bujías dañadas	
Tareas de mantención	
1) Inspección de nivel aceite. 2) Verificación de funcionamiento moto-bomba. 3) Inspección de carga de batería. 4) Inspección y verificación de ausencia de filtración de agua en línea de agua 5) Inspección y verificación de funcionamiento de válvulas de paso	

Tabla 3-44. Tareas de mantención a red de incendio y red de agua.

Fuente: Autoría propia, con datos obtenidos de inspecciones y mantenciones realizadas.

3.3.17. Grupo 12 (Tornillos)

Código grupo: G17		Cantidad equipos: 20	
		<u>Subcomponentes</u> 1) Moto-reductor 2) Descansos 3) Rodamientos 4) Tornillo helicoidal 5) Cadena 6) Piñón conductor 7) Piñón conducido	
Figura 3-50. Tornillo superior 1. Fuente: Autoría propia. Imagen de referencia de equipos. registrada en terreno.			
Fallas o averías más comunes			
1) Destensado de cadena 2) Desgaste de cadena 3) Desgaste de rodamientos internos del reductor 4) Fuga de aceite en reductores			
Tareas de mantención			
1) Engrase de rodamientos 2) Medición de temperaturas de rodamientos 3) Medición de temperatura de reductor 4) Cambio de rodamientos del tornillo (Según condición) 5) Cambio de rodamientos internos en el reductor. (según inspección) 6) Inspeccionar y verificar tensado de cadena (Tensar si es necesario) 7) Cambio de cadena (según inspección) 8) Inspeccionar nivel de aceite del reductor 9) Inspección sensorial de condición de viscosidad aceite reductor 10) Inspeccionar ausencia de partículas contaminantes y metálicas en aceite reductor 11) Inspeccionar estado de desgaste de cadena 12) Inspeccionar y verificar ausencia de fatiga material en descansos. 13) Inspección sensorial a rodamientos, para verificar ausencia de ruidos y vibraciones anormales en los rodamientos 14) Inspeccionar y verificar alineamiento de piñones de transmisión. 15) Inspeccionar y verificar ausencia de fatiga, microfracturas y desgastes en dientes y cuerpo de piñones de transmisión.			

Tabla 3-45. Tareas de mantención a tornillos

Fuente: Autoría propia, con datos obtenidos de inspecciones y mantenciones realizadas.

3.4. FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO, E INSPECCIÓN PREVENTIVA GENERAL DE EQUIPOS.

De acuerdo a la información registrada de los equipos, en cuanto a las tareas de mantención, es necesario poder distribuir de manera ordenada las intervenciones e inspecciones de los diferentes equipos de la planta. Es importante mencionar que la frecuencia de mantención está designada según nivel de criticidad y afectación al proceso, además de las experiencias de comportamiento de los equipos. Es importante señalar que la planta opera de manera continua día y noche, todo el año. Por ende, las frecuencias de mantención también son asignadas teniendo en cuenta esta condición, ya que los desgastes de componentes son más prematuros a como lo señalan los manuales de las prensas. Porque de acuerdo a los manuales la frecuencia de las actividades del plan de mantención que tiene las prensas está referenciadas bajo la condición de que los equipos operan 8 horas al día. Por ende, hay una variación considerable en los tiempos de mantención y desgaste de componentes.

Por lo anterior, que las frecuencias de mantención de los equipos se ajustan de acuerdo al trabajo desempeñado en planta.

El departamento, basado en la experiencia previa que han tendido con respecto a los equipos de planta, decide prestar atención prioritariamente a los equipos de prensa, ya que de acuerdo a la tabla 3-12 son equipos que presentan una mayor afectación al proceso.

Los demás equipos del proceso, de acuerdo a la tabla 3-9, al tener una menor criticidad de afectación, serán intervenidos de acuerdo a la frecuencia según que se les fue asignado en el calendario de mantención. O según las condiciones anómalas o defectuosas, que fueron detectadas durante la ruta de inspección.

3.4.1. Prensa Kahl

	LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN			
Mantenciones preventivas		Punto de control	Notas para el Mantto. e inspección	Frecuencia
Transmisión				
1	Revisar el nivel de aceite	Caja engranaje	Inspeccionar estado del aceite	Trimestral
2	Verificar tensiones de correas (tensar si se requiere)		Inspeccionar desgaste y ausencias de daños.	Mensual
3	Verificar alineamiento de poleas			Mensual
4	Inspeccionar y verificar ausencia de daños	Engranaje helicoidal		Semestral
5	Cambio de correas de transmisión			Semestral
6	Cambio de aceite	Caja engranaje		Anual
Sistema hidráulico				
1	Verificar ausencia de fugas y daños.	Flexibles y central hidráulica		Diaria
2	Verificar nivel de aceite optimo central hidráulica.	Visor depósito de aceite	Rellenar si se requiere	Diaria
3	Inspeccionar parámetros de presión correcto	Manómetro de central hidráulica		Diaria
4	Inspeccionar existencia de posibles fugas de aceite en tuerca hidráulica	Tuerca hidráulica	Realizar prueba de estanqueidad	Semanal
5	Cambiar filtro de aceite	Central hidráulica	Purgar después del cambio	Semestral
Sistema enfriador de aceite				
1	Revisar ausencia de fugas de aceite y agua	Flexibles, acoples y bombas		Diaria
2	Inspeccionar parámetros de trabajo de aceite (temperatura, caudal volumétrico)	1) flujómetro 2) Termostato		Diaria
3	Sustituir filtro de aceite		Revisar indicador de saturación	Trimestral
4	Verificar paletas celulares y los muelles	Bombas de aceite Bombas de agua		Semestral
5	Limpieza intercambiadores de calor	Intercambiadores de calor	Limpieza	Semestral
Componentes mecánicos de compactación				

1	Medir la distancia entre los rodillos y la matriz.	1) Conjunto cabezal 2) Matriz	Ajustar si es necesario	Semanal
2	Verificar ajuste de rodillos	Rodamientos	Ajustar si se requiere	Semanal
3	Inspeccionar alimentación y estado de grasa	Rodillos		Semanal
4	Cambiar rodamientos	Rodillos		Mensual
5	Inspeccionar desgaste de camisa.	rodillos		
6	Inspeccionar estado de reten		Cambiar si es necesario	
7	Revisar estado de pernos de tapas	Rodillos	Cambiar si se requiere	Mensual
8	Inspeccionar el avellanado, desgaste, deformación de orificios.	Matriz		
9	Cambio de matriz		Medir desgaste	Trimestral
Máquina				
1	Verificar ausencia de fugas de aceite	Caja de la máquina		Diaria
2	Verificar planeidad del asiento	Asiento de la matriz	Cada vez que se cambie matriz	Trimestral
3	Verificar la herramienta de corte	Dispositivo rompedor de pellet	Cada vez que se cambie matriz	Trimestral
4	Limpiar zona inferior del dispositivo de descarga	Dispositivo de descarga		Mensual
Sistema de engrase				
1	Inspeccionar alimentación de grasa	Bomba de engrase	Verificar el nivel de grasa en el deposito	Diario
2	Inspeccionar presión de aire.	Manómetro de entrada a bomba		Diario
3	Inspeccionar frecuencia de engrase	Electroválvula (temporizador)		Diario
4	Verificar ausencia de fugas	1) Válvula distribuidora 2) cañerías, flexibles, acoples de lubricación		Semanal
5	Limpieza de ductos, cañerías y flexibles	Conjunto cabezal	Verificar salida de grasa en los 4 ejes	Semanal
6	verificar parámetros adecuados de alimentación de grasa a rodillos.	1) Válvula solenoide 2) Rodillos	1) Medir cantidad y tiempo de salida de grasa en cada eje.	Semanal

			2) Verificar frecuencia de engrase.	
--	--	--	-------------------------------------	--

Tabla 3-46. Frecuencia de mantenimiento prensa Kahl.

