


FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA
RCM PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD
OPERATIVA DE MOLINOS GRANULADORES DE LA
EMPRESA SMI S.A.**

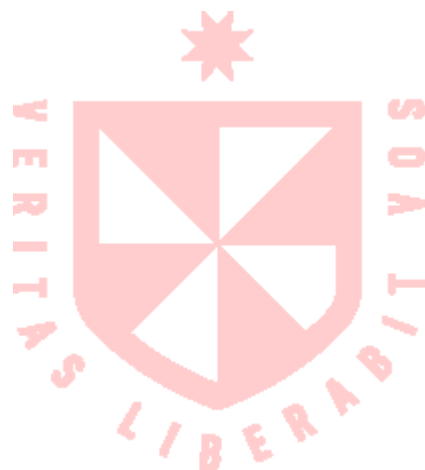


PRESENTADO POR
JHONN JOSE PEREZ CONTRERAS

ASESOR
GUILLERMO GUSTAVO BOCANGEL MARIN

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

LIMA, PERÚ
2025



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



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

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM
PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD OPERATIVA DE
MOLINOS GRANULADORES DE LA EMPRESA SMI S.A.**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

**PRESENTADO POR
PEREZ CONTRERAS, JHONN JOSE**

**ASESOR
ING. GUILLERMO AUGUSTO, BOCANGEL MARÍN
Código ORCID: 0000-0002-5431-9805**

LIMA – PERÚ

2025

DEDICATORIA

A mis padres, Rosalvina y José, por estar conmigo en cada paso que doy en la búsqueda de ser mejor persona y profesional. También se la dedico a mi abuela Flavia, desde el cielo eres esa luz que me daba fuerzas para continuar.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres que siempre me brindaron su apoyo incondicional para cumplir mis objetivos académicos y personales. Son ellos que con mucho cariño me impulsaron a salir adelante y nunca rendirme ante las adversidades.

Índice de contenidos

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Índice de ecuaciones	ix
Índice de anexos	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I. EXPERIENCIA PROFESIONAL	1
1.1. Trayectoria profesional	1
1.2. Empresa en la que se desarrolló el trabajo profesional	2
1.3. Contribución a la experiencia profesional	4
1.4. Reflexión crítica de la experiencia profesional	5
CAPÍTULO II. CONTEXTO DEL DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA	6
2.1. Aspectos principales de la organización	6
2.2. Proceso productivo	8
2.3. Modelo de negocio	12
2.3.1. Productos y clientes	15
2.4. San Miguel Industrias PET S.A.	16
2.5. Descripción del puesto desempeñado	16
2.6. Proyecto profesional realizado	16
2.6.1. Fase 1: Gestión del área	17
2.6.2. Fase 2: Programa de capacitaciones	17

2.6.3.	Fase 3: Análisis modal de fallas y efectos	17
2.6.4.	Fase 4: Metodología RCM	17
2.6.5.	Fase 5: Controles	18
CAPÍTULO III. APLICACIÓN PROFESIONAL		19
3.1.	Situación problemática	19
3.1.1.	Formulación del problema	29
3.1.2.	Objetivos	30
3.1.3.	Justificación e importancia	30
3.1.4.	Alcance y limitaciones	31
3.2.	Teoría sobre la metodología	32
3.2.1.	Antecedentes de la investigación	32
3.2.2.	Bases teóricas	37
3.3.	Diagnóstico inicial	48
3.3.1.	Variable independiente: Metodología RCM	49
3.3.2.	Variable dependiente: Disponibilidad Operativa	50
3.4.	Desarrollo de la mejora	53
3.4.1.	Planificación	53
3.4.2.	Hacer	58
3.4.3.	Verificar	77
3.4.4.	Actuar	85
CAPÍTULO IV. REFLEXIÓN CRÍTICA DE LA EXPERIENCIA		88
4.1.	Juicio de la realidad	88
4.2.	Necesidades que se atendieron	89
4.3.	Prestigio profesional que alcanzó por su desempeño	90
4.4.	Señalar indicadores obtenidos	91
4.4.1.	Variable independiente: Metodología RCM	91
4.4.2.	Variable dependiente: Disponibilidad Operativa	92
4.4.3.	Comparación de escenarios	96
4.5.	Descripción de la experiencia	98
4.6.	Descripción de las capacidades requeridas	99
CONCLUSIONES		104
RECOMENDACIONES		106
REFERENCIAS		108
ANEXOS		114

Índice de tablas

Tabla 1	Información de la empresa	6
Tabla 2	Impacto de causas sobre el problema	24
Tabla 3	Matriz de 5 porqués (5W)	28
Tabla 4	Clasificación del número de prioridad de riesgo	44
Tabla 5	Análisis de la metodología RCM previo	49
Tabla 6	Análisis de la disponibilidad previo	51
Tabla 7	Costos de implementación	54
Tabla 8	Resumen de gastos de implementación	54
Tabla 9	Flujo de caja	55
Tabla 10	Indicadores financieros	56
Tabla 11	Comparación de escenarios en el orden del área	62
Tabla 12	Detalle de fallas de equipo	67
Tabla 13	Detalle de fallas de equipo	68
Tabla 14	Análisis de la metodología RCM total	91
Tabla 15	Análisis de la disponibilidad posterior	93

Índice de figuras

Figura 1	Ubicación	7
Figura 2	Flujograma del proceso de producción del PET	9
Figura 3	Flujograma del proceso de lavado	10
Figura 4	Proceso de regeneración	11
Figura 5	Cadena de valor	12
Figura 6	Mapa de procesos	13
Figura 7	Organigrama de la empresa	14
Figura 8	Diagrama de Ishikawa	23
Figura 9	Diagrama de Pareto	25
Figura 10	Árbol de problemas	26
Figura 11	Pasos de la metodología RCM	38
Figura 12	Gestión del mantenimiento	42
Figura 13	Disposición del tiempo en los sistemas	46
Figura 14	Resumen de datos iniciales	48
Figura 15	Evolución de la metodología RCM previo	50
Figura 16	Evolución del MTBF previo (expresado en horas)	51
Figura 17	Evolución del MTTR previo (expresado en horas)	52
Figura 18	Evolución de la disponibilidad previo	52
Figura 19	Diagrama de Gantt	57
Figura 20	Programa de limpieza central	58
Figura 21	Elementos encontrados en la limpieza central	59
Figura 22	Formato de inventario para control básico de insumos	60
Figura 23	Formato de control de orden	61
Figura 24	Formato de registro de capacitación	63

Figura 25 Matriz de capacitaciones	64
Figura 26 Formato para la evaluación de la capacitación	65
Figura 27 Evidencia de las capacitaciones	66
Figura 28 Análisis de Pareto de fallas	68
Figura 29 Análisis del nivel de prioridad de riesgo (NPR)	69
Figura 30 Ficha AMEF	71
Figura 31 Evidencia de análisis de fallas en molinos granuladores	73
Figura 32 Ficha de solicitud de mantenimiento correctivo	74
Figura 33 Ficha de identificación de fallas de molino	75
Figura 34 Hoja de decisión RCM	76
Figura 35 Ficha para mantenimiento de molino	77
Figura 36 Informe de servicio técnico de mantenimiento RCM	78
Figura 37 Formato de mantenimiento correctivo	79
Figura 38 Planificación del mantenimiento preventivo según tipo de fallas	80
Figura 39 Evidencia de mantenimiento de molino	81
Figura 40 Análisis del nivel de prioridad de riesgo	82
Figura 41 Registro de auditorías	83
Figura 42 Cronograma de supervisiones	84
Figura 43 Solicitud de revisión del proceso operativo	86
Figura 44 Evidencia de supervisión del proceso	87
Figura 45 Evolución de la metodología RCM posterior	92
Figura 46 Evolución del MTBF global (expresado en horas)	94
Figura 47 Evolución del MTTR global (expresado en horas)	94
Figura 48 Evolución de la disponibilidad	95
Figura 49 Comparación de escenarios del MTBF	96
Figura 50 Comparación de escenarios del MTTR	97
Figura 51 <i>Comparación de escenarios de la disponibilidad</i>	97

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Cálculo de las tareas de mantenimiento (TM)	43
Ecuación 2 Cálculo de la confiabilidad del proceso (CP)	44
Ecuación 3 Cálculo del número de prioridad de riesgo (NPR)	44
Ecuación 4 Cálculo de la disponibilidad	45
Ecuación 5 Cálculo del tiempo entre fallas (MTBF)	47
Ecuación 6 Cálculo del tiempo medio para reparaciones (MTTR)	48

Índice de anexos

Anexo 1 Matriz de consistencia	115
Anexo 2 Matriz de Operacionalización	116
Anexo 3 Manual para las condiciones de lavado de molino	117
Anexo 4 Instrucciones de cinta transportadora GB 1000 AA 9000	118
Anexo 5 Protocolo de cambio de cuchillas de molino	119
Anexo 6 Manual de molino granulador RC WET	120
Anexo 7 Instructivo para el cambio de color en lavado	120
Anexo 8 Planificación de actividades de limpieza de planta mecánica	122
Anexo 9 Planificación de actividades de limpieza de planta de lavado	122
Anexo 10 Catalogo de afiladora para cuchillas MX 150	124
Anexo 11 Presentación de nuevo diagrama de reciclado - SMI	124
Anexo 12 Logros obtenidos con el equipo de reciclado - SMI	126
Anexo 13 Mantenimiento programado equipo extrusora.	127
Anexo 14 Afiladora de cuchillas para los molinos de granulación.	128
Anexo 15 Cuchillas para los molinos de granulación.	129

RESUMEN

La investigación se desarrolló con el objetivo de determinar en qué medida la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) incrementa la disponibilidad del molino en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, 2022; ello fue posible a través del análisis de sus dimensiones de tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio para reparaciones (MTTR). Se cuenta con una metodología de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo, de nivel explicativo y de diseño preexperimental.

El desarrollo de cambios se basó en la gestión del área de trabajo, la capacitación del personal, el análisis modal de fallas y efectos (AMEF), la implementación de los lineamientos del RCM y los controles para mantener las buenas prácticas. Los cambios muestran que la aplicación de la metodología RCM incrementa el MTBF en promedio de 44.6 a 131.73 horas; asimismo, el MTTR se reduce en promedio de 6.06 a 4.64 horas; a partir de estos datos la disponibilidad se incrementó de 87.8% a 95.4%. Además, se obtiene una rentabilidad económica con un VAN de S/ 77,328.01 soles y una TIR de 27.11%. Por lo tanto, se concluye que la implementación de la metodología RCM incrementa la disponibilidad operativa del molino.

Palabras clave: Disponibilidad, MTBF, MTTR, RCM, AMEF.

ABSTRACT

The research was conducted with the objective of determining to what extent the application of the Reliability-Centered Maintenance (RCM) methodology increases the availability of the mill at SMI S.A., located in Lima Metropolitana, 2022. This was achieved through the analysis of its mean time between failures (MTBF) and mean time to repair (MTTR) dimensions. The research follows an applied methodology with a quantitative approach, an explanatory level, and a pre-experimental design.

The development of improvements was based on managing the work area, training personnel, conducting a Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), implementing RCM guidelines, and establishing controls to maintain best practices. The results show that applying the RCM methodology increases the MTBF from an average of 44.6 to 131.73 hours; likewise, the MTTR is reduced from an average of 6.06 to 4.64 hours. Consequently, availability increased from 87.8% to 95.4%. Additionally, economic profitability was achieved with a Net Present Value (NPV) of S/ 77,328.01 and an Internal Rate of Return (IRR) of 27.11%. Therefore, it is concluded that implementing the RCM methodology increases the operational availability of the mill.

Palabras clave: Availabilty, MTBF, MTTR, RCM, FMEA.

PÉREZ CONTRERAS JHONN JOSÉ

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD OPERATIVA DE M...

 Universidad de San Martín de Porres

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::29427:420183933

Fecha de entrega
10 ene 2025, 12:36 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
10 ene 2025, 12:39 p.m. GMT-5

Nombre de archivo
TSP PEREZ CONTRERAS JHONN JOSE.pdf

Tamaño de archivo
4.4 MB

143 Páginas

27,364 Palabras

139,224 Caracteres



Biblioteca FIA

Luz María Iquira Guzmán
Bibliotecóloga




14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 13%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

INTRODUCCIÓN

La problemática de la disponibilidad de molinos granuladores refiere la importancia en el sector industrial dado que se requiere de un sistema de producción constante para satisfacer las demandas del mercado. En este sentido, dentro de la experiencia profesional se ha identificado una deficiencia respecto a la disponibilidad de molinos en San Miguel Industrias PET, específicamente en su planta de reciclaje. A partir de ello, la presente investigación tiene el objetivo de incrementar la disponibilidad mediante la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad, más conocida por sus siglas en inglés, RCM.

En el contexto histórico, tras la llegada de la revolución industrial, se empieza a introducir el uso de máquinas en la industria y para la extracción del hierro, lo cual da paso inevitablemente a las primeras fallas de ese entonces, frente a lo cual los mismos operadores de esas máquinas eran quienes se encargaban de reparar dichos incidentes, es decir, realizaban lo que hoy se conoce como mantenimiento correctivo. Con el pasar de los años, las máquinas empezaron a tener una fabricación más compleja, por lo cual fue necesario incluir talleres de mantenimiento que se encargaran de atender las averías. La metodología RCM surge para solucionar los problemas de molinos granuladores con alta complejidad, dado que plantean un sistema de gestión novedoso para elevar la confiabilidad y mejorar los indicadores de disponibilidad.

A inicios del siglo XX, las empresas se vieron obligadas a producir sin interrupciones, así como en la necesidad de realizar inspecciones a los aviones militares con el propósito de asegurar su durabilidad, razones por las cuales las empresas empiezan a adoptar medidas preventivas, lo cual posteriormente se consolidaría como el mantenimiento de tipo preventivo. En base a los beneficios que presenta la metodología RCM se plantea un cambio en las operaciones de mantenimiento de molino, por lo que se procede al estudio de sus componentes y la gestión de los procesos para la conservación de las condiciones, por lo que se procedió a la implementación de los lineamientos claves como hojas de decisión, análisis de modos de fallas y efectos y el mantenimiento, detalles que se relatan en la investigación.

La suficiencia profesional se basa en cuatro capítulos, en el primero se comenta sobre la trayectoria profesional del investigador en base a su experiencia como Ingeniero Industrial en compañías de gran importancia. En el segundo capítulo se menciona el contexto de la investigación, es decir, los aspectos principales de la organización, el proceso productivo, el modelo de negocio, entre otros aspectos. En el capítulo 3 se encuentra la aplicación de la experiencia profesional, donde se indica a detalle el desarrollo de la metodología y su impacto. Dentro del capítulo 4 se encuentran temas relacionados a la reflexión crítica de la experiencia para evaluar el escenario final en los indicadores de interés sobre la disponibilidad. Adicionalmente, se cuenta con una sección para las conclusiones y recomendaciones a fin resaltar los hallazgos y por último, se indican las fuentes de información y anexos complementarios.

CAPÍTULO I.

EXPERIENCIA PROFESIONAL

Este apartado ofrece una visión detallada del recorrido laboral y de las competencias adquiridas, dado que se destacan los logros clave, las responsabilidades asumidas y las habilidades desarrolladas en diferentes ámbitos laborales. Con ello, se pretende ilustrar cómo estas vivencias han moldeado la trayectoria del autor, subrayando la evolución y el impacto que cada etapa ha tenido en su desarrollo como profesional.

1.1. Trayectoria profesional

La trayectoria profesional abarca el desarrollo de habilidades, conocimientos y competencias durante su carrera laboral. Esto engloba todas las experiencias laborales, proyectos, responsabilidades y éxitos logrados en diferentes ámbitos laborales, como empleos remunerados, prácticas profesionales, voluntariado u otras actividades relacionadas con el trabajo. Asimismo, se describen las responsabilidades que se tuvo en las empresas en las que se laboró, destacando los logros que se alcanzaron en cada entidad. Sobre todo, la experiencia en la empresa, en donde se decidió optimizar sus procesos implementando el enfoque de RCM enfocado en los molinos de granulación, donde la finalidad fue incrementar la disponibilidad operativa de las máquinas. Por otro lado, asumir el cargo de la realización de esos proyectos, permitió fortalecer el liderazgo y comunicación efectiva.

1.2. Empresa en la que se desarrolló el trabajo profesional

La empresa Industria San Miguel PET (SMI) fue creada en Julio 2006 dedicada a la producción de envases PET a nivel nacional e internacional. SMI está presente en los sectores económicos del país del rubro de alimentos. En el 2022, mientras se desarrolló la suficiencia profesional, la planta de reciclado decide invertir en la optimización de sus procesos. Se presenta la participación en la solución de situaciones problemáticas que se tuvo cumpliendo la función de supervisor de turno en la empresa, a seguir se detalla el cargo desempeñado y funciones:

Responsabilidades.

- Supervisar todo el proceso productivo, desde ingreso de materia prima hasta producto terminado.
- Realizar seguimiento de equipos utilizados en la producción, y gestionar de manera inmediata con personal de mantenimiento de encontrarse algún desperfecto.
- Realizar la charla de 5 min antes de empezar la jornada laboral.
- Planear requerimientos de insumos, gestionando las reservas correspondientes manteniendo un trabajo continuo.
- Manejar indicadores de gestión y hacer el oportuno y adecuado seguimiento continuo del comportamiento de la producción.
- Encargado de reducir de tiempos en trabajos programados por mantenimiento.
- Manejar al personal y capacitar a los mismos en los puestos de trabajo, coordinando el desempeño de los colaboradores en ambas tareas a realizar.
- Realizar los horarios del personal operativo.
- Pasar horas trabajadas de los colaboradores, así como sus sobretiempos respectivos.
- Preparar informe de producción y temas relevantes ocurridos en el turno, informando a Gerencia de dichos indicadores.