Fuente. Elaboración propia. Basada en mantenciones realizadas.

3.4.2. Prensa Mabrik

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN			
Mantenciones preventivas	Puntos de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Componentes de compactación			
Verificar ajuste de rodillos a matriz (ajustar si es necesario)	Rodillos-matriz	Sustituir rodillos si es necesario	Semanal
Inspección de desgaste camisas	Rodillos	Sustituir rodillos si es necesario	Semanal
Inspeccionar estado de rodamientos (sustituir se requiere).	Rodillos		Mensual
Inspeccionar elasticidad mecánica de reten de anillos en rodillos	Tapa de rodillos	Cambiar si es necesario	Mensual
Revisar desgastes o daños a superficie de avellanado	Matriz		Semanal
Cambio de matriz	Matriz	Medir altura de pista de compactación antes del montaje	Trimestral
Cámara de alimentación harinas			
Inspeccionar estado estructural	1. Plato porta rodillos y tornillos de fijación 2. Ejes porta rodillo 3. Plato sujeción rodillos (triangulo)	. Verificar ausencia de grietas, deformaciones.	Trimestral

Inspeccionar posibles daños y deformaciones.	1) soportes, cuchillas alimentación harinas y deflectores. 2) tornillos regulación rodillos posicionadores. 3) Tuercas y pletina bloqueo rodillos. 4) brida embudo sombrero y tornillos de fijación. 5) Embudo sombrero y tornillos de fijación. 6) Cuchillas plato porta rodillos.	Después del cambio de matriz	Trimestral
Inspeccionar estado de componentes y verificar funcionamiento	compuerta alivio anti atasco	Verificar presión de aire, tubo y conexiones neumáticas	Mensual
Sistema de transmisión			
Comprobar tensiones correas trapezoidales	1) Transmisión primaria 2) Transmisión secundaria	1) Tensar si se requiere. 2) Inspeccionar desgaste	Mensual
Inspeccionar ausencia de daños o fatiga material	1) Bancada de motor 2) Sistema tensor motor		Mensual
Verificar alineación de poleas	1) Transmisión secundaria y primaria		Mensual
Inspeccionar estado de desgaste y ajuste de rodamientos	Rodamientos y soportes transmisión secundaria	Re engrasar después de inspección	Semestral
Inspeccionar y verificar el montaje de protecciones de seguridad del sistema de transmisión	Transmisión primaria Transmisión secundaria		Mensual
Inspeccionar y verificar funcionamiento del ventilador de correas de transmisión secundarias	Transmisión secundaria		Mensual

General maquina			
Limpiar imán	Imán tolva alimentación harinas		Mensual
Revisar correcto funcionamiento de los dispositivos de seguridad.	1)Blocaje seguridad puerta 2) Blocaje seguridad tolva 3)Dispositivo salva correas 4) Nivel rotativo tolva alimentación harinas	Reapretar pernos y conexiones eléctricas	Trimestral
Sistema de engrase			
Inspeccionar alimentación de grasa (ver parámetros de presión)	1) Bomba de engrase	1. Inspeccionar lectura de presión en manómetro. 2) Revisar encendido de sensor de alimentación de grasa	Diario
Limpieza de filtro de grasa	Filtro de grasa		Semanal
Comprobar parámetros de engrase.	1) Distribuidor de engrase 2) Tuberías y conexiones engrase		Quincenal

Tabla 3-47. Frecuencia de mantenimiento prensa Mabrik

Fuente: Elaboración propia. Frecuencia asignada de acuerdo a las tareas más comunes realizadas.

3.6.3. Prensa Ylong

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Sistema de transmisión			
Inspeccionar nivel y fugas de aceite	1) Sistema de enfriamiento 2) Visor de nivel de aceite		Diario
Inspeccionar temperatura de trabajo del aceite	termómetro de temperatura		Diario
Verificar funcionamiento de sistema de enfriamiento de aceite de la caja		Revisar radiador	Diario
Realizar limpieza de intercambiador de calor	Radiador	Sopletear con aire	Semanal
Limpiar filtro de aceite de caja	Filtro de aceite		Mensual
Cambiar aceite lubricador de transmisión	Caja de transmisión		Semestral
Realizar prueba de consumo de motor en vacío			Anual
Inspección estado acople mecánico y elastómero de transmisión	Acople motor y caja		Anual
Medición de temperatura	Motorreductor de tornamesa		Diario
Inspeccionar nivel y estado de aceite	Motorreductor tornamesa	Rellenar o cambiar si se requiere.	Trimestral
Componentes de compactación			
Verificar ajuste rodillos	Camisa-rodillo	Cambiar si se requiere	Quincenal
Inspección desgaste matriz	Matriz	Inspeccionar daños en pista rodadura	Quincenal
Cambio de rodillos	Rodamientos		Mensual

Inspeccionar condición de pernos tensores	Plato sujeción de rodillos	Cambiar si requiere	Trimestral
Cambio de matriz	Matriz		Trimestral
Sistema de lubricación			
Verificar funcionamiento	Bomba de lubricación		Diario
Verificar alimentación	Válvula rotatoria Flexibles, y conectores	Inspeccionar estado de componentes. Verificar ausencia de fugas	Quincenal

Tabla 3-48. Frecuencia de mantenimiento prensa Ylong.

Fuente. Elaboración propia. De acuerdo a seguimiento de las tareas de mantención más comunes.

3.6.4. Elevadores

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Sistema de transmisión			
Inspeccionar nivel y desgaste de aceite	Reductor	Rellenar o cambiar si requiere	Bimensual
Inspección visual de fugas de aceite	Reductor		Diaria
Inspeccionar ruidos internos extraños	Reductor		Diario
Medir temperatura de trabajo	Reductor		Diario
Verificar tensión	1) Cadena 2) Piñones	tensar si es necesario	Bimensual
Inspeccionar y verificar ausencia de fatiga materiales	Cadena y piñones		Bimensual
Cambiar aceite	Aceite lubricador		Semestral
Inspeccionar ruidos internos extraños	Motor	Posible daño en rodamientos del rotor	Diario
Capachos, rodets y cinta			

Inspeccionar deterioro estructural en capachos	Capachos	cambiar si se requiere o programar cambios	Cuatrimestral
Inspeccionar daños y desgaste en cinta de capachos.	Cinta	Programar reparación	Cuatrimestral
Inspeccionar desgastes en rodets de transmisión	Rodete conductor y conducido	Reparar si es necesario	Cuatrimestral
Rodamientos y descansos			
Inspeccionar fatigas y desgaste de material	1) Rodamientos 2) Descansos	Re engrasar	Mensual
Medir temperaturas			Diario

Tabla 3-49. Frecuencia de mantenimiento de elevadores.

Fuente: Elaboración propia. Frecuencia asignada de acuerdo a las mantenciones y tareas más frecuentes.

3.6.5. Tanques revolvedores

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCION			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Sistema de transmisión			
Inspeccionar ausencia de fugas de aceite y agua	1. Reductor 2. Intercambiador de calor 3. Bomba de aceite	Re engrasar rodamientos si se requiere	Diario
Medir temperaturas de trabajo	1) Reductor 2) bomba de aceite 3) rodamientos del revolvedor		Diario
Inspeccionar nivel de aceite	Reductor		Trimestral
Limpieza de filtros de aceites	Reductor	Inspeccionar partículas metálicas en el aceite	Trimestral
Cambiar aceite Lubricador	Reductor	Según inspección	Semestral

Enfriador de aceite			
Limpieza de intercambiadores	Intercambiadores de calor		Semestral
Eje y Aspas			
Verificar estado de apriete de los pernos	Pernos de anclaje	Inspeccionar fisuras	Mensual
Limpieza de aspas			Mensual
Verificar ausencia de daños o fatiga de material en acople	Pasadores internos mecánicos		Mensual

Tabla 3-50. Frecuencia de mantenimiento de tanques revoledor.