Logros:

- a) Capacitación de personal:
 - Se logró la implementación de una cultura de SST.
 - Implementación de herramientas de forma correcta.
 - Implementación, desarrollo de la metodología TPM.
 - Reducción de sobrecostos laborales.
 - Creación y supervisión de procedimientos en el proceso.
- b) Bienestar Social:
 - Creación de un plan de motivación.
 - Control y monitorio de absentismos y elaboración de ratios.
 - Establecimiento de procedimientos en materias de Bienestar Social (Políticas de descansos médicos, etc.)
- c) Clima Laboral:
 - Creación del área de Clima Laboral.
 - Gestión y afianzamiento de cultura corporativa.
 - Actividades de clima laboral y dinámicas de integración.
- d) Operatividad:
 - Creación de DOP y DAP.
 - Implementación de metodología RCM
 - Elaboración de los KPI
 - Incremento de la disponibilidad.
 - Aplicación de DOE, en los productos.

1.3. Contribución a la experiencia profesional

La experiencia más significativa tuvo lugar durante el ejercicio de supervisor de turno de la empresa, donde el responsable del presente trabajo, estuvo a cargo del proyecto de RCM enfocado en los Molinos de granulación de la planta de Lavado. Al principio, el cargo exigía atender las tareas relacionadas con la gestión del mantenimiento; posteriormente, los requerimientos de la división evolucionaron al encargarse por primera vez del manejo operativo desde un enfoque de mantenibilidad, lo cual orientó los esfuerzos hacia el incremento de la disponibilidad operativa.

Las obligaciones incluían la reparación inmediata de equipos y maquinaria pesada a programaciones específicas por ficha técnica hasta brindar apoyo administrativo a las filiales en distintas actividades de mantenimiento. Se demandaba, asimismo, el control de costos y presupuestos para asignarlo en el presente y futuros periodo a los centros de costo respectivos. Asumir estas responsabilidades y alcanzar los objetivos en varios proyectos liderados durante el período en el cargo, le ofreció, al encargado del presente estudio, una oportunidad de aprendizaje en múltiples facetas de la gestión del mantenimiento. Ejercer como líder en mantenimiento y supervisar a un equipo fomentó el desarrollo de competencias como el trabajo colaborativo y la delegación de tareas técnicas y operativas. Todo esto hizo que la experiencia mencionada se transformara en el hito más relevante de la carrera hasta la fecha de elaboración de esta investigación, proporcionando nuevas competencias y desarrollando habilidades blandas como el liderazgo en equipo, comunicación asertiva y delegación eficiente de tareas y actividades.

1.4. Reflexión crítica de la experiencia profesional

Durante la experiencia profesional en la empresa SMI S.A., se encargó del diseño e implementación de la metodología RCM aplicada a los molinos granuladores. Este proceso permitió no solo mejorar significativamente la disponibilidad, sino también optimizar los recursos y reducir los costos asociados a fallos inesperados. A través de la aplicación del RCM, logró identificar los modos de falla críticos, diseñar estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo más eficientes, y mejorar la vida útil de los molinos y sus componentes. Esta experiencia fue fundamental para fortalecer sus competencias técnicas de gestión de mantenimiento industrial.

Además, esta implementación le permitió desarrollar habilidades estratégicas, liderazgo de equipos multidisciplinarios y la gestión del cambio organizacional. La metodología RCM requiere una comprensión profunda de los sistemas técnicos y la capacidad de integrar al equipo humano en los nuevos procesos, lo cual fue un reto crucial. La mejora en la disponibilidad operativa de los molinos resultó en un incremento de la productividad de la planta, lo que subraya la importancia de contar con una metodología robusta de mantenimiento. Esta experiencia le dejó un aprendizaje valioso sobre la relación entre el mantenimiento eficiente y la rentabilidad en entornos industriales complejos.

CAPÍTULO II.

CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLO LA EXPERIENCIA

Se proporcionará una visión general del contexto en el que se desarrollaron las experiencias profesionales. Se explicará la información sobre la empresa, el proceso productivo en el desarrollo de operaciones de reciclaje y el modelo de negocio del sector en la industria de empaques rígidos y reciclados. También, se describirá a detalle el puesto desempeñado y, por último, se detallará el proyecto de RCM, el cual se desarrolló en 5 fases: gestión del área, programa de capacitaciones, análisis moda de fallas y efectos, metodología RCM y controles.

2.1. Aspectos principales de la organización

La empresa en análisis es SMI S.A., dedicada al sector de la industria de empaques rígidos y reciclados y para mostrar una mayor información de la empresa se muestra la siguiente tabla:

Tabla 1

Información de la empresa

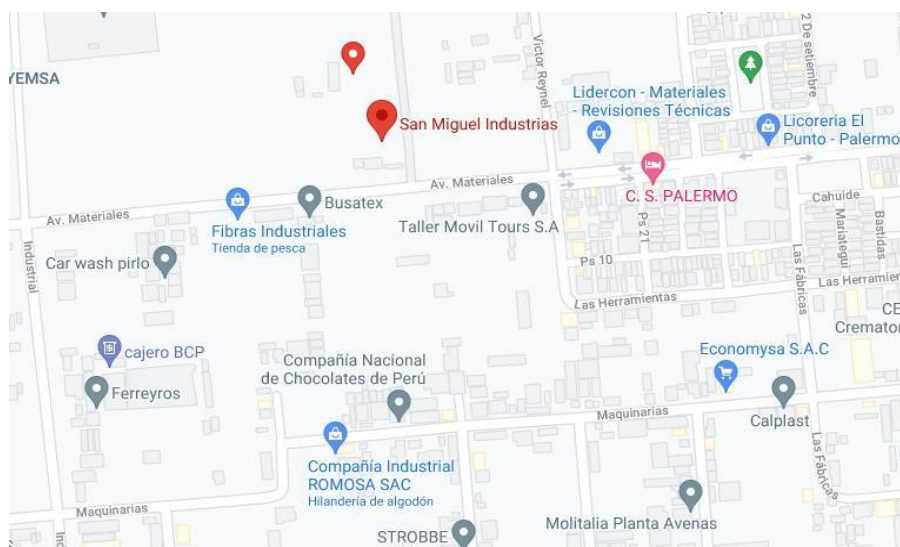
Ítem	Descripción
Razón Social	San Miguel Industrias PET S.A.
RUC	20513320915
Actividades económicas	Principal: CIIU 2220 – Fabricación de productos de plástico Secundarias: Fabricación de Productos Plásticos, PET y vidrio
Ubicación	Av. Materiales N° 2354 – Cercado de Lima
Contacto	https://www.smi.com.pe/ (01) 336-5100

Nota. Información proporcionada por la empresa

La ubicación corresponde a la Av. Materiales N° 2354 – Cercado de Lima, tal como se muestra:

Figura 1

Ubicación



Nota. Extraído de Google Maps (2024)

2.1.1. Misión, visión y valores

La misión se centra en desarrollar productos de plástico bajo un enfoque sostenible en la industria de empaques y reciclados para convertirse en una empresa líder en el mercado con altos estándares de calidad.

La visión es convertirse en una institución que preserve la calidad de los empaques con una orientación hacia la economía circular.

Los principales valores dentro de las operaciones son los siguientes:

- Trato justo: Relacionarse con respeto, además de la protección de riesgos y reporte de incidentes, peligros.
- Integridad: Actuar con honestidad e integridad, es decir, el rechazo a sobornos o actos relacionados a la corrupción.

- Cumplimiento legal: Cumplimos con los mandatos constitucionales, legales y reglamentaciones del país donde SMI se encuentre operando; así como las políticas y procedimientos de SMI.
- Confidencialidad: Usamos la información únicamente con el propósito establecido.
- Lealtad: Evitamos conflicto de interés con los negocios de SMI; así como comunicar cualquier conflicto que se pueda presentar.
- Responsabilidad: Adecuado uso y seguridad de los bienes, así como también aceptamos la responsabilidad por nuestras acciones y decisiones.
- Transparencia: Actuamos siempre de manera intachable e incuestionable.

2.1.2. Premios y certificaciones

En sus operaciones de calidad y excelencia la empresa, en su sede del Perú, cuenta con las siguientes certificaciones:

- Política del Sistema de Gestión de Calidad
- Política de Seguridad Salud Ocupacional
- Certificados ISO 9001, 14001, 45001 y FSSC 22000

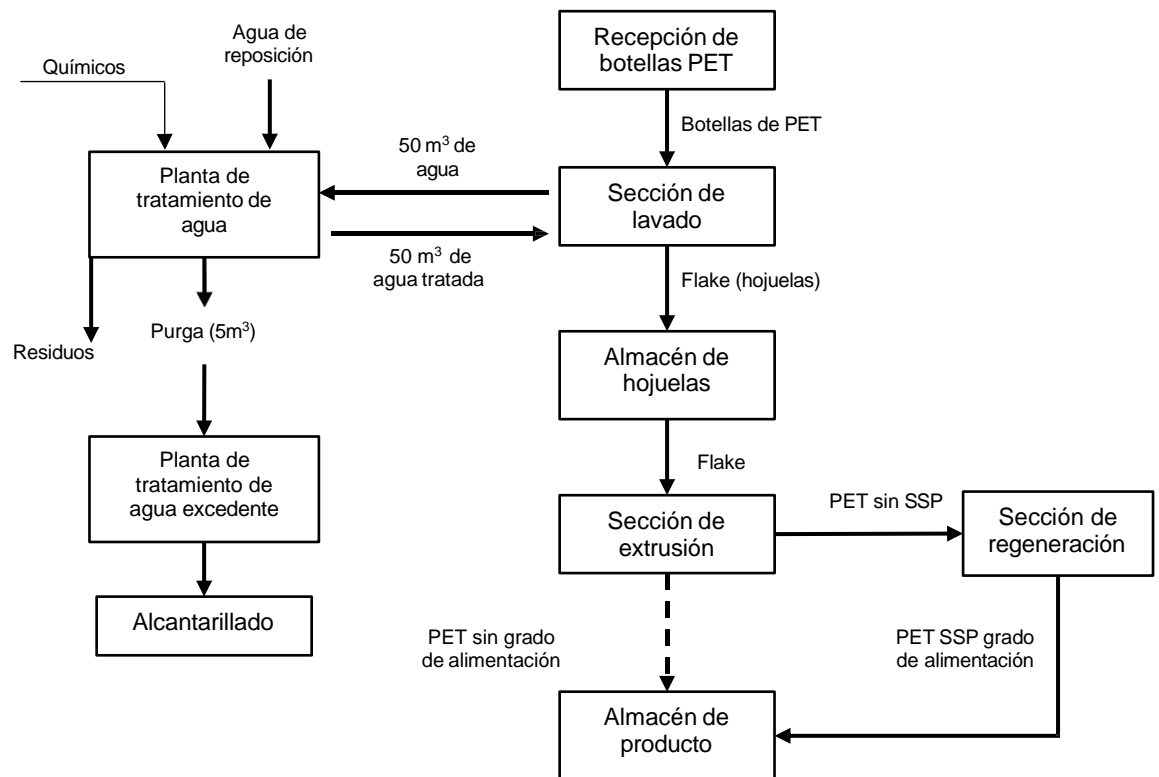
2.2. Proceso productivo

En el desarrollo de operaciones de reciclaje, la planta cuenta con 2 etapas, la primera corresponde al proceso de lavado y la segunda a la regeneración de la materia prima. En primer lugar, las botellas o materiales recolectados pasan por un proceso de remoción de residuos, donde se seleccionan, se lavan y se secan; posteriormente, en la etapa de regeneración se obtiene la resina final.

Para mostrar a detalle cada uno de estos procedimientos se muestran los siguientes flujogramas.

Figura 2

Flujograma del proceso de producción del PET

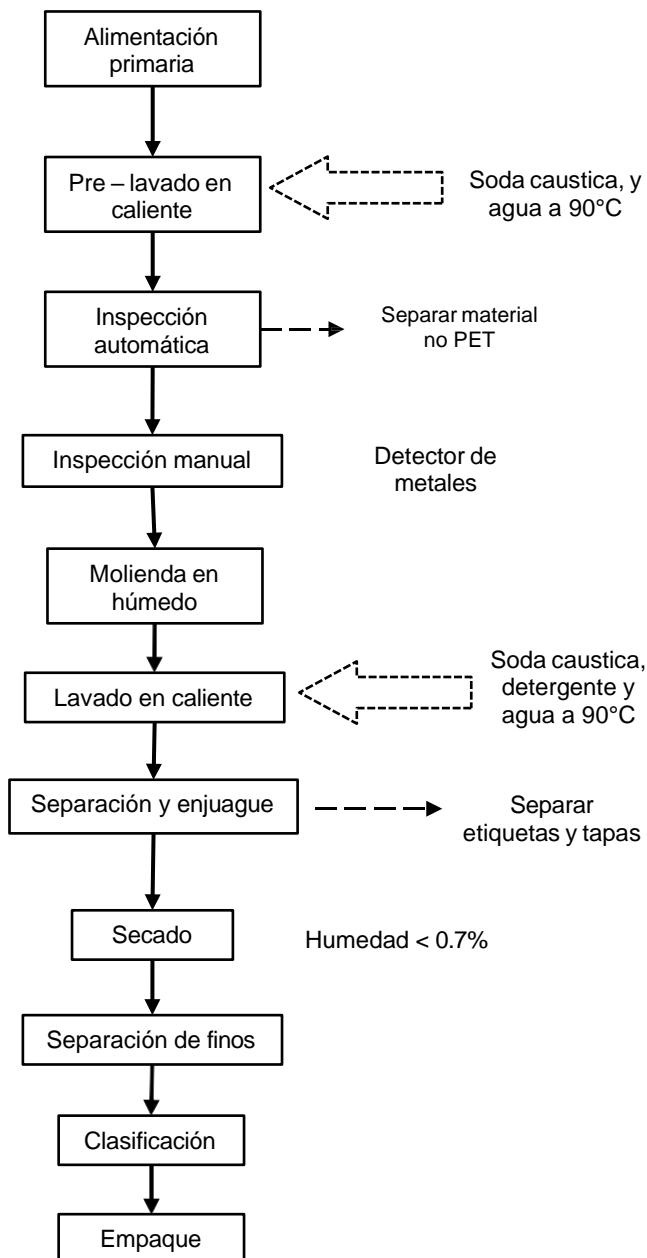


Nota. Diagrama proporcionado por el área de producción de la empresa

Se observa el flujograma del proceso general de producción, lo cual inicial con la recepción de botellas PET y su proceso de lavado; en este sentido, las operaciones se realizan en una planta para el tratamiento de agua combinada de 50 m³ con químicos, el agua residual pasa a una planta para su posterior alcantarillado. Luego del proceso de lavado, donde se han convertido en hojuelas, se procede a la sección de la extrusión para la segregación en caso de ser necesario y finalmente, se almacena el producto. De forma similar, se muestra el flujograma del proceso de lavado a través de la siguiente figura.

Figura 3

Flujograma del proceso de lavado



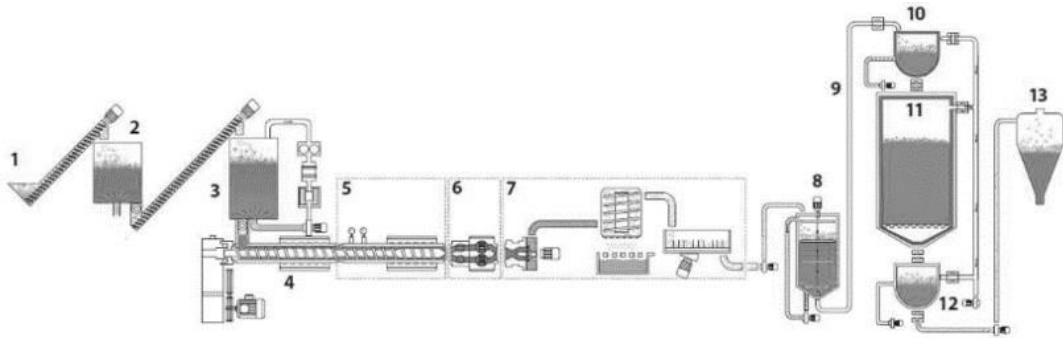
Nota. Diagrama proporcionado por el área de producción

El flujograma del lavado inicia con la alimentación primaria del producto, luego se continua con el prelavado en agua caliente con soda caustica y agua a 90°C, acto seguido se da la inspección automática que consiste en la separación del material no PET y en la inspección manual se emplea el detector de metales. Otros pasos importantes son la molienda en húmedo, el lavado en caliente, la separación y enjuague, el secado con una humedad

inferior a 0.7%, la separación en fríos, la clasificación y finalmente, se empaqa. Por último, se comenta sobre el proceso de regeneración a continuación.