Fuente: Elaboración propia. Frecuencia asignada según las mantenciones realizadas a la fecha.

3.6.6. Ciclones

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCION			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Reductor			
Medir temperatura	Reductor	Medir temperatura	Diario
Inspeccionar ruidos anómalos internos	Reductor		Diario
Verificar nivel de aceite	Aceite	1) Inspección desgaste del aceite 2) inspeccionar presencia de partículas metálicas	Cuatrimestral
Cambiar aceite	Reductor		Semestral
Válvula rotatoria			
Inspeccionar fatiga de material	Válvula rotatoria		Semestral
Medir temperaturas	Descansos	Medir temperaturas	Diario
Re engrasar	Descansos		Mensual

Tabla 3-51. Frecuencia de mantenimiento elevadores.

Fuente: Elaboración propia. Frecuencia asignada de acuerdo a las tareas de mantenimiento más comunes al equipo.

3.6.7. Ventilador

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Rodamientos			
Medir temperaturas	Descansos		Diario
Re engrasar	Descansos	Según frecuencia	Mensual
Ventilador			
Inspeccionar fugas de material.	Carcasa ventilador	En caso de fuga programar reparación	Diario
Inspeccionar ruidos anómalos	ventilador		Diario
Inspeccionar desbalanceo (exceso de vibraciones)			Diario
Inspeccionar daños o fisuras estructural en las aspas	Ventilador	Reparar si es necesario. O programar reparación	Trimestral
Transmisión			
Comprobar tensiones	Correas trapezoidales	Tensar si se requiere	Trimestral
Verificar ausencia de fatiga de material.	Correas trapezoidales	Cambiar si se requiere	Trimestral
Cambio de correas			Semestral

Tabla 3-52. Frecuencia de mantenimiento de ventiladores.

Fuente: Elaboración propia. Frecuencia asignada según las tareas de mantención más frecuentes.

3.6.8. Molinos

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Rodamientos			
Medir temperaturas	Descansos		Diario
Inspeccionar ruidos extraños o exceso de vibraciones	Descansos	En caso de anomalías programar intervención	Diario
Malla			

Inspeccionar ausencia de daños o fatiga material.	Malla	Cambiar si se requiere	Semanal
Martillos			
Inspeccionar desgaste	Martillos	.	Semanal
Inspeccionar desbalanceo	Conjunto molino		Semanal
Inspeccionar desgaste o fatiga de materiales.	Pasadores		Semanal
Cambio o giro de martillos			Semestral
Transmisión			
Inspeccionar y verificar tensión de correas	Correas trapezoidales	Tensar si requiere	Bimensual
Cambio de correas	Correas		Semestral
Verificar alineamiento	Poleas		Bimensual
Motor			
Inspeccionar ruidos internos anómalos	Rodamientos		Diario

Tabla 3-53. Frecuencia de mantenimiento martillos

Fuente: Elaboración propia. Frecuencia asignada según mantenciones realizadas.

3.6.9. Cintas transportadoras

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN			
Mantenciones preventivas	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Motorreductor			
Medir temperaturas	Reductor		Diario
Inspeccionar fugas de aceite	Reten		Diario
Inspeccionar ruidos internos anómalos	Motorreductor		Diario
Inspeccionar nivel de aceite	Tapón de nivel	Rellenar si requiere	Mensual
Inspeccionar estado y desgaste del aceite	Reductor	Inspeccionar partículas metálicas en el aceite	Mensual
Cambio de aceite	Reductor	Cambiar reten si se requiere	Semestral
Limpieza de contactos	Motor	Reapriete de conexiones	Trimestral

Prueba de consumo	Motor		Anual
Rodamientos			
Medir temperaturas	Descanso		Diario
Inspeccionar posibles daños estructural	Descanso		Diario
Transmisión			
Inspeccionar y verificar condición optima	Cadena y piñones	Verificar ausencia de fisuras	Mensual
Cinta			
Inspeccionar y verificar que no presente daños severos	Cinta		Mensual
Inspeccionar daños estructurales	Rodetes		Mensual

Tabla 3-54. Frecuencia de mantenimiento de cintas transportadoras.

Fuente: Elaboración propia. Frecuencias asignadas según mantenciones realizadas a la fecha.

3.6.10. Harnero

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Transmisión			
Medir temperaturas	1) Descansos	Inspección fatiga material en descansos.	Diaria
Re lubricación	Descansos		Mensual
Inspeccionar ruidos anómalos	Rodamientos		Diaria
Inspeccionar y verificar tensado	Correas trapezoidales	Tensar si requiere	Bimensual
Inspeccionar daños en materiales	Correas trapezoidales	Cambiar si se requiere	Bimensual
Cambio de correas			Semestral
Medir consumo de corriente	Motor		Semestral
Limpieza de contacto	Motor	Reapriete de conexiones	semestral
Estructura			

Inspección fatiga de material.	Espirales	Cambiar si es necesario	Bimensual
Inspeccionar y verificar que las mallas no estén rotas	Malla		Mensual

Tabla 3-55. Frecuencia de mantenimiento a harnero.

Fuente: Elaboración propia. Frecuencia asignada según mantenciones realizadas.

3.6.11. Enfriador

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Celosías			
Inspeccionar ausencia de daños o fatiga de material en celosías y chavetas	1. Celosías 2. Bielas de accionamiento		Mensual
Verificar acople de bielas de accionamiento	Bielas de accionamientos		Diaria
Descansos			
Inspeccionar posibles fatigas de material	Descansos de celosías		Diaria
Re lubricar	Descansos		Trimestral
Sistema neumático			
Inspeccionar correcto funcionamiento de cilindro neumático	1) cilindro 2) compresor 3) válvula solenoide	Verificar ausencia de fugas	Diario
Limpieza de filtro de aire	RFL		Semestral
Sensor inductivo			
Inspeccionar carrera adecuada de bielas de accionamiento	Sensor inductivo	Inspeccionar distancia de sensor con biela de accionamiento	Semestral

Tabla 3-56. Frecuencia de mantenimiento del enfriador

Fuente: Elaboración propia. De acuerdo a tareas e inspecciones realizadas en el equipo.

3.6.12. Filtro de mangas

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCION			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Filtro de mangas			
Limpieza	Filtros	Limpiar con aire	Semanal
Inspeccionar fatiga material		Cambiar filtro si es necesario	Semanal
Tornillos			
Medir temperaturas de trabajo	Descansos		Diario
Inspeccionar posibles fatigas de material	Descansos		Diario
Motorreductores			
Medir temperaturas de trabajo	Reductor		Diaria
Inspeccionar posibles fugas de aceite	reten		Diaria
Inspeccionar y verificar nivel de aceite	reductor	Rellenar si requiere	Trimestral
Inspeccionar desgaste de aceite		Inspeccionar presencia de partículas metálicas	Trimestral
Cambio de aceite	Reductor		Semestral
Inspeccionar consumo de corriente	Motor		Semestral
Limpieza de contactos	Motor	Reapriete de conexiones	Trimestral
Válvula rotatoria			
Inspeccionar posibles daños o fatigas de material	1) descansos 2) válvula rotatoria		Semestral
Re lubricar	Descansos		Mensual
Transmisión			
Inspeccionar posibles daños o fatiga de material	1) Cadena 2) Piñones		Trimestral

Tabla 3-57. Frecuencia de mantenimiento de filtros de mangas

Fuente: Elaboración propia. Frecuencia asignada según las tareas realizadas al equipo durante un año.

3.6.13. Embolsadora PKT

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCION			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Sistema neumático			
Inspeccionar y verificar presión de trabajo	Manómetro	Inspeccionar fugas	Diario
Inspeccionar posibles fugas en sistema	1) Acoples 2) Válvulas 3) cañerías y flexibles		Diario
Sistema hidráulico			
Inspeccionar salida de presión en la bomba	Planta hidráulica		Diaria
Inspeccionar posibles fugas de aceite	1) flexibles 2) acoples 3) cilindros		Diaria
Inspeccionar nivel y estado de aceite	Depósito de aceite	Rellenar si es necesario	Mensual
Cambiar aceite	Depósito de aceite		Anual
Reemplazar filtro	Filtro de retorno	Según indicador de suciedad	Semestral
Cinta alimentadora de pellet			
Inspeccionar estado de Guarderas laterales	Guarderas de cinta		Trimestral
Inspeccionar daños y fatigas de material.	Cinta alimentadora		Trimestral
Inspeccionar estado de rodamientos	Descansos		Trimestral
Re lubricar	Rodamientos		Trimestral

Tabla 3-58. Frecuencia de mantenimiento de embolsadora.

Fuente: Elaboración propia. Según las tareas realizadas por personal de mantención al equipo.

3.6.14. Módulo de paletizado

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Tornamesa			
Inspeccionar ausencia de daños o fatiga de material	1. Rodillos 2. Cadena 3. Piñón conducido	Cambiar si es necesario	Mensual
Inspeccionar tensado de cadena		Tensar si se requiere	Trimensual
Inspeccionar ausencia de ruidos internos anómalos	Rodamientos de motor	.	Trimestral
Inspeccionar daños o fatiga de material	1) Eje reductor 2) Piñón conductor		Trimestral
Comprobar consumo corriente	Motor	Prueba en vacío	Semestral
Limpieza de contactos	Motor	Reapriete de conexiones	Semestral
Reductor			
Medir temperaturas de trabajo			Diario
Inspeccionar fugas de aceite	Reten Reductor		Diario
Inspeccionar nivel de aceite	Reductor	Rellenar si es necesario	Trimestral
Inspeccionar desgaste del aceite	Reductor	Revisar viscosidad	Trimestral
Cambio de aceite			Semestral
Enrolladora de papel film			
Inspeccionar tensado de cadena	1) Piñón conductor y conducido 2) Cadenas	Tensar si es necesario	Trimestral
Inspeccionar daños o fatiga material	Cadenas y piñones	Cambiar si requiere	Trimestral
Comprobar consumo de corriente	Motor	Prueba en vacío	Semestral
Inspeccionar ausencia de ruidos anómalos	Rodamientos internos motor		Semestral
Limpieza de contactos	Motor	Reapriete de conexiones	Semestral

Tabla 3-59. Frecuencia de mantenimiento de módulos de paletizado.

Fuente: Elaboración propia. Según tareas realizadas de mantención e inspección al equipo.

3.6.15. Extractor de vapor

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Ductos extractores			
Limpieza de ductos	Ductos		Semanal
Ventilador			
Inspeccionar posibles daños y fatigas de material	Ventilador		Semestral
Probar consumo de corriente	Motor	Prueba en vacío	Semestral
Limpieza de contactos y bornes.	Motor	Reapriete conexiones de	Trimestral
Inspeccionar y verificar ausencia de ruidos anómalos.	Rodamientos de motor		Trimestral
Válvula rotatoria			
Inspeccionar daños o fatiga de material.	Válvula rotatoria		Semestral
Inspeccionar estado de descansos		Cambiar si es necesario	Semestral
Re lubricar	Descansos		Bimensual
Limpieza de válvula rotatoria			Semestral
Reductor			
Verificar ausencia de fugas	Reductor		Diario
Verificar nivel de aceite			Trimestral
Inspeccionar desgaste del aceite		Revisar viscosidad y presencia de partículas metálicas en el aceite.	Trimestral
Inspeccionar ruidos internos anómalos	Reductor		Diario
Cambio de aceite			Anual

Tabla 3-60. Frecuencia de mantenimiento de extractor de vapores.

Fuente: Elaboración propia. Según tareas de mantenimiento e inspección realizadas comúnmente al equipo.

3.6.16. Recuperadora de finos

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Ventilador			
Medir temperaturas de trabajo	Descansos y rodamientos	Medir temperaturas de trabajo	Diario
Inspeccionar posible fatiga de material	Descansos		Trimestral
Re lubricar	Descansos		Mensual
Inspeccionar daños y desgaste de material base	Aspas ventilador		Semestral
Correas trapezoidales			
Inspeccionar y verificar tensado		Tensar si requiere	Trimestral
Inspeccionar desgastes de correas		Cambiar si requiere	Trimestral
Cambio de correas			Semestral
Válvula rotatoria			
Inspeccionar estado estructural de válvula rotatoria	Válvula rotatoria	Verificar que gire libremente	Semestral
Reductor			
Medir temperatura de trabajo	Reductor		Diario
Inspeccionar fugas de aceite	Reten		
Inspeccionar nivel de aceite		Rellenar si requiere	Trimestral
Inspeccionar desgaste del aceite		1) Revisar viscosidad 2) Revisar partículas metálicas	Trimestral
Inspeccionar ruidos internos			Mensual
Motor			
Comprobar consumo de corriente		Prueba en vacío	Anual
Limpieza de contactos y bornes		Reapretar conexiones	Trimestral
Inspeccionar ruidos extraños internos.	Rodamientos		Mensual

Tabla 3-61. Frecuencia de mantenimiento de recuperadora de finos.

Fuente: Elaboración propia. Frecuencia asignada según las mantenciones e inspecciones más comunes realizadas al equipo.

3.3.17. Equipos pesados

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Grúa horquilla – cargador			
Re lubricar	1) Articulaciones 2) Cadena elevadora		Mensual
Inspeccionar fatigas de material	1) Descansos 2) porta horquillas		Mensual
Inspeccionar nivel del aceite	Deposito aceite		Diario
hidráulico sistema de levante			
Verificar ausencia de fugas	Flexibles, conectores, retenes de cilindros		Diario
Verificar carga de batería			Semanal
Inspeccionar ausencia de sulfatación en bornes	Bornes batería	apriete de bornes	Semanal
Inspeccionar nivel de líquido refrigerante	1) Radiador 2) deposito	Inspeccionar posibles fugas	Diario
Inspeccionar nivel del líquido de frenos	Deposito líquido de frenos		Diaria
Inspeccionar nivel y estado del aceite motor	Nivel de aceite	Rellenar si es necesario	Diaria
Inspeccionar nivel de aceite transmisión	Depósito de líquido de transmisión		Diaria
Inspeccionar nivel del aceite hidráulico de dirección	Deposito (visor)		Diario
Inspeccionar estado del filtro	Filtro de aire	Limpiar si es necesario	Diario
Comprobar tensado Correas de accesorios	Correa	Inspeccionar estado o fatiga material.	Semanal
Re lubricar	Articulaciones, central, pivotes		Semanal
Revisar acumulación de agua	Vaso prefiltros de combustible	Drenar si es necesario	Semanal

Tabla 3-62. Frecuencia de mantención e inspección de equipos pesados.

Fuente: Elaboración propia. Segú inspecciones realizadas a los equipos.

Nota: Las inspecciones realizadas a equipos pesados están a cargo del personal que opera el equipo. y se debe realizar al inicio de cada turno, antes de operar la máquina.