Figura 4

Proceso de regeneración



- | | | |
|---------------------------|---|----------------------------|
| 1. Alimentación | 6. Sistema de filtrado con retro lavado | 11. Reactor |
| 2. Unidad de pre – secado | 7. Unidad de paletizado | 12. Enfriadores |
| 3. Unidad de secador | 8. Cristalizador | 13. Almacenamiento en Silo |
| 4. Extrusora | 9. Alimentación por vacío | |
| 5. Desgasificador | 10. Pre – calentador | |

Nota. Diagrama proporcionado por el área de producción

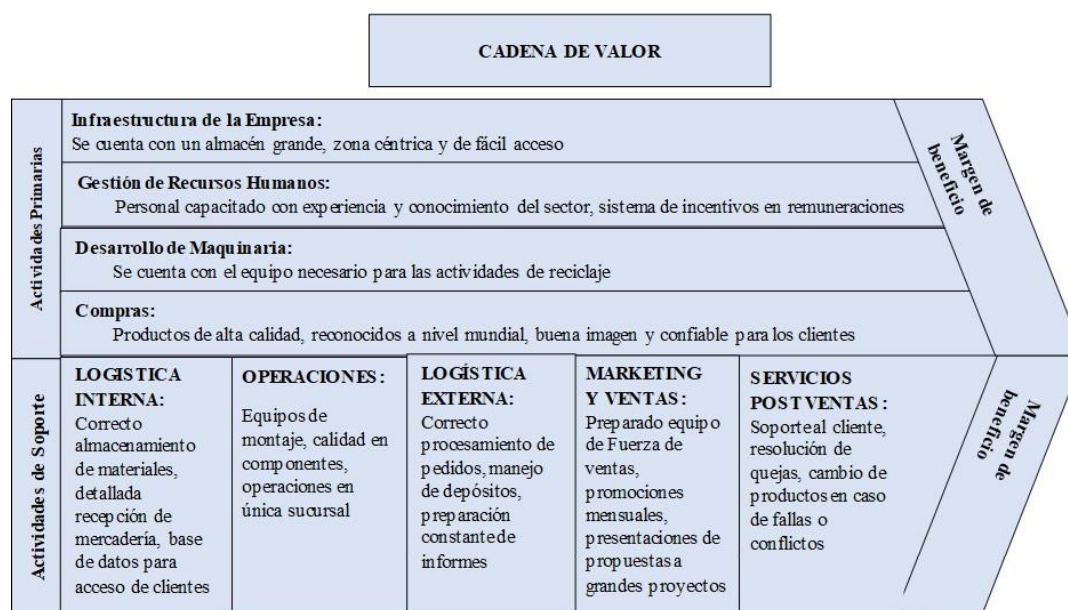
El proceso de regeneración cuenta con 13 pasos donde el producto atraviesa distintas etapas para su disposición en el elemento clave como insumo reciclable y para ello se emplean máquinas que colaboran en el proceso.

2.3. Modelo de negocio

El modelo en el sector de la industria de empaques rígidos y reciclados ha sido caracterizado a través de la cadena de valor y otras herramientas para conocer el sistema de trabajo y el desarrollo general de las operaciones de la industria del reciclado.

Figura 5

Cadena de valor



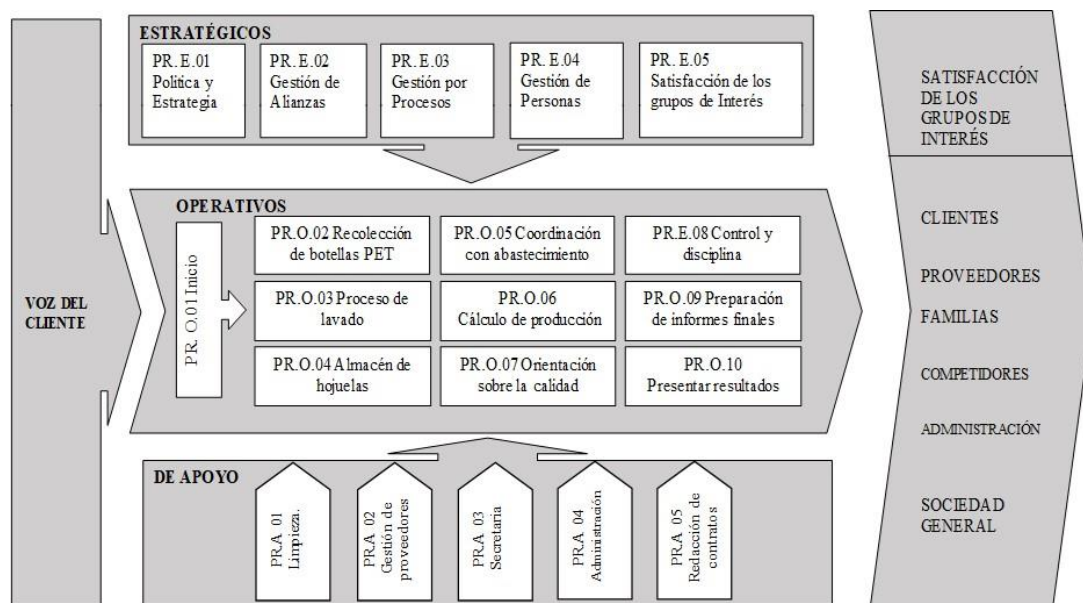
Nota. Información proporcionada por la empresa

En análisis considera las actividades primarias y de soporte para las operaciones industriales de empaque rígidos y reciclados, todo ello permite un margen de ganancia importante para continuar con el crecimiento. En primer lugar, las actividades primarias se centran en la infraestructura que cuenta con un gran almacén, de fácil acceso y en una zona bastante céntrica; luego en la gestión del recurso humano se cuenta con personal altamente capacitado, en el desarrollo de maquinaria la empresa posee molinos granuladores de calidad y tecnología para el reciclaje, en las compras se cuenta con aliados para insumos reconocidos a nivel mundial.

De forma similar, se ha elaborado el mapa de procesos que se ilustra en la siguiente figura:

Figura 6

Mapa de procesos



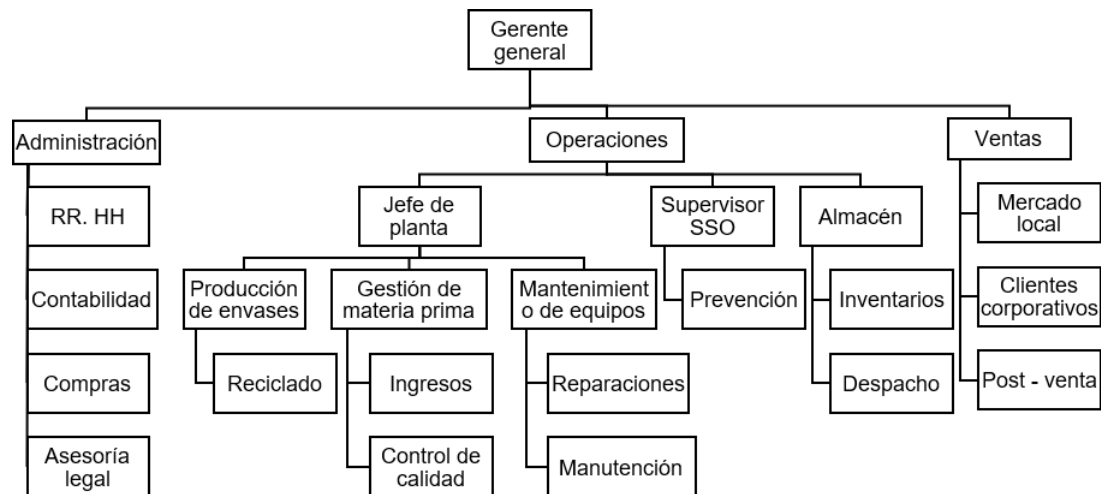
Nota. Información proporcionada por la empresa

El mapa de procesos vincula la voz de los clientes con la satisfacción de los intereses, mediante el desarrollo de procesos estratégicos, de carácter operativos y elementos de soporte. A nivel estratégico se incluyen la política de la empresa, las alianzas, la administración por procesos, la gestión de recursos humanos y la satisfacción basada en la gestión de la calidad. Además, se han identificado 10 procesos operativos, entre los que destacan la recepción de mercadería, la recolección de botellas PET, y los procesos de lavado y almacenamiento de hojuelas, entre otros específicos del sector industrial de envases rígidos y reciclados.

Asimismo, se menciona que la empresa cuenta con la siguiente organización jerárquica en sus operaciones.

Figura 7

Organigrama de la empresa



Nota. Organigrama brindado por la administración por la empresa

El organigrama cuenta como líder a la gerencia general la cual se apoya en 3 áreas. En el área de administración las actividades se dividen en la gestión del talento (RR. HH), la contabilidad, las compras de insumos y servicios y la asesoría legal. Por otro lado, las operaciones poseen un jefe de planta de producción que se encarga de la producción de envases y reciclado, la gestión de la materia prima con los ingresos y la calidad y el mantenimiento de molinos granuladores con las reparaciones en caso de fallas y la manutención preventiva. Asimismo, en las operaciones se cuenta con el soporte del supervisor de SSO con el área de prevención y el almacén (inventarios y despachos). Por último, la sección de ventas se divide en el mercado local, los clientes corporativos y post – venta.

2.3.1. Productos y clientes

La línea de productos puede dividirse en 2 orientaciones, la fabricación de envases y el aprovisionamiento de materia prima. El caso de los envases se comenta a continuación.

- Botellas: Se ofrecen productos para el llenado en frío y caliente en plásticos PET y similares.
- Preformas: Cuenta con la certificación FDA, se ofrece elementos elaborados a base de resina según el color que el cliente desee.
- Tapas: Productos en diferentes colores y con tamaños.
- Termoformado: Soluciones para envases cárnicos y para frutas según los estándares de más alta calidad y aprobación de FDA.
- Laminado: Laminas con un máximo de 800 kilos con aprobación FDA.

Por otro lado, respecto al aprovisionamiento de materia prima, se proporcionan soluciones en base a las hojuelas y la resina.

- En el caso de las hojuelas de PET provienen de la clasificación y lavado a altas temperaturas a fin de garantizar la calidad para la reutilización.
- La resina reciclada cumple con los altos estándares FDA, además de contar con la responsabilidad de la protección al medio ambiente.

Finalmente, sobre los clientes de la empresa son todos aquellos que requieren envases rígidos para sus productos y entre los principales se mencionan:

- ABInBev
- Alicorp
- Clorox
- Aje
- Socosani
- Bonlac
- Quala
- Laive
- FIFCO

- Arca Continental
- SAB Miller

2.4. San Miguel Industrias PET S.A.

San Miguel Industrias PET S.A., fue fundada en Julio del 2006 dedicándose a la producción y posterior comercialización de envases PET en el mercado a nivel nacional. El grupo SMI es pionero en la región dentro de la industria de reciclaje y cuenta con instalaciones para el reutilizamiento de botellas en Perú y Colombia. Adicionalmente, se cuenta con el compromiso de utilizar el 20% de material proveniente del reciclado para los productos y emplear más de 34 mil toneladas por año. La corporación opera en 14 países de Latinoamérica y genera ingresos cercanos a los USD \$ 700 mil millones de dólares.

2.5. Descripción del puesto desempeñado

Las funciones principales se describen a continuación:

- Supervisar y controlar la producción de la planta y las actividades del personal.
- Responsable de asignar los turnos, así como los permisos que se tengan que otorgar,
- Determinar la dotación diaria para el proceso productivo.
- Verificar que el programa diario de producción.
- Coordinar la solución de problemas.
- Velar por el respeto de los estándares y la calidad.
- Brindar soporte técnico a clientes de acuerdo con la necesidad comercial.

2.6. Proyecto profesional realizado

La iniciativa en base al RCM requiere de una serie de elementos complementarios para orientar los trabajos en el largo plazo. A partir de ello, se han desarrollado 5 fases para mejorar la disponibilidad de los molinos granuladores y mostrar cambios significativos en un horizonte de 6 meses; en

este sentido, se emplearán herramientas propias de la Ingeniería Industrial junto con otros mecanismos que eleven el nivel de desempeño.

2.6.1. Fase 1: Gestión del área

Se requiere mejorar el área de trabajo, a fin de reducir tiempos y velar la calidad para la ejecución del mantenimiento. El espacio del almacén debe guardar los lineamientos de un estándar de funcionamiento en las mejores condiciones a fin de asegurar su conservación de los insumos, repuestos y materiales empleados en las labores.

2.6.2. Fase 2: Programa de capacitaciones

Corresponde a la formación de la mano de trabajo, en tanto que mediante un programa de capacitaciones se podrá mejorar el conocimiento y el sistema de mantenimiento de cada equipo. En este sentido, se comentarán los elementos más importantes para los trabajos operativos a fin de incrementar la disponibilidad. Los trabajadores deben dominar temas como las fallas en molinos granuladores, las consecuencias de averías, los tipos de problemas más comunes, los componentes, entre otros similares.

2.6.3. Fase 3: Análisis modal de fallas y efectos (FMEA)

En análisis FMEA es una sección importante dado que permite determinar la gravedad, frecuencia y dificultad de detección de averías, agrupando estos 3 aspectos de forma conjunta en un indicador ponderado denominado NPR (número de prioridad de riesgo). La valoración de la gravedad, severidad y dificultad de detección se realiza mediante una escala del 1 al 10, siendo 1 el valor menos crítico y 10 el más grave.

2.6.4. Fase 4: Metodología RCM

Fase medular de los cambios corresponde a la metodología RCM, es decir, se desarrollan los lineamientos a través de las hojas de decisión RCM que permiten determinar el trabajo más adecuado y asertivo. La metodología RCM dispone de varios pasos para el análisis a fin de determinar los aspectos críticos a mejorar dentro de la operación de mantenimiento de cada equipo,

en tanto que a través del FMEA previo es posible determinar las fallas más relevantes a solucionar. Adicionalmente, elementos previos y complementarios también deben cumplirse en esta etapa, tales como el diseño de diagramas, procedimientos de trabajo, flujogramas, entre otros.

2.6.5. Fase 5: Controles

La fase final consiste en contar con un sistema de control a fin de mantener la adecuada gestión de mantenimiento a lo largo del tiempo. El sistema de inspecciones además permite que el área de gerencia y encargados de la empresa se encuentren comprometidos con los cambios, dado que en gran parte ellos colaborarán con el control de las mejoras.

- Inspecciones de trabajo estandarizado: Se debe controlar la ejecución de labores de forma adecuada, es por lo que se plantea un sistema de vigilancia sobre el mecanismo y forma de trabajo estandarizado.
- Control de mantenimiento: La supervisión del tiempo permite que los trabajos sean cumplidos en su totalidad, dado que se ajustan los tiempos que no agregan valor al trabajo.
- Programa de auditorías: Un sistema de auditorías, ya sea externa e interna logra controlar la productividad de las labores, por ello es importante su ejecución y programación.
- Mejora continua: Enfoque final que plantea el cambio sostenido a lo largo del tiempo para continuar con los elementos positivos.

CAPÍTULO III.

APLICACIÓN PROFESIONAL

En este capítulo, se aborda la implementación, partiendo de la identificación de la situación problemática a nivel nacional, internacional y local. Se emplean herramientas como el diagrama de Ishikawa y el Análisis de Pareto para analizar las causas del problema específico detectado en la empresa. A partir de este análisis, se establecen los objetivos del programa de RCM y se justifica su implementación. Finalmente, se describe cómo se llevó a cabo la ejecución del plan de mejora para abordar eficazmente las causas identificadas y alcanzar los objetivos propuestos.

3.1. Situación problemática

En el plano internacional, de acuerdo con Martínez y Planagumá (2021) desde los departamentos de las empresas que velan por el mantenimiento de los molinos granuladores, se debe tener información actualizada sobre el estado de sus máquinas con el fin de tomar acciones en función de ello. En ese sentido, primero es necesario justificar por qué se debe realizar un mantenimiento; para lo cual, será fundamental el uso de herramientas, las cuales se encargan de localizar los problemas que requieren atención; en consecuencia, estas herramientas serán escogidas en base a un enfoque RCM, metodología que persigue el objetivo de mejorar las estrategias de mantenimiento preventivo, ya que con esto podrán mantener al mínimo las fallas o averías que les ocurra a los molinos granuladores.

Según Arteaga y Gorozabel (2021) las estrategias de mantenimiento les permiten a las empresas optimizar la disponibilidad de sus activos, certificar la calidad de sus productos y disminuir los costos; por ende, la elección de una estrategia de este tipo es una decisión importante que debe tomar cualquier compañía ya sea mediana o grande. En ese sentido, muchas empresas con el propósito de elegir la mejor herramienta utilizan el RCM que se encarga de garantizar el funcionamiento de los activos o procesos, es decir, asegurar la confiabilidad de los activos, lo cual se traduce en evitar fallas o averías.

De forma similar, para Flores et al. (2020) existe una problemática en el mantenimiento de molinos granuladores debido a la falta de un modelo de mantenimiento, ya que en su lugar solo realizan acciones de mantenimiento correctivas que no son efectivas a largo plazo. Este modelo de mantenimiento, el cual consiste en una combinación de distintos tipos de mantenimiento, tiene en cuenta el nivel de criticidad de los molinos granuladores que consiste en jerarquizarlos en tres tipos: críticos, importantes y prescindibles; así como el análisis de criticidad que toma en cuenta criterios como la frecuencia de averías, flexibilidad operacional, costos, impacto en las operaciones, entre otros.

Asimismo, para Estupiñán y Cordero (2019) debido a la fluctuación del precio de los minerales, las empresas mineras requieren ser rigurosas al momento de controlar los costos que ocasionan los procesos, por lo que las estrategias de mantenimiento será lo más conveniente para cumplir con el propósito de asegurar que los costos estén al mínimo. Debido a eso, actualmente las nuevas estrategias de mantenimiento han tenido gran aceptación en el círculo minero y para asegurar su funcionamiento, se debe prestar especial atención a aquellos procesos que requieran altos costos de mantenimiento en la empresa y presenten una baja disponibilidad, es decir, tengan rangos de operatividad muy cortos.

En el escenario nacional, de acuerdo con Canahua (2021) el sector industrial ha sido puesto a prueba por el aumento vertiginoso de la competitividad que los ha llevado a realizar diversos cambios con el objetivo de mejorar su producción y sus estándares de calidad. Dichos cambios se vienen dando en respuesta a problemas de diversas índoles como las pérdidas que existen en el sector tales como la pérdida por falta de disponibilidad de los molinos granuladores, así como por el bajo rendimiento de estos, además de pérdidas por fabricación de productos de baja calidad. En consecuencia, de cara a esta realidad se propone la interacción de distintas acciones de mantenimiento, las cuales buscan maximizar la efectividad de sus molinos granuladores minimizando posibles errores a través de sus ocho pilares enfocados en optimizar la confiabilidad en sus molinos granuladores.

Asimismo, para Uribe (2020) la industria es un sector importante ya que tiene incidencia en la economía nacional; en ese sentido, para alcanzar los mejores resultados y responder a las demandas se debe optimizar los procesos de producción asegurándose que sean confiables y productivos. El hecho de que la competitividad se haya incrementado a lo largo de los años hace que las áreas de mantenimiento hayan venido optando por acciones que les generen menores costos, así como mejor calidad en sus productos; en consecuencia, el mantenimiento ha ido adquiriendo mayor importancia en estos días, razón por la cual resulta fundamental se ha vuelto indispensable el uso de estrategias de mantenimiento, las cuales brindan confiabilidad a los molinos granuladores, es decir, reduce el tiempo que se encuentran inoperativas.

De acuerdo con Pareja et al. (2017) las empresas se encuentran en un escenario donde para mejorar la calidad, resulta necesario que mejoren la confiabilidad en sus procesos, lo cual implica la mejora en el mantenimiento ya que todas sus acciones están orientadas a la mejora en los molinos granuladores. Frente a esto muchas empresas han optado por utilizar acciones de mantenimiento correctivas; sin embargo, esta opción ha resultado poco eficiente ya que cuando se repara un equipo imprevisto esto trae como consecuencia la paralización de otros procesos y/o máquinas. A partir de ello,

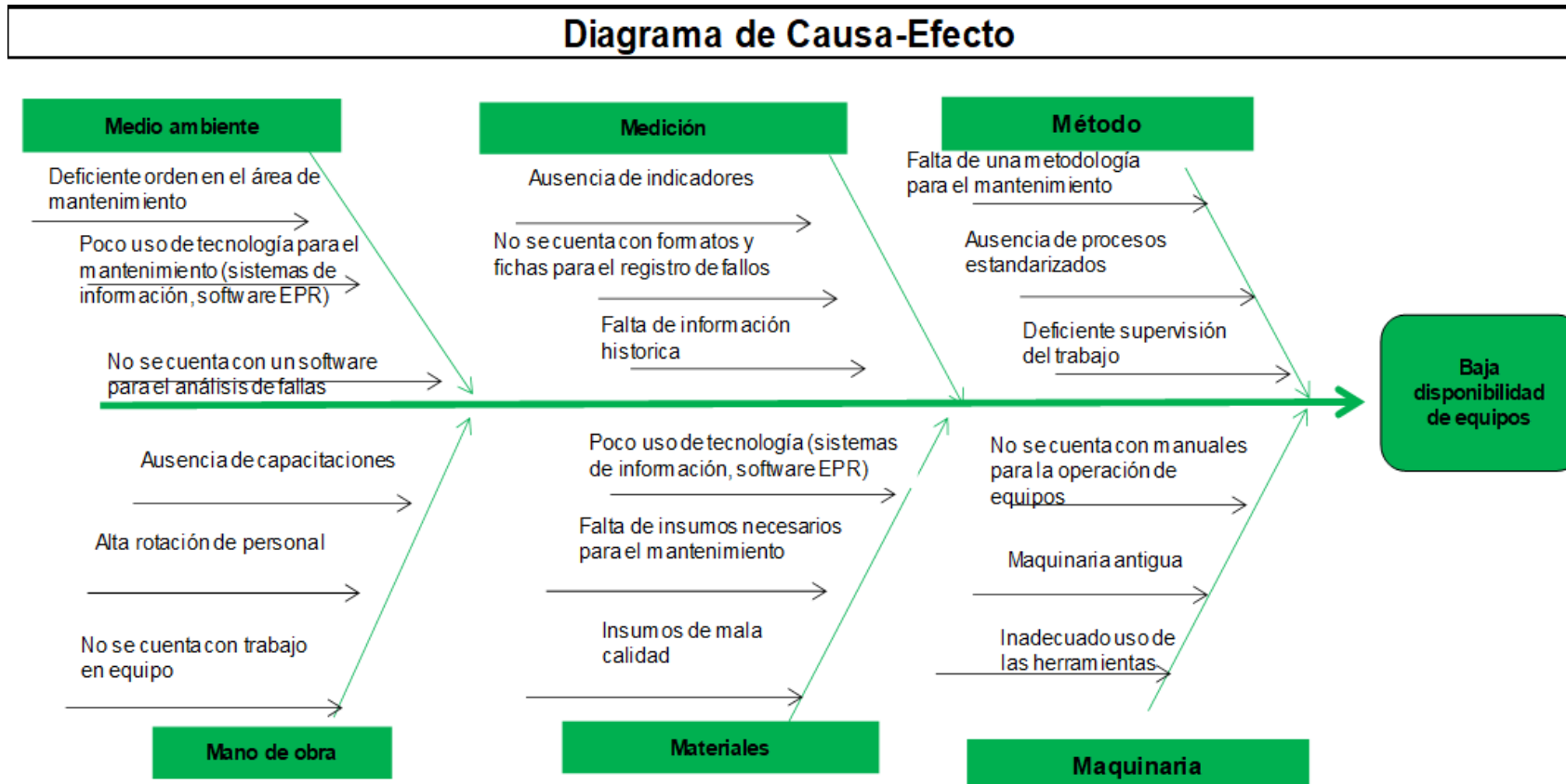
se proponen opciones que aseguren la confiabilidad del funcionamiento de los molinos granuladores como la gestión de mantenimiento de preventivo, la cual se conforma por acciones que tienen el fin de reducir las averías, logrando así el incremento de la producción y de la rentabilidad de la empresa.

De manera complementaria, para Ipanaqué et al. (2017) la ocurrencia de fallas o averías son situaciones que se pueden evitar a través de un plan preventivo. A pesar de que llevar a cabo estos planes de acción requieran costos elevados en algunas oportunidades, a largo y mediano plazo resulta siendo una inversión conveniente ya que el mantenimiento asegura la confiabilidad del funcionamiento de los molinos granuladores, minimiza los, aumenta la producción e incrementa los ingresos. A partir de esto, las empresas que utilicen el mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad y la confiabilidad necesitan aumentar sus indicadores como MTTR (tiempo promedio para reparar), frecuencia de fallas, el MTBF (tiempo promedio entre fallas), entre otros indicadores claves.

En relación con el escenario local se ha evidenciado una baja disponibilidad operativa del molino en la empresa, por lo cual, para indagar más a fondo la problemática, así como para buscar soluciones, se hizo uso de distintas herramientas como el diagrama de Ishikawa, el cual se encargó de recabar información sobre las causas del problema, lo cual se resumen a continuación.

Figura 8

Diagrama de Ishikawa



Nota. Desarrollo en base a la experiencia profesional sobre la problemática.

Se observó una serie de inconvenientes que tienen efecto en el problema principal tales como el poco uso de tecnología (sistemas de información y software EPR), no se cuenta con un software para el análisis de fallas, un deficiente orden en las áreas de mantenimiento. De la misma forma, se encontró que la mano de obra no trabaja en equipo, mantiene una alta rotación del personal y no se encuentra debidamente capacitada. Así mismo, indagando sobre los materiales, se encontró que existen insumos de mala calidad, ausencia de insumos necesarios. Además, otros factores que inciden en el problema principal son la maquinaria de la empresa, ya que es antigua, no cuenta con manuales para la operación de sus molinos granuladores y se les da un uso inadecuado a sus herramientas. Por último, se halló que existe una ausencia de medición sobre el trabajo que se justifica en la ausencia de indicadores. Los factores encontrados anteriormente que inciden en el problema principal fueron evaluados a través de un juicio de expertos, donde cada experto tuvo la posibilidad de calificar del 1 al 10.

Tabla 2

Impacto de causas sobre el problema

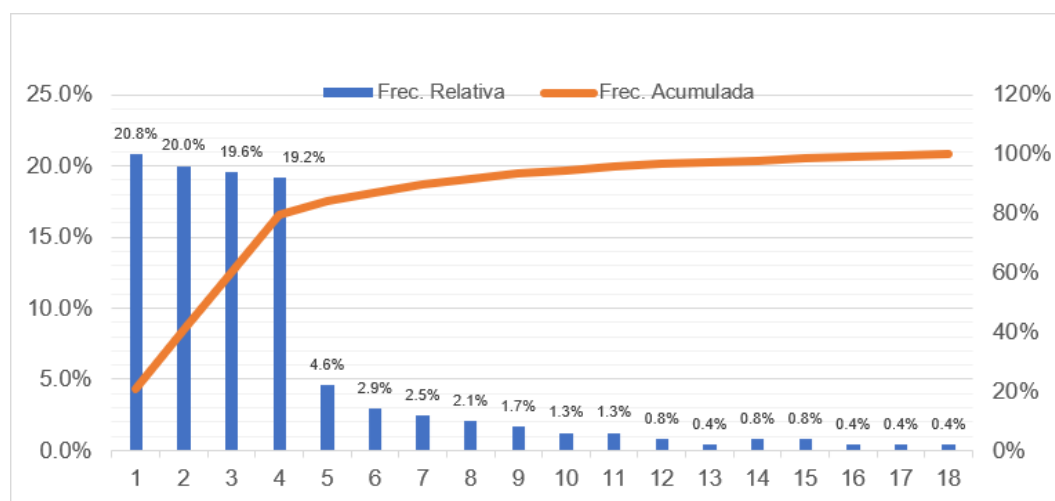
N°	Descripción de Partida	E1	E2	E3	E4	E5	Punt.	Frec. Relativa	Frec. Acumulada
1	Falta de una metodología	10	10	10	10	10	50	20.8%	21%
2	Ausencia de indicadores	10	9	10	9	10	48	20.0%	41%
3	No se cuenta con formatos y fichas	8	10	10	10	9	47	19.6%	60%
4	Ausencia de procesos estandarizados	10	8	10	8	10	46	19.2%	80%
5	Falta de información histórica	2	2	2	2	3	11	4.6%	84%
6	Ausencia de capacitaciones	1	2	1	1	2	7	2.9%	87%
7	No se cuenta con manuales	1	2	0	1	2	6	2.5%	90%
8	Falta de insumos necesarios	1	1	1	1	1	5	2.1%	92%
9	Deficiente orden en el área de mantenimiento	0	1	1	0	2	4	1.7%	93%
10	No se cuenta con trabajo en equipo	0	0	1	1	1	3	1.3%	95%
11	Alta rotación de personal	0	0	1	1	1	3	1.3%	96%
12	Insumos de mala calidad	1	1	0	0	0	2	0.8%	97%
13	Inadecuado uso de las herramientas	0	1	0	0	0	1	0.4%	97%
14	Poco uso de tecnología para el mantenimiento	0	1	0	1	0	2	0.8%	98%
15	Insumos y elementos de trabajo mal ubicados	0	0	2	0	0	2	0.8%	99%
16	Deficiente supervisión del trabajo	1	0	0	0	0	1	0.4%	99%
17	Maquinaria antigua	0	0	1	0	0	1	0.4%	100%
18	No se cuenta con un software	0	1	0	0	0	1	0.4%	100%

Nota. Desarrollo a partir de las respuestas de los expertos sobre la problemática

Se observa que el factor más influyente obtuvo 50 puntos, la nota más alta, además que alcanzó una frecuencia relativa del 20.8%. El segundo factor obtuvo una puntuación de 48 con una frecuencia relativa del 20%, el tercer factor una puntuación de 47 con una frecuencia de 19.6% y, por último, el cuarto factor una puntuación de 46 y una frecuencia relativa de 19.2%, así como una frecuencia acumulada que alcanzó el 80%. A partir de esto, se puede indicar que los cuatro primeros factores son los que mejor explican la baja disponibilidad operativa de los molinos granuladores de la empresa. Este análisis sobre los factores también se explica a través de la siguiente figura.

Figura 9

Diagrama de Pareto

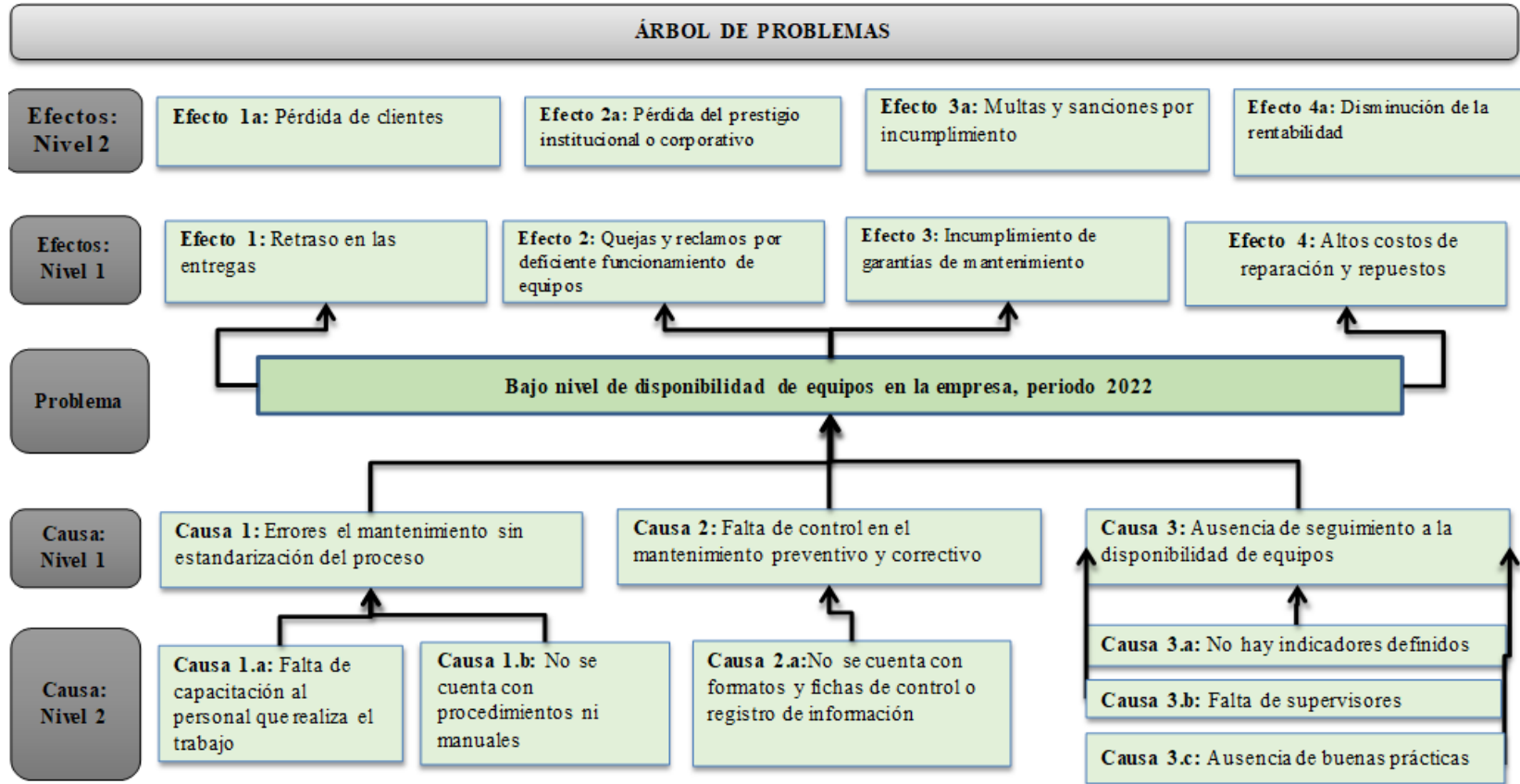


Nota. Desarrollo a partir de las respuestas de los expertos sobre la problemática

En la figura anterior se observa que la frecuencia acumulada y relativa tienen su último punto de corte en el cuarto factor, donde alcanza una frecuencia acumulada del 80%. Esto cumple con la ley de Pareto o el principio de 80/20, el cual menciona que una reducida cantidad de factores son los que realmente explican el problema principal, estas causas se explican con mayor detalle en el árbol de problemas.

Figura 10

Árbol de problemas



Nota. Desarrollo en base a la experiencia profesional sobre la problemática de la empresa

En la figura anterior se observa que la falta de capacitación y la ausencia de manuales que detallen los procedimientos ocasiona errores en el mantenimiento, factores que influye en el problema principal y tiene efectos perjudiciales como el retraso en las entregas, lo cual trae consigo la pérdida de cliente. Así mismo, la carencia de formatos y fichas de control que se encargan de registrar la información explica la falta de control, lo cual incide en la baja disponibilidad de los molinos granuladores y ocasiona quejas y reclamos por el mal funcionamiento de molinos granuladores, debido a esto la empresa pierde prestigio institucional; de igual manera genera el incumplimiento de garantías que deviene en multas.

Además, la falta de supervisores y la carencia de indicadores de medición definidos influyen en conjunto ocasionando la falta de seguimiento a la disponibilidad de los molinos granuladores, lo cual trae consigo altos costos de reparación en los molinos granuladores y los repuestos; por lo tanto, la rentabilidad disminuye.

Finalmente, para complementar la información se analizó los cuatro factores que inciden, así como las acciones que se deben tomar en cuenta para cambiar la situación actual, a través de la matriz de 5 porqués (5W).