3.6.18. Equipos auxiliares

- Generador

LISTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Maquina			
Inspeccionar que el equipo no presente exceso de vibraciones.	Pernos	Re ajuste de pernos	Mensual
Revisar que no se presente fugas de aceite y agua.	Flexibles y juntas		Diaria
Inspeccionar nivel de aceite	Deposito		Mensual
Cambiar aceite			Semestral
Inspección daños o filtración en radiador	Radiador		Semanal
Limpiar celdas para mantener la buena ventilación			Semanal
Inspeccionar nivel liquido refrigerante	Deposito o radiador		Semanal
Grupo electrógeno			
Comprobar carga batería	Bornes batería		Diaria
Inspeccionar posible sulfatación en bornes			Semanal
Limpieza con aire comprimido	Relés y contactores	Verificar los pares de apriete	Semanal
Inspeccionar estado saturación de filtro	Filtros de aire	(limpiar si es necesario)	Semanal
Cambiar filtro de aire			Semestral
Comprobar tensado	Correas trapezoidales	Tensa si se requiere	Quincenal
Inspeccionar daños o desgastes	Correas trapezoidales		Mensual
Cambiar Filtro primario, separador de agua-combustible	Filtro separador		Anual

Semestral	Filtro separador	Cambiar	Anual
Cambar filtro de combustible secundario			Semestral
Cambiar filtro aceite de motor			Semestral
Inspeccionar obstrucción en filtro de cebador.	Filtro cebador	Limpiar si es necesario.	Semanal

Tabla 3-63. Frecuencia de mantenimiento de generador.

Fuente: Elaboración propia. Según las inspecciones y mantenciones realizadas al equipo.

- Compresor

LISTA DEMANTENIMIENTO E INSPECCIÓN			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Aceite hidráulico			
Inspeccionar nivel de aceite	Visor deposito		Bimensual
Cambiar aceite			Semestral
Cambiar filtro aceite			Semestral
Cambiar filtro separador aire- aceite			Semestral
Radiador			
Limpiar celdas para mantener la buena ventilación			Semanal
Inspección fugas de aceite			
Filtros de aire			
Inspeccionar estado de saturación	Filtro de aire	Limpiar si es necesario	Semanal
Cambiar filtro			Anual

Tabla 3-64. Frecuencia de mantenimiento de compresor.

Fuente: Elaboración propia. Según inspecciones y mantenciones realizadas al equipo.

- Red de incendio y red de agua

LISTA DE MANTENIMEINTO E INSPECCIÓN			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Motobomba			
Inspeccionar y verificar carga de batería	Batería	Inspeccionar apriete de bornes Inspeccionar sulfatación en bornes	Diario
Realizar prueba de funcionamiento			Diario
Aceite			
Inspeccionar nivel de aceite	Deposito	(rellenar si es necesario)	Mensual
Cambiar aceite			Anual
Inspeccionar estado de saturación	Filtro de aire	(Limpiar si es necesario)	Mensual
Tubería			
Inspeccionar que no presenten fugas y deterioros	Conectores, llaves de paso y uniones		Mensual
Realizar prueba de funcionamiento de red			Semanal

Tabla 3-65. Frecuencia de mantenimiento a red de agua.

Fuente: Elaboración propia. Según las tareas realizadas comúnmente a la red de incendio.

3.6.19. Tornillos

LISTA DE MANTENIMEINTO E INSPECCIÓN			
Mantenimiento preventivo	Punto de control	Notas para el mantenimiento	Frecuencia
Motorreductor			
Medir temperatura de funcionamiento	Reductor		Diario
Inspeccionar si hay fugas y ruidos internos anómalos			Diario
Inspeccionar nivel de aceite		Rellenar si es necesario	Bimensual
Inspeccionar estado del aceite		Inspeccionar partículas metálicas en el aceite	Bimensual
Cambiar aceite			Semestral
Transmisión			
Inspeccionar tensado de cadena	Cadena	Tensar si se requiere	Bimensual
Verificar ausencia de fatiga material	1. Piñón conductor y conducido 2. Cadena	Inspeccionar desgastes en dientes de piñones	Bimensual
Descansos y rodamientos			
Medir temperaturas de trabajo	Descansos		Diario
Inspeccionar si existen daños o fisuras		Inspección sensorial o visual	Diario
Re lubricar			Mensual
Tornillos sin fin			
Inspeccionar existencia de ruidos internos anómalos	Cuerpo o asiento	(fricción o roce de metales)	Diario
Inspeccionar aspas, verificar que no estén dobladas.		Inspeccionar uniones y soldaduras.	Semestral

Tabla 3-66. Frecuencia de mantenimiento de tornillos.

Fuente: Elaboración propia. Frecuencias asignadas según las inspecciones y mantenciones más comunes realizadas.

3.5. ASIGNACIÓN DE RECURSOS

3.5.1. Personal

Como la empresa mantiene un sistema de trabajo por turno 4x4 para el personal de mantención. Y de acuerdo a la cantidad de técnicos mantenedores necesario para ejecutar el plan estratégico, estos se dividen en 2 técnicos mecánicos por turno. El líder mecánico mantiene un sistema de trabajo de lunes a viernes. Lo que le permite trabajar con los dos turnos de mantenedores.

Quedando el grupo de trabajo de la siguiente manera

Turno	Total, mecánicos	Sistema turno	Horario	Horas trabajadas
A	2	4x4	8:00 AM - 20:00 PM	12
B	2	4x4	8:00 AM - 20:00PM	12
C	1	5X2	8:00 AM – 18:00 PM	9

Tabla 3-67. Personal asignado por tumos.

Fuente: Autoría propia. Según personal necesario por turno para ejecutar el plan de mantención.

3.5.2. Herramientas

Las herramientas descritas a continuación, fueron levantadas desde el taller, por ende, todas las herramientas descritas en la siguiente tabla corresponden a herramientas utilizadas para desarrollar los diferentes tipos de trabajos de mantención.

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Juego de llaves punta corona 14 piezas medidas 10-32 mm	3
2	Llave punta corona 34 mm	2
3	Llave punta corona 36 mm	2
4	Llave punta corona 38 mm	2
5	Llave punta corona 42 mm	2
6	Llave punta corona 48 mm	2
7	Set llave Allen cabeza hexagonal, punta esférica, de 13 piezas medidas 1,5 a 10 mm	2
8	Set llave estrella 9 unidades T10 – T50	2
9	Llave Allen 12 mm	2
10	Llave Allen 14 mm	2
11	Llave Allen 17 mm	2
13	Llave Allen 19 mm	2
14	Llave ajustable 12”	2
15	Llave Stillson 12”	2
16	Llave Stillson 18”	2