Tabla 3

Matriz de 5 porqués (5W)

Problema	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5	Resultado del análisis
Bajo nivel de disponibilidad de molinos granuladores	Falta de una metodología para el mantenimiento	Desconocimiento de herramientas	Poco nivel de conocimientos de personal	No se invierte en gestión del conocimiento	No se aplican metodologías de gestión	Aplicación de una metodología
		Falta de compromiso	Poco interés por la gestión del mantenimiento	No se conocen los beneficios de la adecuada gestión	No se realizan reuniones de información de desempeño	Programación de reuniones para supervisión y gestión
	No se cuenta con formatos y fichas para control de fallas	No se cuenta con personal especializado	Bajo nivel de tecnificación de la mano de obra	Ausencia de instructivos, manuales y procesos	Bajo presupuesto para formación del talento	Mejor gestión de los recursos
		Procesos no identificados	Falta de compromiso	Poco conocimiento del tema	Se requiere de un sistema de control en indicadores	Crear indicadores de desempeño
	Ausencia de indicadores de fallas y gestión de mantenimiento	Falta de auditorías	No se conocen herramientas de control	Bajo nivel de capacitación		Se requiere capacitaciones
		Poco control del registro	No se cuenta con programa de registro	Personal sobrecargado con trabajo	Falta de planificación en el trabajo	Sistema de auditorías internas
	No se cuenta con procesos estandarizados	Métodos no apropiados	Gestión de forma empírica	No se conocen herramientas	No se cuenta con diagramas de procesos	Estandarización de procesos
		Deficiente control	Los jefes no cuentan con tiempo para supervisar	Ausencia de automatización del trabajo	No se han desarrollado lineamientos de estandarización	Diseño de formatos y registros

Nota. Elaboración en base a la experiencia profesional sobre la problemática

El problema principal se explica por cuatro factores. En primer lugar, la falta de una metodología de mantenimiento, ocasionada por el desconocimiento de herramientas y el bajo compromiso, genera escaso interés en la gestión de mantenimiento; como solución, se propone implementar una metodología y programar reuniones de supervisión. En segundo lugar, la ausencia de formatos y fichas para el control de fallas se debe a la falta de personal especializado y a procesos no identificados; se sugiere mejorar la gestión de recursos y crear indicadores de desempeño. En tercer lugar, la falta de indicadores de fallas y gestión de mantenimiento, causada por la ausencia de auditorías y herramientas de control debido a la baja capacitación, se atendería con capacitaciones y auditorías internas. Finalmente, la falta de procesos estandarizados, debido al uso de métodos empíricos y a un deficiente control, requiere estandarización de procesos y diseño de formatos. Todo esto guarda coherencia con los Anexos 1 y 2 del trabajo de suficiencia profesional.

3.1.1. Formulación del problema

3.1.1.1. Problema general

¿En qué medida la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) incrementa la disponibilidad de los molinos granuladores en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, 2022?

3.1.1.2. Problemas específicos

¿En qué medida la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) incrementa el tiempo medio entre fallas (MTBF) de los molinos granuladores en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, 2022?

¿En qué medida la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) reduce el tiempo medio para reparaciones (MTTR) de los molinos granuladores en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, 2022?

3.1.2. Objetivos

3.1.2.1. Objetivo general

Determinar en qué medida la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) incrementa la disponibilidad de los molinos granuladores en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, 2022.

3.1.2.2. Objetivos específicos

Determinar en qué medida la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) incrementa el tiempo medio entre fallas (MTBF) de los molinos granuladores en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, 2022

Determinar en qué medida la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) reduce el tiempo medio para reparaciones (MTTR) de los molinos granuladores en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, 2022.

3.1.3. Justificación e importancia

Con respecto a la justificación teórica, se refiere a la necesidad por profundizar en uno o varios enfoques teóricos que tratan el problema (Valderrama, 2019, p.140). En ese sentido, en la medida que esta información esté correctamente sustentada servirá como fuente de conocimiento para los profesionales o cualquier otra persona que desee profundizar en este tema.

A nivel práctico, se determina si el resultado de la investigación será una solución a problemas para mejorar la situación actual (Valderrama, 2019, p.141). Así pues, si se llega a una solución efectiva a través de este trabajo de investigación, servirá para que se pueda replicar en circunstancias similares, mientras que, de no haber llegado a una, al menos se conocerá lo que no funciona para poder evitarlo.

La justificación metodológica señala el uso de técnicas e instrumentos de investigación, así como pruebas de hipótesis, modelos, diagramas (Ñaupas et al., 2018, p.221). Asimismo, permite entender mejor los trabajos bajo cierto enfoques y diseños, lo cual aumenta su conocimiento en el campo de la metodología.

La viabilidad económica es un elemento que también se valora y se pondera según el tiempo y los recursos (Hernández y Mendoza, 2018, p.396). En el caso de esta investigación, se observó que es viable en la medida que aporta a incrementar la baja disponibilidad de la operatividad de sus molinos granuladores, lo cual traerá consigo una mayor rentabilidad para la empresa.

3.1.4. Alcance y limitaciones

Se basa en 3 ejes; en primer lugar, a nivel temático solo se referirá a tema de los trabajos de manutención de molinos granuladores de la empresa, concentrándose en la disponibilidad. Por otro lado, a nivel espacial, la implementación de cambios corresponde a los trabajos dentro de la sede ubicada en Lima Metropolitana, es decir, una delimitación específica dado que la empresa desarrolla actividades en otras partes del país dentro de las operaciones. Por último, a nivel temporal, la investigación se centra en el año 2022, en tanto que los datos correspondientes a otros periodos no serán tomados en cuenta y se centrarán los esfuerzos en determinar la disponibilidad operativa.

Con respecto a las limitaciones, se basan en la dificultad de encontrar casos similares en el rubro de mantenimiento, dado que existen pocas empresas en el mundo que realicen los trabajos en las mismas condiciones. Por otro lado, la crisis generada por el covid-19 ha dificultado las actividades debido a la gran cantidad de protocolos a implementar y cumplir. Otra de las limitaciones fue el acceso a información técnica sobre el proceso, dada la dificultad de las operaciones.

3.2. Teoría sobre la metodología

3.2.1. Antecedentes de la investigación

3.2.1.1. Antecedentes internacionales

De acuerdo con Murillo (2021) el objetivo principal fue desarrollar un plan que permita mejorar la disponibilidad de los molinos mediante el uso de las herramientas del mantenimiento preventivo. En este sentido, fue necesario efectuar un diagnóstico inicial, el reconocimiento de las fallas y el diseño de procedimientos de trabajo para implementar cambios asertivos. La metodología se desarrolla bajo un enfoque mixto, dado que se manejan datos cuantitativos en la confiabilidad y opiniones cualitativas en entrevistas. La población y muestra corresponde a 1 molino evaluado durante 1 año, en tanto que el instrumento fue la ficha de recolección de datos mediante la técnica de la observación directa. Los resultados evidencian que el plan de mantenimiento refleja el análisis de las principales fallas sobre el sistema eléctrico, mecánico y la seguridad industrial; adicionalmente, se consideró el uso de curvas de desgaste para la evaluación de los componentes, junto con la revisión de los manuales. A partir de ello, el molino alcanza una disponibilidad de 93.61%, luego el tiempo promedio de mantenimiento de 16 horas al mes y las horas de detención solo fueron 46 al mes; asimismo, la producción diaria se incrementa a 30 toneladas por hora y los ingresos mensuales de \$ 25 millones de pesos al mes por los cambios positivos. Por último, se recomienda establecer control en las actividades para mantener las buenas prácticas adoptadas.

Para Proaño (2021) tuvo el objetivo principal fue elaborar un sistema de mantenimiento para lograr un cambio positivo en las condiciones y disponibilidad del molino en la mencionada empresa. Para el alcance de esta finalidad fue necesario la identificación de los puntos críticos en los componentes, la evaluación de la disponibilidad, tipo de fallas y fiabilidad y, por último, la elaboración de la documentación sobre los cambios. Se cuenta

con una metodología aplicada, cuantitativo y descriptivo. La población y muestra corresponde a 1 molino, en tanto que para la recolección se empleó el trabajo de campo con fichas AMEF y hojas de decisión RCM. Los resultados muestran el proceso de implementación con la evaluación de fallas en el sistema y se caracterizó de forma exacta el funcionamiento de los componentes mediante diagramas de flujo. Los indicadores evidencian una mejora de la disponibilidad de 96% a 99%, la confiabilidad también incrementó desde 97% a 99%, en tanto que el tiempo de operaciones fue de 12 horas. Finalmente, se recomienda la adecuada calibración y revisión de parámetros de funcionamiento del estado del aceite para el molino.

En Pérez (2021) la finalidad fue plantear un modelo de gestión de mantenimiento RCM para incrementar la disponibilidad del molino, fue necesario el análisis de los tipos de fallos y el diseño del nuevo sistema de mantenimiento. La investigación fue de enfoque cuantitativo, aplicado descriptivo; asimismo, la población y muestra corresponde a un molino. La recolección de datos fue posible mediante la técnica de la observación directa a través de las fichas y las hojas de decisión RCM. El análisis de las fallas dentro de los resultados evidencia que los problemas más críticos de los 12 en total corresponden a los rodillos moledores, la instrumentación de sensores, el motor y los transformadores en el sistema eléctrico. A partir de la implementación de cambios se logra una mejora en los indicadores de la disponibilidad tales como MTBF de 474.59 a 16385 horas, en tanto que el MTTR se reduce de 38.69 a 14.44 horas; por lo tanto, la disponibilidad se incrementó de 92.46% a 98.42%. Finalmente, se concluye que a partir de la disminución de averías se eleva la confiabilidad y la disponibilidad a fin de cumplir con la meta productiva.

Para Chiguano (2020) el objetivo principal fue efectuar la planificación del mantenimiento preventivo en los molinos de la empresa en mención a fin de incrementar la disponibilidad. A partir de este punto, los objetivos específicos se centran en determinar el funcionamiento de los molinos granuladores y caracterizar sus componentes, identificar los mecanismos de fallos y

establecer un sistema de gestión para lograr cambios significativos. La investigación cuenta con una metodología aplicada, cuantitativa y descriptiva; además la población y muestra corresponde a 21 molinos granuladores de molienda. Los resultados muestran un mecanismo más organizado y estandarizado para la planificación de los trabajos de mantenimiento, en tanto que mediante el mantenimiento predictivo se pudo cumplir con los requerimientos de la producción en base a una alta disponibilidad. En este sentido, el MTBF logra un incremento hasta 7971 horas y el MTTR se calculó en 1 hora con 36 minutos. Por otro lado, la efectividad del equipo resultó ser de 82.65% lo cual se encuentra dentro de un rango aceptable al ser mayor al 75%. Adicionalmente, se recomienda realizar un plan de capacitaciones para mejorar el conocimiento a fin de desarrollar actividades de forma eficiente.

De acuerdo con Padrón (2020) el objetivo principal fue desarrollar un sistema de mantenimiento basado en las metodologías del mantenimiento basado en condiciones (CBM) y AMEF para mejorar el desempeño del molino. Para ello fue necesario la identificación de puntos críticos, la caracterización del proceso y componentes del molino y el diseño de un plan de organizado y estandarizado. La metodología fue aplicada, cuantitativa y descriptiva. La población y muestra fueron 6 molinos; además la técnica para la recolección de datos fue la observación mediante fichas. Los resultados señalan un análisis a detalle sobre las averías de los molinos granuladores siendo los modos de fallos más importantes (de 13 en total) la descalibración del Pfister con 11 horas de paradas, los problemas de electroválvulas con 8 horas de paradas, el alto amperaje con 5 horas y la fuga de aceite con 4 horas. A partir de ello, se calculó un MTBF de 1936 horas, en tanto que el MTTR fue de 5 horas; adicionalmente, se planteó el uso de una matriz de técnicas para el monitoreo a fin de realizar un correcto diagnóstico. Por último, se concluye que los cambios permiten incrementar la fiabilidad y reducir los costos al contar con menores fallos no programados.

3.2.1.2. Antecedentes nacionales

De acuerdo con García (2021) el objetivo principal fue desarrollar un plan de mantenimiento basado en RCM para lograr un incremento de la disponibilidad y reducir los costos de reparación. La metodología fue aplicada, cuantitativo; por otro lado, la población y muestra corresponde a 3 molinos y la técnica de recolección fue la observación, para lo cual se emplearon fichas de recolección en base a los indicadores. Los resultados muestran un plan de mantenimiento con diagramas de flujo y la organización del proceso. A partir del análisis se identificaron 6 modos de fallos más críticos sobre los 18 totales, siendo estas las bolas del molino, las zarandas, las bombas sumergibles y de alta presión. Los indicadores evidencian un aumento de la disponibilidad de 82.3% a 93.6%, es decir un cambio de 11.3%; adicionalmente, el tiempo medio entre fallas se calculó en 26.93 horas y el tiempo medio para reparaciones fue de 4.205. De forma complementaria, la implementación obtuvo una rentabilidad, dado que se encontró un valor actual neto de S/ 1'878,355 soles. Por lo tanto, se concluye que la aplicación del RCM aumenta la disponibilidad de molinos granuladores de molino.

En el trabajo de Inga (2021) tuvo la finalidad de incrementar la disponibilidad en base a un plan de mantenimiento con RCM, para lo cual se emplearon los indicadores de MTTR y MTTR. La metodología de investigación fue aplicada, cuantitativo, explicativo y experimental; por otro lado, la población y muestra corresponde a 1 molino evaluado durante 1 año. El análisis de los indicadores luego de la implementación de cambios indica una mejora en la disponibilidad, dado que pasa de 87% a 93% entre los escenarios previo y posterior; adicionalmente, se empleó la estadística inferencial para confirmar si el análisis fue correcto y se obtuvo una significancia p-valor de $0.027 < 0.05$. Asimismo, el indicador de MTBF logró un incremento desde 81.05 a 226.67 horas, en tanto que el MTTR se redujo de 15.875 a 13.33 horas. Por último, se concluye que se evidenció una mejora significativa de la disponibilidad de molinos.

En Jara (2020) la finalidad se centró en la aplicación de los lineamientos de la metodología RCM para un impacto positivo en la disponibilidad mecánica. En este sentido, fue necesario el cumplimiento de objetivos específicos como determinar las causas primarias de las fallas, emplear hojas de decisión para las decisiones de mantenimiento, el incremento de la disponibilidad mecánica y el alcance de ahorros por el desarrollo de la propuesta. La metodología de investigación fue aplicada, cuantitativo, explicativo y experimental. La población y muestra fueron 2 molinos. El análisis de los molinos granuladores y sus características determinó que las fallas principales se centran en la caja de rodillos, el porta-disco de corte y la caja de transmisión directa; por otro lado, los trabajos para el cambio implican una secuencia de mantenimiento preventivo de 20, 40 y 100 horas según el nivel de criticidad. Los cambios logran un incremento en la disponibilidad desde 82% a 94.7% en promedio, en tanto que los indicadores de MTBF y MTTR pasaron de 14.4 a 15.4 horas y 4.2 a 3.1 horas, respectivamente. Adicionalmente, se obtuvo un valor actual neto de S/ 198,049 soles. En este sentido, se concluye que la metodología RCM logra un aumento de la disponibilidad de molinos granuladores en el sistema productivo.

Cotos et al. (2020) en su investigación la finalidad fue la implementación de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de molinos granuladores dentro del proceso de producción y para ello se cuenta con los indicadores de MTBF y MTTR. Respecto al análisis científico, la investigación desarrolla una metodología aplicada, cuantitativo, explicativo y experimental. La población y muestra corresponde a 8 molinos granuladores evaluados durante 8 meses. El análisis AMEF fue un aspecto clave para determinar los aspectos más críticos en el funcionamiento, de un total de 21 tipos de fallos, se identificaron 5 de alta severidad mediante el NPR, las cuales fueron la alta temperatura (268), circuitos de acondicionamiento (486), el panel de operador (324), las fallas de comunicación al PLG (240) y los problemas del variador (324). A partir de un nuevo sistema de mantenimiento se logra mejorar la disponibilidad desde 95.91% a 97.4% en los promedios del escenario previo y posterior; adicionalmente, el MTBF pasa de 26.67 a 39.52 horas y el MTTR

se reduce de 0.89 a 0.83 horas. Se cuenta con una viabilidad económica que se refleja en un valor actual neto de S/ 62,256 soles con una TIR de 76.3%. Finalmente, se concluye que la aplicación del RCM incrementa la disponibilidad de máquinas.

De acuerdo con Vásquez (2019) el objetivo principal fue incrementar la disponibilidad de los molinos granuladores mediante los lineamientos RCM, por lo que fue necesario la evaluación de los puntos críticos que generan averías, el planteamiento de cambios y la comparación de escenarios respecto a los indicadores de MTBF y MTTR. La investigación cuenta con una metodología de tipo aplicado, de enfoque cuantitativo, de nivel explicativo y de diseño experimental; por otro lado, la población y muestra corresponde a 9 molinos granuladores evaluados durante 1 año. Los instrumentos empleados fueron las fichas de recolección. En la fase de resultados se presenta la implementación de cambios en base a nuevos diagramas de flujo del proceso, el uso de hojas de decisión RCM y un sistema de supervisiones para conservar los lineamientos. A partir de ello, se observa una reducción del MTTR de 9.57 a 4.32 horas, en tanto que el MTBF pasa de 55.3 a 80 horas en promedio; todo ello determina un incremento de la disponibilidad de 85% a 95%. Adicionalmente, el análisis económico – financiero determinan un VAN de S/ 94,198 soles con una TIR de 18%. Por último, se concluye que la implementación RCM logra un incremento de la disponibilidad y una reducción de costos de reparación.

3.2.2. Bases teóricas

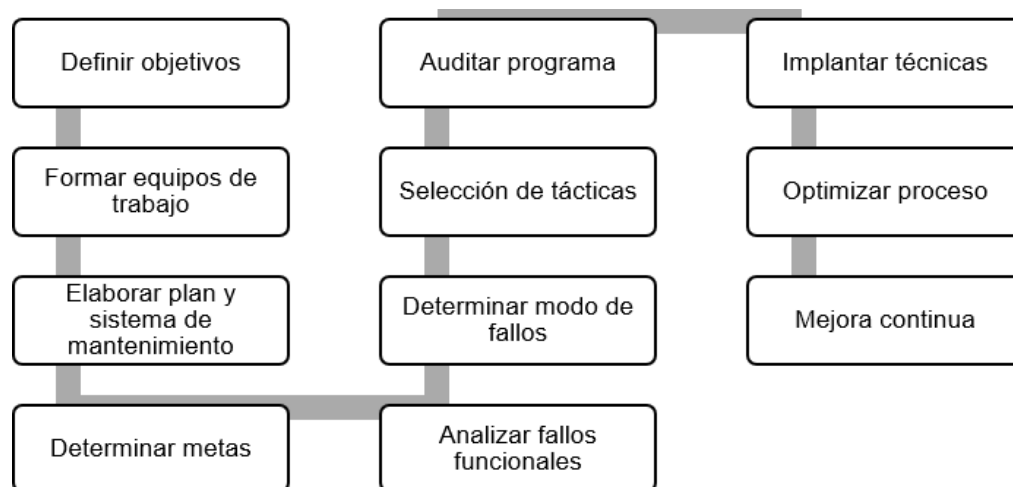
3.2.2.1. Variable independiente: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Casas y Barona (2019) mencionan que, a finales de la década de los sesenta, surge una técnica conocida por sus siglas en inglés RCM (*Reliability Centered Maintenance*) o mantenimiento centrado en la confiabilidad, el cual fue descrito por sus autores como una metodología que ayudaba a establecer

indicadores óptimos de mantenimiento para la industria aeronáutica, prestando especial atención a los riesgos de falla de los molinos granuladores. En otras palabras, indicaron que esta metodología se encargaba de evaluar las fallas, identificar sus causas y evaluar sus efectos y consecuencias, para que a partir de ello se eligieran las estrategias más adecuadas. Por otro lado, un concepto que surge del RCM es el de función vital, el cual hace referencia a un proceso que tiene como propósito establecer las acciones que se deben ejecutar para controlar el desempeño de los activos de una empresa.