17	Juego de dados cuadrante ½ 24 piezas de 10 - 32 mm	2
18	Dado cuadrante ¾ de 32 mm	1
19	Dado cuadrante ¾ de 34 mm	1
20	Dado cuadrante ¾ de 36 mm	1
21	Dado cuadrante ¾ de 48 mm	1
22	Martillo acero 4 lb	1
23	Martillo de goma	1
24	Flexómetro de 5 m	2
25	Reloj comparador 0-10 mm	1
26	Pie de metro 150 mm con precisión 0,05 mm	1
27	Pie de metro 300 mm con precisión 0,05 mm	1
28	nivel de burbuja magnético	2
29	Escuadra mecánica de talón 12”	1
30	Juego de brocas para metal de 4 mm – 16 mm	1
31	Set de atornilladores punta cruz	1
32	Set de atornilladores punta paleta	1
33	Set de alicates extractores seguro Seeger	1
34	Alicate de punta	2
35	Alicate universal	2
36	Pistola calafatera	1
38	Esmeril angular de 4”	1
39	Máquina soldadora de arco manual	1
40	Termofusora de 20 mm- 30 mm	1
41	Tornillo de banco 8”	1
42	Prensa hidráulica	1
43	Esmeril eléctrico de banco 6”	1
44	Careta de soldar	1
45	Set de lima fina 5 unidades	1
46	Set de lima desbaste 5 unidades	1
47	Set de macho y terraja M6 -M24	1
48	Kit extractor de tornillos de 27 piezas	1
49	Extractor de rodamientos ajustable de 6 pulgadas	1
50	Pirómetro de laser infrarrojo	1
51	Llave de filtro de aceite	1
52	Llave de torque de 200 - 800 NM cuadrante de 1”	1
53	Llave de torque de 70 -350 NM cuadrante de ½	1
54	Alicate caimán de 10”	2
55	Taladro atornillador inalámbrico ½ 20 (V)	1
56	Bomba lubricadora neumática manual de punto único	1
57	Grasera manual 500 (g)	2
58	Kit porta power hidráulico manual de 10 (t)	1
59	Escobilla de acero	2
60	Eslingas de izaje sintéticas de 1 (m)	2
61	Eslingas sintéticas de 1,5 (m)	2
62	Eslingas sintéticas de 2 (m)	2
63	Tecle de cadena 3 (t)	1
64	cáncamos M8	2
65	cáncamos M10	2
66	Cáncamo M20	2
67	Grilletes de ½ pulgada	2
68	Grilletes de ¾ pulgada	2

Tabla 3-68. Listado de herramientas.

Fuente: Autoría propia. Información levantada desde taller mecánico.

CAPITULO 4: EVALUACIÓN ECONOMICA

4. EVALUACIÓN ECONOMICA

La evaluación económica es una herramienta esencial que permite estimar los costos y beneficios asociados de cualquier tipo de proyecto, este proceso permite analizar la viabilidad financiera del proyecto en el tiempo, permitiendo a su vez facilitar la toma de decisiones sobre asignaciones de recursos, de la manera más optima posible, con el fin de poder asegurar que el proyecto se realice dentro un marco de seguridad económica, asegurando que se genere el mayor beneficio posible.

4.1. Costos de implementación

Los costos asociados a la implementación, esta referido al gasto total de dinero necesario, que involucra la puesta en marcha de un proyecto o la implementación de un sistema. En el cual puede abarcar, desde mano de obra, materiales, equipos, etc.

El calcular costos de implementación ayuda a planificar, monitorear y controlar el presupuesto del proyecto. Así también como poder identificar y prevenir riesgos potenciales. Entre las razones que destacan por que es importante el cálculo de costos de implementación, están:

1. Asegura la viabilidad y sostenibilidad del proyecto: Ayuda a determinar si el proyecto es realista y realizable, con los fondos y plazos predispuesto.
2. Mejora la calidad y eficiencia del proyecto: Ayudada a optimizar los recursos, y evitar desperdicios y posibles duplicaciones en gastos. También permite medir el desempeño y progreso del proyecto. Pudiendo además permitir al equipo identificar y corregir cualquier desviación que pueda afectar la calidad.
3. Aumenta la responsabilidad y transparencia del proyecto: Ayuda a registrar y justificar gastos y asignaciones de recursos.

4.2. Costos asociados a la implementación del proyecto

A continuación, se presentan tablas con los diversos costos asociados a la implementación del plan de mantenimiento preventivo. Los costos descritos están referidos a una recopilación de datos actuales, sobre los valores en el mercado de los diversos insumos, repuestos, y del personal de mano de obra.

4.2.1. Consumibles y repuestos más utilizados en equipos

En la siguiente tabla se conoce todos los insumos y consumibles que se necesitan para realizar los diferentes tipos de trabajos de mantención. Las cantidades de repuestos y e insumos especificados a continuación, están determinados de acuerdo a la propuesta de plan de mantención.

En primera instancia se encuentran todos los insumos que deben existir si o si en la planta, para la ejecución de los trabajos.

Insumos variables						
Ítem	Descripción	Cantidad anual con Mant. correctivo	Cantidad anual con plan Mant. Preventivo	Costo (u)	Costo total con Mant. correctivo	Costo total con plan Mant. preventivo
1	Rollos de papel	96 (u)	72 (u)	\$7.590	\$364.320	\$273.240
2	Desengrasante (	300 (L)	144 (L)	\$5.060	\$1.518.000	\$728.640
3	Caja guantes de látex	100 (u)	48 (u)	\$4.557	\$455.700	\$218.736
4	Electrodo 7018 3/32	50 (Kg)	24 (Kg)	\$7.441	\$372.050	\$178.584
5	Electrodo 6011 3/32	50 (Kg)	24 (Kg)	\$4.961	\$248.000	\$119.064
6	Grasa para rodamientos de planta XHP 222, NGLI 2		64 (Kg)	\$126.990		\$507.960
7	Aceite para reductores de planta, tipo MOBIL GEAR SHC X M P 320, TAMBOR 208 (L)	3 (u)	2 (u)	\$4.477.018	\$13.431.054	\$8.954.036
8	Caja Discos de corte 4” ½	15 (u)	10 (u)	\$12.990	\$194.850	\$129.990
9	Caja Discos de desbaste 4” 1/2	3 (u)	3 (u)	\$14.990	\$29.980	\$29.980
10	Cartucho gas butano	40 (u)	24 (u)	\$2.290	\$91.600	\$54.960
11	Grasa G. BESLUX SULPLEX H-2 PLUS, TB 185 KG	8	4 (u)	\$2.020.481	\$16.163.848	\$8.081.924
COSTO TOTAL					\$32.879.752	\$19.277.114

Tabla 4-1. Costo total de insumos para trabajos de mantención.

Fuente: Autoría propia. Basado en el programa de mantención del equipo.

En las tablas siguientes se muestran los repuestos más utilizados en las prensas y otros equipos que generan un costo considerable en mantenimiento. Se determinan y ajustan también las cantidades totales necesarias que predispone el plan de mantenimiento preventivo en el plazo de un año para los equipos de prensas. El ajuste de repuestos a utilizar en el plan de mantenimiento se determina según las frecuencias de cambio de repuestos determinadas en el programa de mantenimiento de los equipos.

Con respecto a las prensas que son los equipos con mayor gasto en mantenimiento. Se realiza una comparación de costos entre el año 2024 y el costo total en repuesto implementando el plan de mantenimiento preventivo.

Costos de repuestos en prensa Mabrik						
Nº	Descripción	Cantidad anual con Mant. Correctivo (2024)	Cantidad anual con plan Mant. preventivo	Costo unidad	Costo total con Mant. Correctivo (2024)	Costo total con plan Mant. preventivo
1	Rodamientos rodillos 32224	72 (u)	36 (u)	\$379.312	\$27.310.464	\$13.655.232
2	Camisas de rodillos	9 (u)	6 (u)	\$ 1.300.000	\$11.700.000	\$7.800.000
3	Matriz	3 (u)	2 (u)	\$6.800.000	\$20.400.000	\$13.600.000
4	Pernos para matriz cabeza hexagonal m24x130 (mm) grado 8.8	24 (u)	16 (u)	\$3.656	\$87.744	\$58.496
5	Correas XPB 2800	16 (u)	8 (u)	\$99.654	\$1.594.464	\$797.232
6	Correas SPCP 4750	22	11 (u)	\$206.523	\$4.543.506	\$2.271.753
7	Correas XPA2000 (	4	4 (u)	\$49.518	\$198.072	\$198.071
9	Reten de grasa de tipo anillo para tapas de rodillos	36	12 (u)	\$20.060	\$722.160	\$481.440
10	Rectificado de matriz	4	4	\$1.000.000	\$4.000.000	\$4.000.000
COSTO TOTAL MANTENCION AL AÑO					\$66.664.482	\$42.862.225

Tabla 4-2. Costo total anual de repuestos prensa Mabrik.

Fuente: Autoría propia. Basado en programa de mantención del equipo.

Repuestos prensa Kahl						
Nº	Descripción	Mant. Correctivo 2024	Plan de Mant. preventivo	Costo unidad	Costo total con Mant. Correctivo (2024)	Costo total con plan de Mant. preventivo
1	Rodamientos 32224	72	48	\$379.312	\$27.310.464	\$18.206.576
2	Camisas	8	4	\$1.480.000	\$11.840.000	\$4.440.000
3	Matriz	4	3	\$4.000.000	\$16.000.000	\$12.000.000
4	Reten TC 155 180 15	48	24	\$3.050	\$146.400	\$73.200
5	Flexible de grasa, 0.60 (m)	4	2	\$10.694	\$42.776	\$21.388
6	Flexible de aceite, 0.60 (m)	4	2	\$21.224	\$84.896	\$42.448
7	Acople rápido macho, cara plana ¼ NPT	4	2	\$39.673	\$158.692	\$79.546
8	Acople rápido hembra, cara plana ¼ NPT	4	2	1.614	\$6.456	\$3.228
9	Adaptador MP-04 MJ RECTO	4	2	1.250	\$5.000	\$3,750
10	Adaptador MJ-04 MJ RECTO	4	2	2.000	\$8.000	\$6.000
11	Filtro de aceite 15208/W1123	2	4	8.000	\$16.000	\$32.000
12	Filtro de aceite LF3624	2	2	\$8.990	\$17.980	\$17.980
13	Válvula solenoide, normal cerrada ½” NPT	2	2	\$66.046	\$132.092	\$132.092
14	Retenes, tuerca hidráulica	3	3	\$210.000	\$630.000	\$210.000
15	Correas B-150	28	28	\$8.350	\$233.600	\$233.600
16	Sensor PR18-8DN	2	2	\$22.000	\$44.000	\$44.000
17	Aceite HYDRA 68, 19 (L)	7	4	\$55.990	\$223.960	\$391.930
18	Aceite Carter SY 460, 208 (L)	2	1	\$929.990	\$1.859.980	\$929.990
COSTO TOTAL MANTENCIÓN AL AÑO					\$74.924.144	\$44.909.652

Tabla 4-3. Costo total anual de repuestos prensa Kahl.

Fuente: Autoría propia. Elaborado con antecedentes del programa de mantención del equipo.

Repuestos prensa Ylong						
Nº	Descripción	Mant. Correctivo 2024	Plan Mant. Preventivo	Costo unidad	Costo total con Mant. Correctivo (2024)	Costo total plan de Mant. preventivo
1	Rodamientos 33120	24	24	\$80.206	\$1.924.944	\$1.924.944
2	Retenes TC 115 140 12	24	24	\$3.990	\$47.880	\$47.880
3	Matriz	3	2	\$1.200.000	\$3.600.000	\$2.400.000
4	Camisas	12	8	\$300.000	3.600.000	\$2.400.000
5	Pernos hexagonales M8x25mm	96	96	\$890	\$85.440	\$85.440
6	Pernos Parker M8X20mm	96	96	\$690	66.240	\$66.240
6	Pernos Parker M20x120mm	16	16	\$30.092	\$30.092	\$30.092
6	Aceite MOBIL GEAR SHC XMP 320, 19 (L)	7	7	\$529.990	\$3.073.000	\$3.703.000
COSTO TOTAL MANTENCIÓN AL AÑO					\$12.427.596	\$10.657.596

Tabla 4-4. Costo total anual de repuestos prensa Ylong.

Fuente: Autoría propia. Elaborado con antecedentes del programa de mantención.

En el siguiente cuadro sobre costo de correas de transmisión, se puede apreciar una pequeña diferencia en el costo total de repuestos de correas. Las cantidades de correas de transmisión que ocupa el plan de mantenimiento, están cuantificadas entendiendo que se realizan dos cambios de correas al año.

Correas de transmisión						
Equipo	Tipo	Mant. Correctivo (2024)	Plan Mant. preventivo	Costo unidad	Costo total con Mant. correctivo	Costo total con plan Mant. Preventivo
Molino 1	C-118	18	12	\$22.500	\$405.000	\$360.000
Molino 2	C-110	24	12	\$17.000	\$408.000	\$204.000
Ventilador 1	B-106	12	12	\$17.264	\$207.168	\$207.168
Ventilador 2	C-122	8	8	\$12.605	\$100.840	\$100.840
Ventilador 3	B-76	6	6	\$9.050	\$54.300	\$54.300
Harnero	B-110	10	4	13.099	\$130.990	\$52.396
COSTO TOTAL CORREAS AL AÑO					\$1.306.298	\$978.536

Tabla 4-5. Costo total anual de correas de transmisión.

Fuentes: Autoría propia. Elaborado según los antecedentes del programa de mantención.

A continuación, se puede observar en la siguiente, los repuestos más utilizados en los equipos de molinos.

Repuestos molinos 1,2 y 3					
Nº	Descripción	Unidades por molino	Repuestos al año	Costo unidad	Costo total
1	Martillos acero AISI T1	60	180	\$23.000	\$4.140.000
2	Pasadores de acero 1045, medida 570x24 mm de diámetro	6	36	\$27.000	\$972.000
3	Tuercas para los pasadores M24x1,5 mm	12	72	\$4.490	\$323.280
4	Malla 10 mm de diámetro, y 6 mm de espesor, (molino 1 y 2).	1	6	\$250.000	\$1.500.000
5	Malla perforada de 6 mm de diámetro, para molino 3	2	8	\$180.000	\$1.440.000
COSTO TOTAL REPUESTOS MOLINOS					\$8.835.280

Tabla 4-6. Costo total anual de repuestos de molinos.

Fuente: Autoría propia. Elaborado según el programa y frecuencia de mantención de equipos.

La siguiente tabla muestra el costo que tendría todos los repuestos que ocupa el compresor, para su respectivo mantenimiento. Debido a que es el único compresor de la planta y su operación es parte vital para el funcionamiento de ciertos equipos como la embolsadora y las prensas, este equipo opera prácticamente las 24 horas del día, los 7 días a la semana, lo que provoca que sus repuestos tengan un desgaste más prematuro. Y como está calificado como un equipo critico de nivel A de acuerdo a la tabla de criticidad de equipos del proceso (tabla 3-9). Por este motivo la cantidad de sus repuestos esta cuantificado según el plan de mantenimiento, en que el equipo recibe mantención dos veces al año.

Repuestos de compresor					
Ítem	Descripción	Especificación	Costo unidad	Repuestos Anual	Costo total
1	Filtro de aceite	WD 962	\$ 22.540	2	\$45.080
2	Separador aire-aceite	LB 13 145/3	\$200.999	2	\$401.998
3	Correas de transmisión	A-65	5.060	2	\$10.120
4	Filtro de aire	C 14 200	34.990	2	\$69.980
5	Aceite lubricante 19 (L)	Corena S3 R 46	172.900	2	\$345.800
COSTO TOTAL REPUESTOS AL AÑO					\$872.978

Tabla 4-7. Costos totales anual en repuestos del compresor.

Fuente: Autoría propia. Elaborado según el programa y frecuencia de mantención.

4.2.2. Costo personal

El plan de mantenimiento preventivo propone el requerimiento de mayor personal al departamento de mantención. Estos profesionales son necesarios para fortalecer y ampliar la capacidad gestión y ejecución del mantenimiento. Por ende, el costo en personal con la implementación del plan de mantenimiento preventivo es mayor a diferencia del año 2024.