Figura 11

Pasos de la metodología RCM



Nota. Extraído de González y Fuentes (2019)

En la figura anterior se menciona que la implementación de RCM inicia con la definición de objetivos del proceso de mantenimiento, luego se procede a formar los molinos granuladores de trabajo, se elabora un plan y sistema, se determinan las metas. A continuación, se analizan los fallos funcionales, se determina los modos de dichas fallas para la selección de tácticas; a partir de ello se audita el programa y se implantan técnicas para optimizar el proceso y finalmente, se busca la mejora continua.

Según Escaño et al. (2019) el mantenimiento correctivo se lleva a cabo al momento que ocurre la avería o falla, tomando en consideración el alcance del incidente para saber si se va a actuar de inmediato o si se puede realizar

después. Este tipo de mantenimiento se maneja bajo el enfoque reactivo, ya que la empresa solo toma acción cuando el incidente ocurre sin previa anticipación; así mismo, reconocen que este enfoque es poco recomendable debido a los altos costos que involucra a largo plazo; sin embargo, es el que más se usa. En contra parte de este enfoque que no resulta beneficioso, se debe plantear un mantenimiento eficaz a través del almacenamiento de la documentación correspondiente al proyecto de la industria que incluya las últimas actualizaciones realizadas; además, va a ser importante que el personal sea propio de la empresa con el fin que esté familiarizado con las instalaciones.

Según Pulido et al. (2021) la gestión de mantenimiento se encarga de asegurar que las operaciones de una empresa se ejecuten de manera constante con el propósito de mantener los productos o servicios circulando, así como para garantizar el funcionamiento de los demás sistemas relacionados que están relacionados con la empresa. Por otro lado, indican que existen tres enfoques sobre este tipo de gestión, tales como correctivo, el cual actúa de inmediato sobre las fallas que aparecen; preventivo, se basa en un plan fijo y; predictivo, sigue el diagnóstico de los activos de la empresa.

Para Medialdea y Corrales (2017) es importante que las acciones de mantenimiento se encarguen de revisar periódicamente los componentes de ciertos activos de una empresa con el propósito de reemplazarlos o cambiarlos debido a que se pueden encontrar deteriorados o averiados por su constante uso; así mismo, se debe prestar atención a las herramientas que se usan para realizar las acciones de mantenimiento, con el fin de revisar si estén en buen estado, de lo contrario arreglarlas o reemplazarlas. En ese sentido, se requiere contar con un personal capacitado quienes deben tomar en consideración aspectos como costos, rapidez en su respuesta y criterios de seguridad, esto último es fundamental ya que previene que se produzcan accidentes innecesarios.

En Escaño et al. (2019) se menciona que las instalaciones industriales requieren de mantenimiento con el fin de que sus molinos granuladores se encuentren en buen estado y, la mayor parte del tiempo, funcionen de manera adecuada. De cara a esta situación, la acción más observable es la de limpieza; sin embargo, existen otras medidas que deben ser tomadas en consideración desde un inicio, para lo cual es recomendable el uso de un software con el objetivo que éste se encargue de elaborar un plan de mantenimiento eficiente y que se acomode a las necesidades de la instalación industrial. En ese sentido, se consideran otros aspectos como el tiempo que se toma para realizar estas intervenciones, ya que una organización inadecuada acarrea más inconvenientes. Así mismo, cabe decir que los costos de mantenimiento son bastante elevados, por eso su importancia en planear una gestión adecuada de este proceso.

Pulido et al. (2021) indican que es indispensable que se cuente con periodos exclusivos donde se pueda inspeccionar y dar mantenimiento a los activos de una empresa tales como maquinaria, molinos granuladores informáticos, herramientas, entre otros; de manera que se pueda detectar oportunamente alguna falla o avería que necesite ser reparada. Estas acciones muchas veces se pueden llevar a cabo sin interrumpir las operaciones de un sistemas; sin embargo, en otras ocasiones se tendrá que paralizar el sistema con el propósito de realizar el mantenimiento correspondiente. En ese sentido, estas acciones tienen el propósito de prevenir complicaciones que pudieran generar una baja disponibilidad de los activos de una empresa.

De acuerdo con Medialdea y Corrales (2017) es importante asegurar que el personal calificado que va realizar estas acciones tenga conocimiento sobre las herramientas que usa con el propósito de disminuir las fallas o averías que puedan producirse, así como para evitar cualquier accidente; en ese sentido, estos operarios deben ser capaces de clasificar sus herramientas, realizar un uso correcto de los materiales de la empresa, conocer el orden adecuado de los materiales dentro de la instalación, etc. Además de ejecutar de la mejor

manera, minimizando retrasos en las reparaciones y aportando a la disponibilidad de los molinos granuladores.

De acuerdo con Escaño et al. (2019) el mantenimiento preventivo o programado tiene el propósito de prevenir fallas o averías en los molinos granuladores de una empresa a través de una evaluación rutinaria que se planifique de manera anticipada con el fin de poder actuar en los momentos en que las instalaciones hagan una pausa o en otras circunstancias donde la empresa no se vea perjudicada en cuestión de costos y tiempo, como sí sucede cuando se trabaja con el mantenimiento reactivo, ya que éste toma acción de manera imprevista. Existen tres enfoques de mantenimiento, como el enfoque correctivo, el cual resalta por su utilidad con molinos granuladores de corta duración, así como los bajos costos que genera; sin embargo, a largo plazo resulta ineficiente ya que eleva el costo total. El otro enfoque es el preventivo, el cual involucra menores costos totales durante el ciclo de vida de los molinos granuladores, eleva los niveles de disponibilidad y promueve una mayor eficacia en las tareas; pero que puede acarrear mayor uso de mano de obra ya que requiere de una mayor frecuencia de revisiones. El tercer enfoque es el predictivo que tiene como ventaja el aumento de la eficacia del funcionamiento y el incremento de la fiabilidad y disponibilidad, evitando tareas de mantenimiento innecesarias.

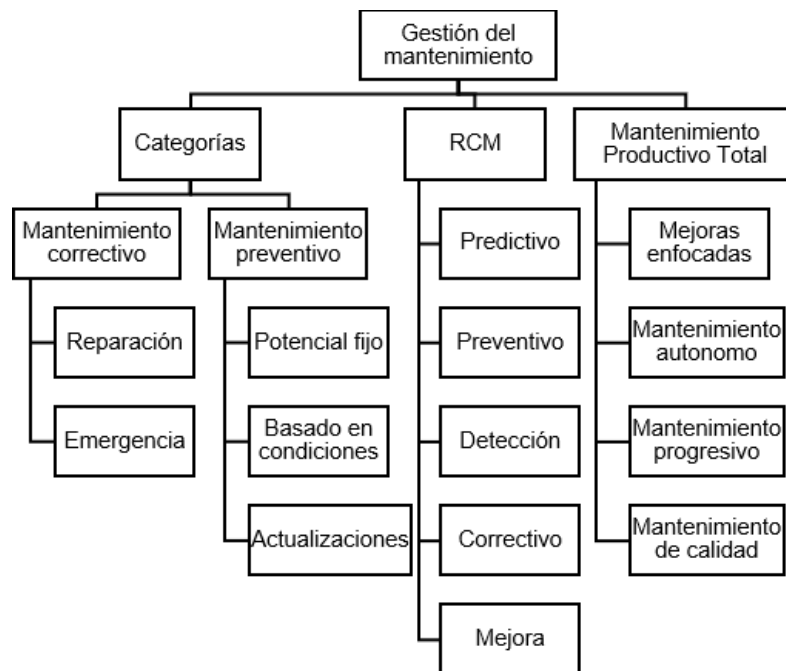
Ramírez (2017) indica que para los trabajos es necesario establecer las fechas en las que se va a realizar el mantenimiento preventivo y correctivo con el propósito de realizar estas actividades sin interrumpir las operaciones, asegurando la disponibilidad de los molinos granuladores. Luego, las etapas que continúan se encargan de evaluar las actividades planificadas en primera estancia, las cuales son de ejecución, de control que se encarga de medir el funcionamiento a través de indicadores de desempeño y, de evaluación. Así mismo, cabe indicar que para llevar a cabo estas últimas tres etapas se requiere plasmar en un documento el plan de mantenimiento.

De acuerdo con Pulido et al. (2021) las empresas que utilicen la gestión de mantenimiento para organizar la ejecución de sus operaciones, van a requerir desarrollar y mantener la capacidad de mantenimiento en su personal; así mismo, cada vez se va necesitar de operarios mejores capacitados y con mayor experiencia dependiendo de la complejidad en los sistemas que maneje un sistema. Por otro lado, se debe contar con instalaciones debidamente equipadas donde se puedan realizar las acciones de mantenimiento. En ese sentido, si las empresas cumplen con ambos requisitos, sus índices de disponibilidad mejorará, lo cual traerá beneficios en la empresa.

Según Casas y Barona (2019) el mantenimiento correctivo o por fallas tiene la responsabilidad de contar con un equipo de reparaciones especializado que además de solucionar averías fortuitas, apoye en la elaboración de programas que eviten averías en los molinos granuladores a futuro. En el caso del mantenimiento preventivo, estos colaboran en la reducción de la frecuencia y gravedad de las averías, permiten reducir costos de mantenimiento, etc.

Figura 12

Gestión del mantenimiento



Nota. Extraído de Casas y Barona (2019)

La gestión del mantenimiento se materializa en una serie de programas orientados a la mejora de la disponibilidad de los molinos granuladores, entre los cuales se encuentra el programa de mantenimiento de tipo correctivo, el cual se encarga de atender las emergencias que surgen en las instalaciones de la empresa con el propósito de reparar estas fallas en el menor tiempo posible; el mantenimiento preventivo, el cual se puede llevar a cabo basado en condiciones, actualizaciones o el potencial fijo; el RCM que tiene el propósito de predecir, prevenir, detectar, corregir y mejorar las averías que se puedan presentar en los activos de una empresa; por último, está el mantenimiento productivo total, el cual establece mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento progresivo y mantenimiento de calidad.

3.2.2.2. Dimensiones de metodología RCM

Tareas de mantenimiento (TM)

Linares (2018) destaca que las tareas de mantenimiento son esenciales para asegurar el óptimo funcionamiento de los molinos granuladores, reduciendo averías. Para emergencias, es fundamental una planificación adecuada y el cumplimiento de un programa de mantenimiento basado en la opinión de expertos, con una frecuencia establecida en días o semanas para evaluar su efectividad.

Ecuación 1 Cálculo de las tareas de mantenimiento (TM)

$$TM = \frac{\textit{Tareas cumplidas}}{\textit{Tareas planificadas}}$$

Confiabilidad del proceso (CP)

Casas y Barona (2019) señalan que la confiabilidad del proceso depende de verificar los sistemas de evaluación y de un mecanismo estandarizado de mantenimiento. Además, conservar buenas prácticas y cambios positivos es clave para mejorar el desempeño, donde la supervisión juega un rol crucial para aumentar la confiabilidad del proceso.

Ecuación 2 Cálculo de la confiabilidad del proceso (CP)

$$CP = \frac{\text{Inspecciones efectuadas}}{\text{Inspecciones planificadas}}$$

Número de prioridad de riesgo (NPR)

En Gupta y Sri (2016) se indica que el número de prioridad de riesgo es un factor de análisis ponderado que calcula la información correspondiente a la frecuencia, severidad y dificultad de detección de las fallas en un equipo o sistema. Para su cálculo se cuenta con la siguiente expresión.

Ecuación 3 Cálculo del número de prioridad de riesgo (NPR)

$$NPR = \text{Frecuencia} * \text{Gravedad} * \text{Detección}$$

Adicionalmente, en Suárez y Nieto (2020) se muestra una clasificación del NPR según el nivel de riesgo que se presenta la siguiente tabla.

Tabla 4

Clasificación del número de prioridad de riesgo

Valor de NPR	Nivel	Prioridad
1-27	Bajo	No es necesario desarrollar acciones
28-75	Medio	Se sugiere aplicar acciones en el mediano plazo
76-125	Alto	Es necesario tomar medidas en el corto plazo

Nota. Extraído de Suarez y Nieto (2020)

3.2.2.3. Variable dependiente: Disponibilidad

Según Caballero y Clavero (2016) la disponibilidad se define como aquella característica que tiene el objetivo de asegurar las operaciones dentro de un determinado periodo que, por lo general, suele ser continuo. Su valor usualmente es expresado como porcentaje en tanto que refiere la probabilidad de encontrar el sistema funcionando de manera adecuada en cualquier momento. Por otro lado, algunos conceptos asociados con el de alta disponibilidad son *unavailable* (sistema fuera de servicio), *downtime* (tiempo que el sistema se encuentra sin servicio), *uptime* (tiempo de actividad continuo del sistema), entre otros.

De acuerdo con García (2016) la disponibilidad se precisa como el tiempo que un sistema se mantiene operativo, es decir, ejecutando sus funciones; así mismo, tiene su fórmula que se expresa través de otros parámetros como lo son el MTBF que incluye la fiabilidad de los sistemas y la mitad del tiempo operativo, el MTTR que integra la mantenibilidad y la mitad del tiempo inoperativo. A partir de ello, se menciona la siguiente fórmula.

Ecuación 4 Cálculo de la disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Caballero y Clavero (2016) indican que la elaboración de un sistema de alta disponibilidad debe tener en consideración tres aspectos como la reducción de fallos únicos, actividad que consiste en agregar elementos considerados como puntos de fallo con el fin de exceder su cantidad en el sistema para poder identificarlos y eliminarlos; la fiabilidad en el procesamiento de datos, ya que en algunos sistemas la unión de los datos se puede convertir en puntos de fallo y; la detección de los fallos que se produzcan, a través de actividades de mantenimiento debido a que los usuarios no puede apreciar cuando aparece un fallo.

García (2016) indica que algunos factores relacionados con la disponibilidad se pueden introducir a través de las solicitudes de los clientes en medio de las fases de diseño y elaboración de un sistema. En ese sentido, para poder realizar la estimación de los valores enlazados con la disponibilidad, se toma en consideración valores como Ro (Apresto operativo), Ao (Disponibilidad operativa) y Ai (Disponibilidad inherente), los cuales se pueden calcular a partir de datos históricos que se encuentran en la fase de utilización.

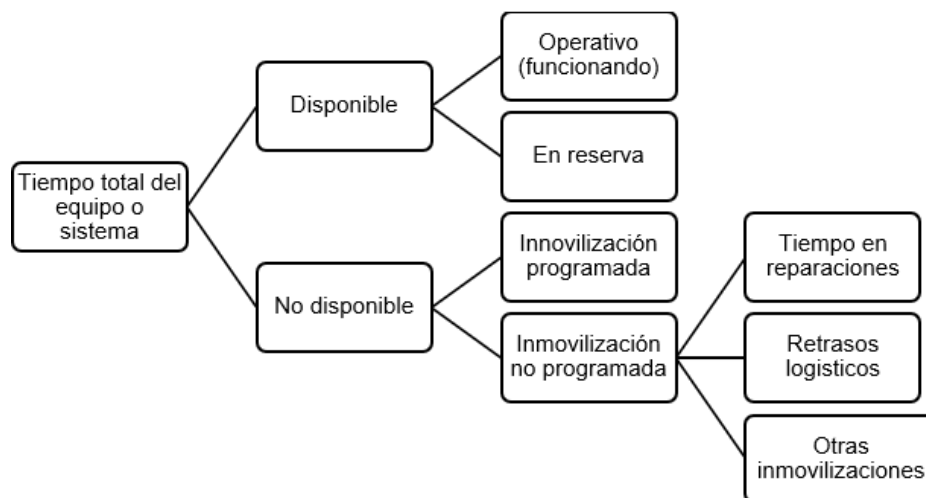
En este sentido, Ramírez (2017) menciona que la mayoría de los fabricantes brindan soporte técnico, el cual queda explícito en el contrato que se realiza con el adjudicatario, quien será el encargado de contactarse con el servicio técnico del fabricante, el cual debe estar abierto a apoyar y absolver las dudas

tanto del adjudicatario como del cliente, las cuales pueden estar relacionadas al funcionamiento y operación de los elementos del sistema contratado, detalles técnicos, entre otras dudas. Por otro lado, en caso la empresa interesada haya contratado un sistema, el software de dicho sistema será actualizado de manera gratuita con el propósito de mantenerlo en las mejores condiciones y así elevar la disponibilidad

Para Caballero y Clavero (2016) los índices que se utilizan en los sistemas son el MTBF, el cual indica la media del tiempo entre fallas de los elementos de un sistema que pueden ser reparados, el cual debe indicar cero en un sistema de alta disponibilidad. Así mismo, se encuentra el MTTF que se consigue a través del MTBF, pero solo aplica a casos donde los elementos del sistema no pueden ser reparados. Por último, está el MTTR, índice que mide el tiempo que toma llevar a cabo todas las actividades dirigidas a reparar el elemento para volver a hacer funcionar el sistema.

Figura 13

Disposición del tiempo en los sistemas



Nota. Extraído de García (2016)

Se observa que el tiempo total del sistema toma en consideración el tiempo que el sistema se encuentra disponible, es decir, el tiempo que se encuentra ejecutando sus operaciones, así como el tiempo que el sistema está en reserva. De igual manera, dentro del tiempo total se considera el tiempo que

el sistema no se encuentra disponible, donde se incluye las inmovilizaciones del sistema que han sido programadas, así como las que no lo han sido, lo cual responde a retrasos logísticos, tiempo en reparaciones, entre otras razones.

Según Caballero y Clavero (2016) las principales causas que ocasionan fallas, mermando la alta disponibilidad del sistema, se debe a fallas que se presentan en la red, aplicativos, copias de seguridad, seguridad lógica, entre otros. Así mismo, estos incidentes pueden originarse por falta de conocimiento en los componentes que se adquieren para el sistema, fallas que se pueden presentar en servicios externos relacionados con el sistema, etc.

3.2.2.4. Dimensiones de la disponibilidad

Tiempo medio entre fallas

De acuerdo con Fernández (2020) es un indicador que menciona el periodo en promedio en el cual se presenta una falla o avería que logra detener el equipo y su representación más tradicional corresponde a las siglas MTBF. En otras palabras, es la media del tiempo transcurrido entre una falla y otra; su análisis es de gran importancia para conocer el nivel de la disponibilidad dado que se requiere un alto valor del tiempo operando del equipo.

Ecuación 5 Cálculo del tiempo entre fallas (MTBF)

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo de funcionamiento}}{\textit{N}^\circ \textit{ fallos}}$$

En Tabuyo (2015) se indica que en el análisis de la disponibilidad el MTBF indica el tiempo en promedio dentro del cual un equipo o sistema no presenta fallas, en tanto que se desea un valor elevado para continuar con el proceso operativo de forma sistematizada e ininterrumpida.

Tiempo medio para reparaciones

Según Fernández (2020) menciona el promedio en el cual un equipo es restaurado luego de una falla y se encuentra operativo para el trabajo. Las empresas con alto nivel de organización requieren que este valor sea el menor

posible a fin de mantener una producción constante. Su representación más conocida es a través de las siglas MTTR.

Ecuación 6 Cálculo del tiempo medio para reparaciones (MTTR)

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de reparaciones}}{N^{\circ} \text{ fallos}}$$

En Tabuyo (2015) se indica que el tiempo de inactividad por las reparaciones afectan la disponibilidad, lo cual perjudica a la empresa, además los fallos requieren de cambios de piezas o reparaciones costosas, por lo que se desea que cada vez sean menores. El indicador de MTTR expresa el promedio en el cual las averías son solucionadas por el departamento de mantenimiento.

3.3. Diagnóstico inicial

En primer lugar, se presenta el diagnóstico sobre la gestión del mantenimiento; en este sentido, realizar un diagnóstico inicial o línea base en la evaluación de la gestión del mantenimiento es crucial, ya que proporciona una referencia objetiva y detallada del estado actual. Este análisis permite identificar deficiencias, áreas de mejora y establecer prioridades, asegurando una asignación eficiente de recursos. Además, facilita la comparación de resultados futuros. Una línea base bien definida es esencial para el diseño de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo, contribuyendo a la optimización del rendimiento operativo y la reducción de costos asociados a fallos y reparaciones imprevistas.

Figura 14

Resumen de datos iniciales

Variable	Indicador	Promedio
Metodología RCM	Tareas de Mantenimiento (TM)	75.8%
	Confiabilidad del Proceso (CP)	68.9%
	Número de Prioridad de Riesgo (NPR)	268.3
	Tiempo Medio entre Fallas (MTBF)	44.7 horas
Disponibilidad operativa	Tiempo Medio para Reparaciones (MTTR)	5.9 horas
	Disponibilidad	88%

Nota. Desarrollo a partir de los indicadores iniciales de la empresa

La tabla anterior ofrece un resumen de los indicadores de las variables relacionadas con RCM y la disponibilidad operativa. En cuanto al primer caso, se destaca que la TM promedio alcanzó un 75.8%, sugiriendo que las tareas de mantenimiento en la empresa no se completan; asimismo, la CP promedio fue del 75.8%, lo que indica un bajo nivel de cumplimiento; además, el NPR promedio fue de 268.3, lo cual apunta a la necesidad de introducir cambios. En relación con la segunda variable, durante el periodo previo se registró un MTBF promedio de 44.7, lo que sugiere un número elevado de averías, y un MTTR de 5.9, indicando dificultad en la reparación del equipo. La disponibilidad fue del 88%, lo que señala la necesidad de implementar acciones correctivas.

3.3.1. Variable independiente: Metodología RCM

En la situación previa es necesario conocer el desempeño de los trabajos de mantenimiento en el escenario previo a la implementación, en tanto que se señala como punto de partida para cambios significativos e importantes en el funcionamiento. A partir de ello, se han calculado los valores de la metodología RCM antes de los cambios:

Tabla 5

Análisis de la metodología RCM previo

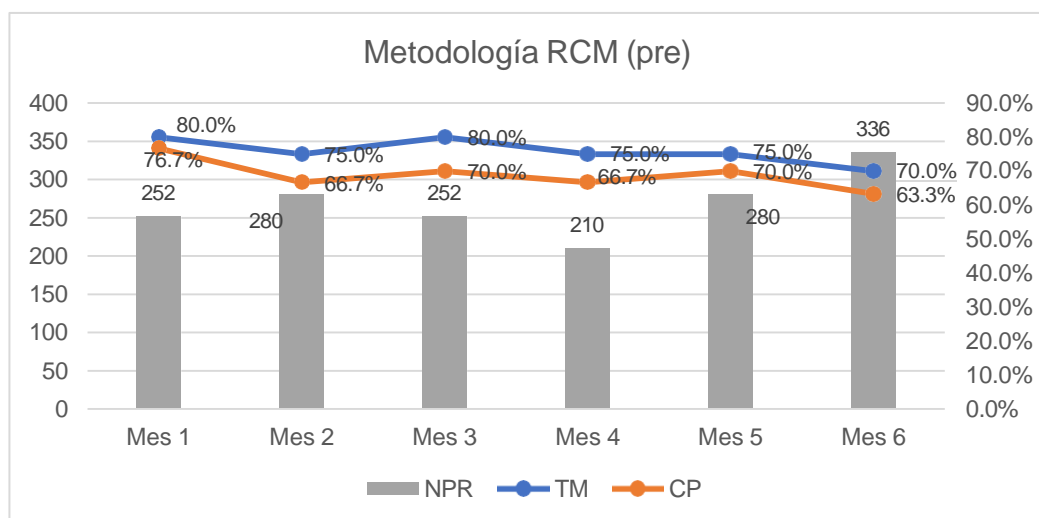
Periodo	Tareas de mantenimiento			Confiabilidad del proceso			Número de Prioridad de Riesgo			
	Tareas cumplidas	Tareas totales	TM	Inspec. Hoja RCM	Inspec. Programada.	CP	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Mes 1	48	60	80.0%	23	30	76.7%	7.0	6.0	6.0	252
Mes 2	45	60	75.0%	20	30	66.7%	8.0	5.0	7.0	280
Mes 3	48	60	80.0%	21	30	70.0%	7.0	6.0	6.0	252
Mes 4	45	60	75.0%	20	30	66.7%	6.0	5.0	7.0	210
Mes 5	45	60	75.0%	21	30	70.0%	7.0	5.0	8.0	280
Mes 6	42	60	70.0%	19	30	63.3%	8.0	6.0	7.0	336

Nota. Desarrollo a partir de los indicadores iniciales de la empresa

Para el caso de las tareas de mantenimiento, se evidenció una evolución irregular con tendencia a la baja, dado que no se logra cumplir con las 60 actividades previstas y solo se desarrollan entre 42 y 48 de ellas. Por otro lado, la confiabilidad del proceso se expresa en el uso de las hojas de decisión

RCM durante el mes, el cual muestra un cumplimiento entre 63.3% y 76.7% como mínimo y máximo, respectivamente. Finalmente, el NPR indica el nivel de criticidad, el cual al ser superior a 125 puntos implica una necesidad de cambio y acciones correctivas prontas, tal como se ha evidenciado en los valores de los 6 meses previos.

Figura 15
Evolución de la metodología RCM previo



Nota. Desarrollo a partir de los indicadores iniciales de la empresa

El nivel de cumplimiento de las tareas y la confiabilidad del proceso muestran un comportamiento irregular hacia la baja, en tanto que el número de prioridad de riesgo (NPR) se ha incrementado a lo largo de los 6 meses; ello muestra un deficiente nivel de las actividades de mantenimiento, para lo cual se requieren cambios.

3.3.2. Variable dependiente: Disponibilidad Operativa

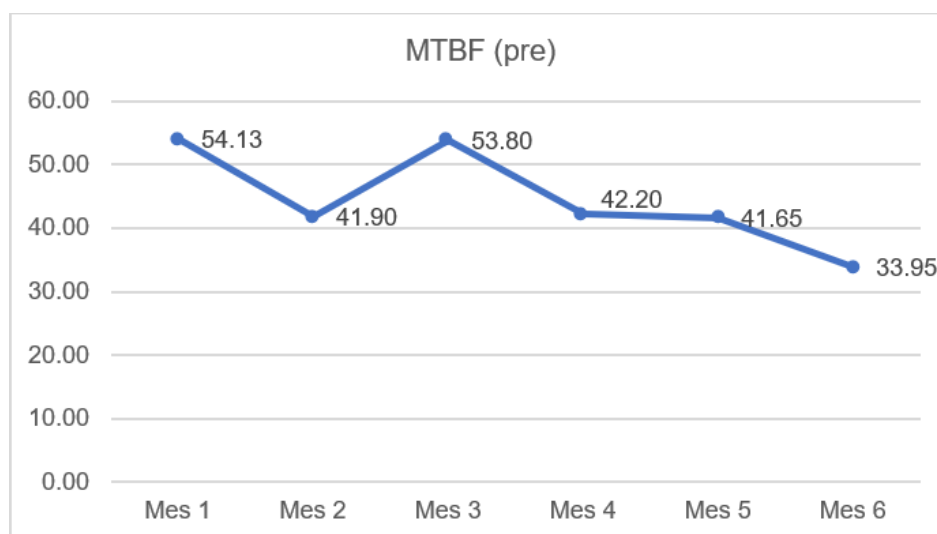
La disponibilidad operativa del molino es la variable que se desea modificar, en tanto que se ha identificado como problema central. En este sentido, es preciso conocer los valores previos a fin de evaluar el impacto en el escenario posterior a los cambios; los valores de la disponibilidad, expresado también en el MTBF y MTTR, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 6*Análisis de la disponibilidad previo*

	Tiempo medio entre fallas			Tiempo medio para reparaciones			Disponibilidad.
	Horas de operación	N° fallas	MTBF	Horas de mantenimiento	N° fallas	MTTR	
Mes 1	216.50	4	54.13	23.50	4	5.88	90.2%
Mes 2	209.50	5	41.90	30.50	5	6.10	87.3%
Mes 3	215.20	4	53.80	24.80	4	6.20	89.7%
Mes 4	211.00	5	42.20	29.00	5	5.80	87.9%
Mes 5	208.25	5	41.65	31.75	5	6.35	86.8%
Mes 6	207.00	6	34.50	33.00	6	5.50	86.3%

Nota. Desarrollo a partir de los indicadores iniciales de la empresa

El número de las averías ha sido creciente, lo cual implica que el MTBF será cada vez menor; por otro lado, el tiempo de las horas de mantenimiento también se ha incrementado, lo cual indica la dificultad de reparar el equipo; por lo tanto, la disponibilidad será cada vez más baja.

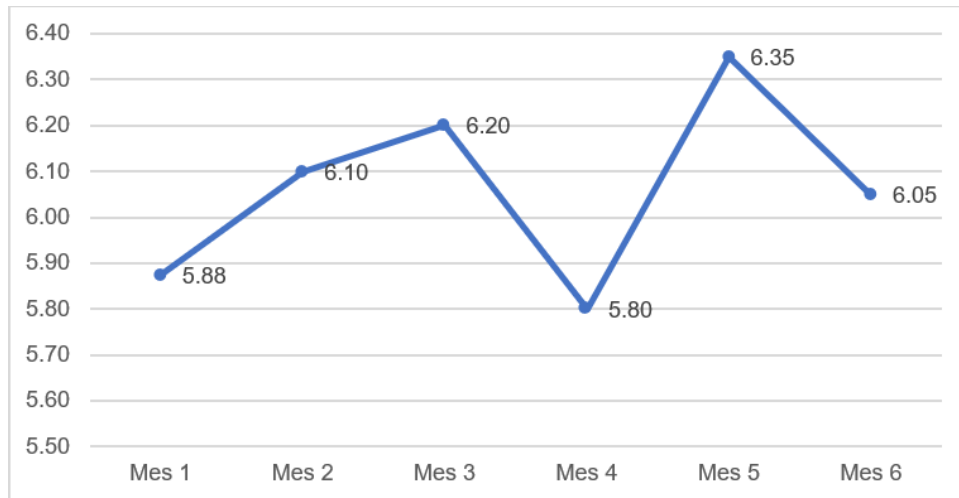
Figura 16*Evolución del MTBF previo (expresado en horas)*

Nota. Desarrollo a partir de los indicadores iniciales de la empresa

El MTBF en el escenario previo se ha ido reduciendo de forma significativa, pasando de 54.13 horas en el primer mes a 33.95 horas en el sexto mes; a partir de ello es posible mencionar que el equipo se encuentra menos tiempo en las operaciones, lo cual afecta de forma negativa la producción.

Figura 17

Evolución del MTTR previo (expresado en horas)

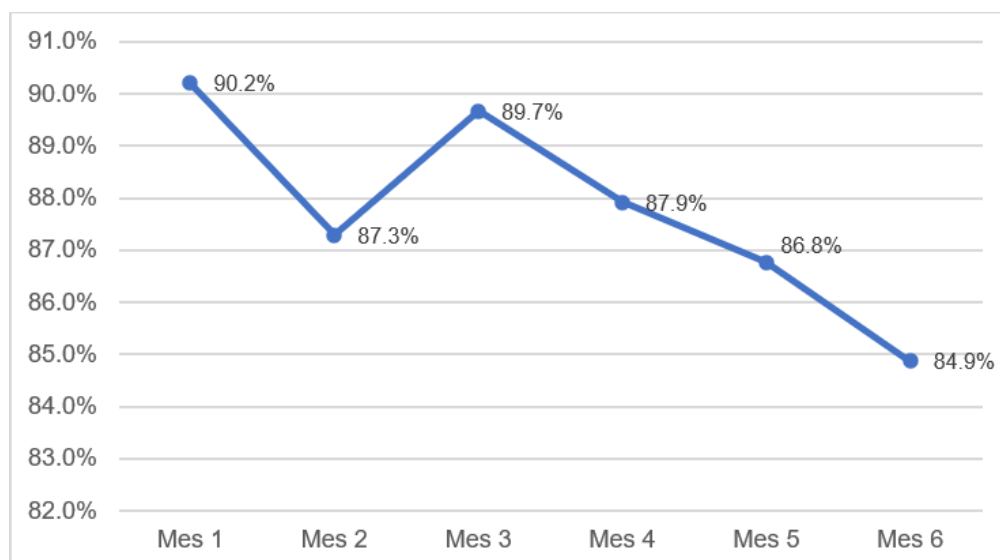


Nota. Desarrollo a partir de los indicadores iniciales de la empresa

Por otro lado, el MTTR durante los 6 meses de evaluación previa muestra un comportamiento al alza, lo que señala la dificultad para mantener en buen estado el molino; ello en parte por el poco conocimiento de sus características y componentes. El valor inicial fue de 5.88 horas en el primer mes y su punto máximo fue en el mes 5 con 6.35 horas.

Figura 18

Evolución de la disponibilidad previo



Nota. Desarrollo a partir de los indicadores iniciales de la empresa

La disponibilidad en el escenario previo indica una clara disminución durante cada mes, ello se debe aún menor tiempo entre fallas y a un mayor tiempo para las reparaciones; en este sentido, la disponibilidad inicial del mes 1 fue de 90.2%, la cual se reduce de forma sostenida hasta el valor de 84.9% en el mes 6. Este punto indica la necesidad de plantear acciones correctivas para un cambio positivo en el futuro.

3.4. Desarrollo de la mejora

El planteamiento de cambios consta de 5 etapas, todo ello fue implementado durante 6 meses de forma progresiva a fin de observar de manera secuencial un cambio en la disponibilidad del molino. Para graficar adecuadamente la secuencia de pasos a seguir se presenta un diagrama de Gantt.

3.4.1. Planificación

La planificación de actividades fue esencial, ya que garantiza que las tareas se realicen de manera organizada y eficiente. Una planificación adecuada permite la programación de intervenciones preventivas y correctivas. Además, facilita la coordinación entre diferentes equipos y departamentos, asegurando que todos los involucrados estén alineados con los objetivos. La planificación también ayuda a prever y mitigar posibles riesgos, mejorando la seguridad y la fiabilidad. Una planificación eficaz es clave para reducir costos y prolongar la vida útil de los activos, contribuyendo significativamente a la sostenibilidad operativa y el éxito empresarial, como se muestra en los Anexos 8, 9 y 13 del presente trabajo.

3.4.1.1. Viabilidad económica

Se realizó el análisis económico; el mismo que se consolida en el flujo de caja proyectado y los indicadores financieros.