Personal					
Profesionales	Mant. Correctivo 2024	Plan Mant. preventivo	Sueldo mensual personal	Costo anual Mant. Correctivo	Costo anual Plan Mant. preventivo
Técnicos mecánicos	2	4	\$900.000	\$21.600.000	\$43.200.000
Líder mecánico	1	1	\$1.100.000	\$13.200.000	\$13.200.000
Jefe de mantención	1	1	\$1.600.000	\$19.200.000	\$19.200.000
Planificador	0	1	\$1.200.000	\$0	\$14.400.000
Encargado logístico	0	1	\$1.000.000	\$0	\$12.000.000
Costo total				\$54.000.000	\$102.000.000

Tabla 4-7. Costos totales anual de personal departamento de mantención mecánica.

Fuente: Autoría propia. Basado en el personal necesario que propone el plan de mantención preventivo, para la ejecución del mismo.

4.2.3. Costo total de implementación

El costo total que se refleja en la siguiente tabla es un valor aproximado, ya que el costo considera un presupuesto determinado de gastos en repuestos de los equipos que actualmente presentan un mayor consumo de recursos para la empresa. A esto se suma el costo total que tendría el departamento mecánico en cuestión de personal para la ejecución del plan de mantención.

Plan mantenimiento preventivo	Costo total
Costo personal	\$102.000.000
Costos repuestos	\$128.393.381.
Costo total anual	\$230.393.381

Tabla 4-8. Costo anual de implementación de plan de mantenimiento preventivo.

Fuente: Autoría propia. Elaborado con antecedentes de costos de insumos, repuestos y personal en el periodo de un año.

CONCLUSIÓN

En este proyecto se generó una propuesta de plan de mantenimiento mecánico de tipo preventivo, que permite beneficiar y solucionar a la organización los desafíos y falencias que está teniendo en la actualidad con la ejecución del mantenimiento de la planta, por aplicarse de forma correctiva.

El desarrollo de esta propuesta se crea como herramienta para enfrentar los nuevos desafíos que se ha impuesto la empresa para mejorar la disponibilidad de sus equipos, en el proceso productivo, la planificación de los trabajos de mantención, así también como ordenar y controlar los costos de mantención que se están produciendo en la actualidad, debido al poco control y uso incorrecto de los recursos de mantención.

La implementación de esta propuesta también logra corregir y establecer las bases de gestión del mantenimiento de la empresa, que de acuerdo al análisis realizado es uno de los factores más importantes que estaba afectando a la organización para desarrollar un buen plan de mantenimiento.

En fin, son múltiples los beneficios que tiene la implementación de una nueva estrategia de mantención en una empresa, mientras esta se realice de acorde a las necesidades y objetivos claros.

Por ende, esta propuesta satisface las necesidades de la organización a corto plazo ya que, logra dar un orden y control de las acciones a ejecutar en la mantención de los equipos. Ya que se implementan mecanismos y herramientas adecuadas que permiten trabajar en fortalecer y mejorar continuamente la mantención, hasta alcanzar una mejor proyección en la disponibilidad de los equipos, y en mantener por mayor tiempo la continuidad operativa del proceso.

Con la realización de este trabajo, se concluye mantener un buen control de la estrategia de mantención es sumamente importante dentro de una organización, ya que nos permite visualizar con claridad nuestras falencias y buscar soluciones oportunas que sean beneficiosas. Al contrario el desorden en la ejecución y la poca claridad en las prioridades generan situaciones indeseadas que estancan el desarrollo eficiente de cualquier trabajo. Provocando que se presenten situaciones de alerta, con un potencial riesgo a la seguridad de las personas y la continuidad operacional. Por esta razón para que un plan de mantenimiento sea ejecutado de forma correcta y eficiente, es importante que sea evaluado de forma continua para buscar una retroalimentación que permita ir mejorando el ciclo del mantenimiento y reduciendo los costos generados en torno a él.

RECOMENDACIONES

Entre las recomendaciones que se pueden dar a la empresa y al departamento de mantención para fortalecer la estrategia a emplear, e incorporar como mejora continua, esta:

- 1) Realizar capacitaciones técnicas al personal, para fortalecer conocimientos que puedan estar débiles, o entregar un nuevo conocimiento que permita al personal técnico estar más preparado, y actuar de manera más eficiente. Aparte que aumenta la moral y el valor del capital humano de la empresa, lo que ayuda a generar un ambiente laboral más consolidado.
- 2) Para mejorar la capacidad de gestión del mantenimiento, se recomienda fortalecer el uso de las tecnologías de la información y comunicación, implementando un software de mantenimiento. Ya que en la actualidad la empresa no cuenta con un sistema de monitoreo automatizado de la gestión del mantenimiento. La implementación de un software facilita y agiliza el seguimiento de la base de datos de una planta.
- 3) Realizar retroalimentación constante con el equipo, después de cada trabajo de mantención, esto permite construir una relación sólida y mantener al equipo alineado a los objetivos de la empresa.
- 4) Implementar nuevas herramientas e instrumentos que beneficien la ejecución técnica de los trabajos. Como, por ejemplo; un equipo calentador de inducción para el montaje de rodamientos. este equipo permitirá realizar un montaje de rodamientos más controlado y seguro.
- 5) La falta de estandarización de parámetros de operación de las prensas, es un factor clave que está alterando las frecuencias de mantención de las prensas, ya que se detecta que todos los turnos tienen libertad de acción en la operación de las máquinas, esto se traduce que cada turno escoge a que parámetro trabaja el equipo. Por las variaciones o cambios bruscos de trabajo, estos condicionan que los componentes internos sufran daños más prematuros. Por ende, se recomienda establecer una estandarización de los parámetros de operación de las prensas, estableciendo límites máximos y mínimos a los que se puede operar el equipo. Esto beneficiara la identificación de tiempos determinados de duración de los componentes internos de la prensa, como lo son rodillos, rodamientos y matriz. Que, de acuerdo al levantamiento de datos, son los repuestos que más costo generan en el mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

PCMANAGMET.ES. Manual del ingeniero de mantenimiento [en línea].
<https://www.pcmangement.es/editorial/management_sp/Manual%20ingeniero%20mantenimiento.pdf>.

NORMASISO.ORG Norma ISO 14224 [en línea]
< <https://normasiso.org/noma-iso-14224/>>.

NORMASISO.ORG ISO 55000:2014 (es) Gestión de activos – Aspectos generales, principios y terminología [en línea]
< <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:55000:ed-1:v2:es:term:3.2.1>>

EXPÓSITO, Adolfo CRESPO, Luis BARBERA, Fredy KRISTJANPOLLER, Raúl STEGMAIER, Pablo VIVEROS. Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo [en línea]. Ingeniare Revista Chilena de Ingeniería, 2013, 21 (1) <https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052013000100011> ISSN 0718-3305

EMAINT.COM Entender la planificación del mantenimiento: Una guía esencial para una gestión eficaz de los activos [en línea] 01/08/2024
<<https://www.emaint.com/es/blog-understanding-maintenance-planning/>>

Pinilla, Juan Carlos; Luengo, Karina; Lobo, Felipe; Navarrete, Mauricio y Navarrete, Felipe.

Normativas Aplicables a la Producción de Pellet en Chile. [en línea] Instituto Forestal, Chile. 2021, documento de Divulgación N° 59. P. 30
<<https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/31344/31344.pdf?sequence=1>>. ISBN N° 978 956 318 217 - 0 Digital

WIKIMEDIACOMMONS.ORG. Wikimedia commons, diagrama general causa [en línea]. <efecto. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diagrama-general-de-causa-efecto.svg>>.

BLOGGER.COM. Herramientas del mantenimiento [en línea].
<<https://herramientasdemtto.blogspot.com/>>.