Tabla 7*Costos de implementación*

Fase	Actividad	Cantidad	Precio unitario	Costo
Gestión del área	Limpieza general	1	S/ 450.0	S/ 450.0
	Desinfectantes	10	S/ 11.5	S/ 115.0
	Trapos	50	S/ 0.5	S/ 25.0
	Alcohol	10	S/ 12.0	S/ 120.0
	Cajas de embalaje	25	S/ 7.5	S/ 187.5
	Anaqueles	8	S/ 120.0	S/ 960.0
	Hoja de decisión RCM	24	S/ 2.5	S/ 60.0
Análisis RCM	Formatos de mantenimiento	24	S/ 1.5	S/ 36.0
	Procedimientos	2	S/ 20.0	S/ 40.0
	Repuesto 1	4	S/ 2,350.0	S/ 9,400.0
	Repuesto 2	3	S/ 3,500.0	S/ 10,500.0
	Insumo 3	8	S/ 750.0	S/ 6,000.0
FMEA	Insumo 4	10	S/ 1,050.0	S/ 10,500.0
	Asesoría de expertos	12	S/ 180.0	S/ 2,160.0
	Fichas de evaluación	6	S/ 2.5	S/ 15.0
	Cronograma	6	S/ 3.5	S/ 21.0
Capacitación	Costo de charlas	1	S/ 750.0	S/ 750.0
	Instructivos	5	S/ 4.5	S/ 22.5
	Materiales de consulta	8	S/ 75.0	S/ 600.0
Supervisiones	Auditoría externa	1	S/ 1,200.0	S/ 1,200.0
	Formatos de supervisión	30	S/ 3.0	S/ 90.0
	Cronograma	1	S/ 50.0	S/ 50.0
	Asesoría de gestión de calidad	6	S/ 450.0	S/ 2,700.0
Total				S/ 46,002.00

Nota. Costos de la propuesta en base a los precios de mercado

Se enlistan los elementos requeridos para cada una de las fases y actividades, así como las cantidades y sus precios. Entre los elementos se encuentran desinfectantes, alcohol, anaqueles, formatos de mantenimiento, repuestos, fichas de evaluación, instructivos, auditoría, asesoría de gestión de calidad, entre otros. A su vez, el costo total fue S/ 46,002 soles.

Tabla 8*Resumen de gastos de implementación*

Partida	Costo	Aplicaciones	Total
Implementación	S/ 43,602.00	1	S/ 43,602.00
Mantenimiento	S/ 2,400.00	6	S/ 14,400.00
Total			S/ 58,002.00

Nota. Costos de la propuesta en base a los precios de mercado

Adicionalmente, se calculó que los costos por implementación y mantenimiento ascienden a S/43,602 soles y S/14,400 soles, respectivamente; por tanto, el costo total corresponde a S/58,002 soles. El análisis del flujo de caja de los beneficios y costos de la implementación se presentan en la siguiente.

Tabla 9

Flujo de caja

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Ingresos							
Fallas pre		4	5	4	5	5	6
Fallas post		3	4	3	2	1	1
Reducción de fallas		1	1	1	3	4	5
Costos unitarios de reparación		S/ 8,750	S/ 8,750	S/ 8,750	S/ 8,750	S/ 8,750	S/ 8,750
Ahorro		S/ 8,750	S/ 8,750	S/ 8,750	S/ 26,250	S/ 35,000	S/ 43,750
Costos							
Implementación	-S/ 43,602	-S/ 2,400	-S/ 2,400	-S/ 2,400	-S/ 2,400	-S/ 2,400	-S/ 2,400
Mantenimiento							
Costos totales	-S/ 43,602	-S/ 2,400	-S/ 2,400	-S/ 2,400	-S/ 2,400	-S/ 2,400	-S/ 2,400
Flujo de caja	-S/ 43,602	S/ 6,350	S/ 6,350	S/ 8,753	S/ 26,250	S/ 35,004	S/ 41,350
Flujo acumulado	-S/ 43,602	-S/ 37,252	-S/30,902	-S/ 22,149	S/ 4,101	S/ 39,105	S/ 80,455

Nota. En base a los datos de la experiencia profesional se calcularon los ingresos provenientes del ahorro de mantenimiento por la reducción de fallas

El desembolso por el costo implementación se realiza en el periodo cero y durante los 6 meses de aplicación del proyecto; asimismo, se registran ahorros debido a la reducción de fallas, por lo que a partir del primer mes se perciben ganancias por S/ 6,350, de manera que, en el sexto mes, se tiene un acumulado por S/ 80,455 soles; es decir, se recupera por mucho el costo de implementación.

Tabla 10*Indicadores financieros*

Indicador	Valor
Costo de Oportunidad del Capital (COK) mensual	0.5 %
Valor Actual Neto (VAN)	S/ 77,328.01 soles
Tasa Interna de Retorno (TIR)	27.11%
Relación de beneficios sobre costos (B-C)	2.26 veces
Periodo de recuperación	3.8 meses

Nota. En base a los resultados del flujo

Finalmente, se calcula el valor de algunos indicadores financieros, tal como el COK, valuado en 6% anual o su tasa equivalente de 0.5% mensual, que representa la tasa de rendimiento mínima aceptada, en el caso de la empresa analizada, corresponde a la tasa de depósitos a plazo fijo para personas jurídicas pactada con una entidad bancaria local y, por tanto, el mínimo costo de oportunidad mensual. Esta información financiera fue proporcionada por la misma compañía. Asimismo, se calcula el VAN en S/ 77,328.01 soles; es decir, los ingresos generados debido a la implementación del proyecto permiten recuperar los costos logrando un valor actualizado positivo. También, la TIR del RCM se calcula en 27.11%, lo que representa una rentabilidad relativamente alta para el proyecto; a su vez, ratio B-C se calcula en 2.26, lo que significa que por cada sol invertido se obtiene un beneficio de 2.26 soles. Por último, se calcula que los periodos necesarios para recuperar la inversión realizada son 3.844 meses; por tanto, durante los meses restantes, se acumulan los ingresos generando rentabilidad

3.4.1.2. Cronograma de actividades

A fin de mejorar la planificación se ha desarrollado un cronograma de actividades que es vital para la gestión del mantenimiento, ya que proporciona una estructura temporal clara para la ejecución de tareas. Este instrumento permite programar intervenciones preventivas y correctivas, evitando interrupciones no planificadas en la operación. Además, un cronograma bien elaborado ayuda a prever y mitigar riesgos, mejorando la seguridad y la fiabilidad de los equipos.

Figura 19

Diagrama de Gantt

Fase	Actividad	Duración	M 1		M 2				M 3				M 4				M 5				M 6			
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22
Gestión del área	Limpieza general	9 semanas	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Orden	4 semanas						█	█	█	█													
	Clasificación de herramientas y repuestos	6 semanas					█	█	█	█	█	█												
	Gestión visual	6 semanas									█	█	█	█	█	█								
Capacitación	Charla taller 1	4 semanas	█																					
	Charla taller 2	4 semanas		█																				
	Charla taller 3	4 semanas			█																			
	Charla taller 4	4 semanas				█																		
	Charla taller 5	4 semanas					█																	
	Charla taller 6	4 semanas						█																
Análisis modal de fallas y efectos	Recolección de datos	8 semanas	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Análisis de fallas	4 semanas																						
	Análisis de severidad	2 semanas																						
	Análisis de ocurrencia	4 semanas																						
	Análisis de dificultad de detección	3 semanas																						
Análisis RCM	Diagrama de operaciones del proceso	4 semanas																						
	Diagrama de análisis del proceso	8 semanas																						
	Procedimientos de trabajo	7 semanas																						
	Hoja de decisión RCM	5 semanas																						
Controles	Formatos de supervisión	9 semanas	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Sistema de control	9 semanas																						
	Programación de auditorías	8 semanas																						
	Mejora continua	3 semanas																						

Nota. Elaboración en base a un horizonte temporal de seis meses para la propuesta

3.4.2. Hacer

Esta fase se centró en la implementación de las acciones planificadas, en tanto que, tras la fase de planificación, donde se definen objetivos y estrategias. Ello implicó ejecutar las actividades conforme a lo establecido, esta fase es crucial para poner en práctica las mejoras y cambios previstos, recopilando datos y observaciones relevantes para su evaluación posterior. La eficacia de esta etapa depende de la correcta asignación de recursos y la adherencia a los procedimientos y manuales, como se muestra en los anexos 3, 4, 5, 6 y 7 del presente trabajo.

3.4.2.1. Fase 1: Gestión del área

Se ejecutan las actividades relacionadas a la gestión del área, las mismas que se orientan a la limpieza y orden del espacio de trabajo. A continuación, se presentan las fichas y formatos utilizados:

Figura 20

Programa de limpieza central

FORMULARIO DE CONTROL DE LIMPIEZA CENTRAL

TAREAS DE MANUTENCION DE LIMPIEZA REALIZADAS EN EL MES DE: _____

PERIODO (DÍAS): DESDE _____ HASTA _____

ITEM	UBICACIÓN	LABOR O TAREA	EJECUTADO	FRE CUENCIA					OBSERVACIONES
				Diario	Inter-diario	Semanal	Quincenal	Mensual	
1	TALLER DE MANTI.	Desalojo de basura de tachos		X					de lunes a viernes a partir de las 17h30
2		Limpieza de mesas de trabajo		X					de lunes a viernes a partir de las 17h30
3		Limpieza de herramientas			X				de lunes a viernes a partir de las 17h30
4		Barrido de pisos			X				de lunes a viernes a partir de las 17h30
5		Trapear pisos			X				de lunes a viernes a partir de las 17h30
6		Limpieza anaqueles			X				de lunes a viernes a partir de las 17h30
7		Limpieza de insumos			X				de lunes a viernes a partir de las 17h30
8		Limpieza maquinas			X				de lunes a viernes a partir de las 17h30
9		Desempolvar sillas y mesas			X				de lunes a viernes a partir de las 17h30
10		Desempolvar			X				de lunes a viernes a partir de las 17h30
11		Retiro de telarañas				X			Fin de semana
13		Limpieza ventanales fachada exterior					X		Fin de semana
14		Revisión de condiciones y presentación en general						X	Técnicos y Supervisores ejecutarán esta labor
15		Lavado de paneles						X	Fin de semana
16		PATIO DE MANIOBRAS	Desalojo de basura de tachos		X				
18	Limpieza y desinfectada			X					de lunes a viernes a partir de las 17h30
19	Barrer pisos				X				de lunes a viernes a partir de las 17h30
20	Trapear y desinfectar pisos					X			de lunes a viernes a partir de las 17h30
22	Limpieza						X		de lunes a viernes a partir de las 17h30
23	Retiro de telarañas						X		Fin de semana
24	ZONAS ALEDAÑAS		Recoger basura			X			de lunes a viernes a partir de las 7h30
25	barrer patio					X		de lunes a viernes a partir de las 7h30	
26	baldear patio						X	de lunes a viernes a partir de las 7h30	

Nota. Desarrollo para la organización de la limpieza en el área

Se especifican las actividades que se llevarán a cabo en las diferentes ubicaciones de la empresa; por ejemplo, en el taller de mantenimiento se realiza el desalojo de basura de tachos en una frecuencia diaria, de lunes a viernes a partir de las 17:30 horas; asimismo, se realiza la limpieza de herramientas de manera interdiaria a partir de las 17:30 horas; también, se lleva a cabo la limpieza de ventanas en la fachada exterior de manera quincenal en fines de semana; mientras que, el lavado de paneles se realiza mensualmente los fines de semana. Por otro lado, en el patio de maniobras, se realiza el barrido de pisos, trapeado y retiro de telarañas con diferentes frecuencias; así como, en las zonas aledañas se recoge la basura y el barrido de residuos, semanal y quincenal, respectivamente.

Figura 21

Elementos encontrados en la limpieza central

Fecha:					
ELEMENTOS ENCONTRADOS					
Nº	Descripción del artículo	Lugar donde se encontró	Necesario	Innecesario	Decisión
1	Cintas adhesivas	Oficina	X		Reubicarlo
2	Lijas usadas	Taller		X	Desecharlo
3	Retazos de cintas	Almacén		X	Desecharlo
4	Bujías usadas	Taller		X	Venderlo
5	Recipiente de aceite vacío	Taller, obra		X	Venderlo
6	Cajas de repuestos vacías	Taller, almacén		X	Venderlo
7	Latas de grasa usadas	Taller	X		Sacarlo del área
8	Recipientes con aceite	Taller, obra		X	Desecharlo
9	Artículos de limpieza	Taller, obra	X		Reubicarlo
10	Uniformes viejos	Taller, Vestuarios		X	Desecharlo
11	Autopartes deterioradas	Taller		X	Venderlo
12	Mobiliario en desuso	Taller, obra		X	Venderlo
13	Elementos ajenos al giro	Taller, obra		X	Reubicarlo
14	Pósteres publicitarios	Taller, oficina		X	Desecharlo
15	Maquinaria en desuso	Taller		X	Venderlo

Elaborado por: _____

Firma _____

Nota. Desarrollo para la organización de la limpieza en el área

También, se realiza el registro de los elementos encontrados durante la limpieza, su ubicación, el nivel de utilidad y la decisión que se toma respecto al destino del objeto en la oficina y se consideran si fueron necesarias, por lo que se determina reubicarlas; de la misma manera, se decide la reubicación

Figura 23*Formato de control de orden*

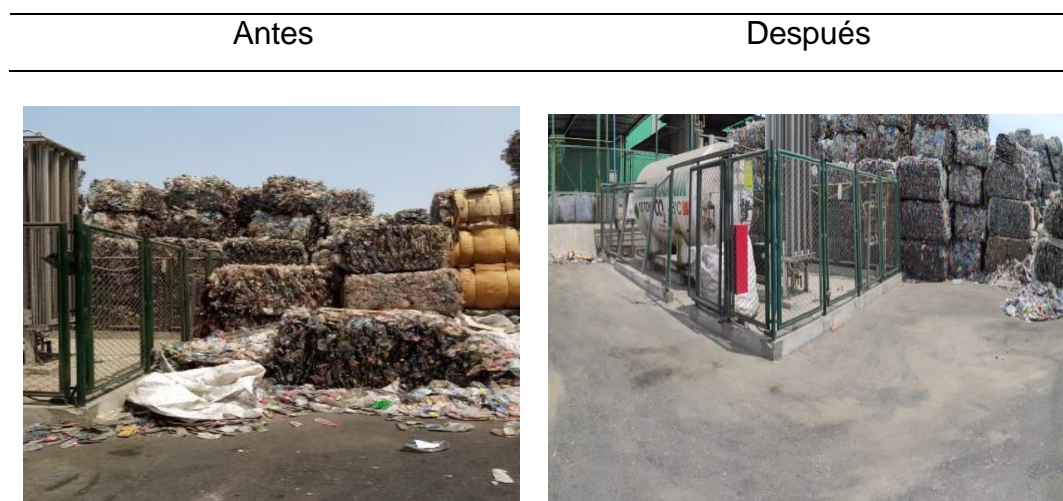
Área:	Taller de mantenimiento	Auditado por:	
Fecha:	__/__/2022		John
Formato de control de orden en el área			
Short	Eliminar lo necesario	Si	No
	Accesorios y herramientas en el área		
	Manual obsoleto en exceso ha sido reparado o eliminado		
	Etiquetas rojas en el área son correctamente utilizadas		
	No se encuentran artículos innecesarios en el área de trabajo		
Straighten	Organizar el área	Si	No
	Equipos e insumos bien ubicados		
	Ubicaciones claramente identificadas		
	El material defectuoso está bien etiquetado		
	Comunicación visual establecida		
Scrub	Limpiar y resolver	Si	No
	Pisos y superficie de trabajo limpia		
	Desperdicios y basura reciclable en su lugar		
	Ambiente de trabajo bueno		
	Pocos problemas, puntuales y fácil de resolver		
Safety	Identificar y resolver riesgos	Si	No
	Hojas con datos de seguridad de los materiales		
	Extintores y elementos de seguridad funcionando		
	Entrenamiento en labores RCP		
	Pocas condiciones de inseguridad fácil del resolver		
Standardize	Quien realiza las actividades	Si	No
	El trabajo estándar esta publicado		
	Procedimientos para la limpieza y seguridad publicados		
	Correcto control de documentación		
	Reuniones semanales		
Sustain	Autodisciplina	Si	No
	La publicación del trabajo es seguida		
	Los procedimientos se cumplen		
	Las mediciones publicadas son actuales		
	Tableros de información bien utilizados		
	Área de trabajo limpia y bien cuidada		

Nota. Desarrollo para la organización de la limpieza en el área

En la etapa de eliminar lo necesario se inspeccionan los accesorios, herramientas, manuales, el etiquetado y la obsolescencia de los artículos, determinando si se encuentra en buena condición o no. Asimismo, en la etapa de organizar se consideran la ubicación de los molinos granuladores, el etiquetado de los materiales defectuosos y la comunicación visual; mientras que, en la etapa de limpiar, se verifica el estado de los pisos, la reciclabilidad, el ambiente de trabajo, entre otros; también, se inspecciona la etapa de identificación y evaluación de riesgos, donde se analizan elementos como las hojas de datos de seguridad o el entrenamiento en labores RCP, entre otros lineamientos.

Tabla 11

Comparación de escenarios en el orden del área



Nota. Análisis comparativo entre el escenario previo y posterior en el área

En la figura anterior se muestra un cuadro comparativo entre la situación previa y la situación posterior al orden del área; al lado izquierdo, se observa que el espacio posee elementos dañados colocados en el piso, además de impedir el paso y provocar su mal funcionamiento; mientras que, al lado derecho, se observa el espacio que permite un tránsito fluido, sin elementos fuera de lugar que provoquen retrasos de todo tipo.

3.4.2.2. Fase 2: Capacitación

En la presente sección se muestran los formatos y fichas utilizados para llevar a cabo las capacitaciones sobre la metodología a aplicar y su control respectivo.

Figura 24

Formato de registro de capacitación

		REGISTRO DE CAPACITACIÓN			RDH S-F01 Versión 005 __/__/2021	
N° REGISTRO: 0001						
DATOS DEL EMPLEADOR:						
RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL	RUC	DOMICILIO (Dirección, distrito, departamento, provincia)	ACTIVIDAD ECONÓMICA	N° TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL		
MARCAR (X)						
INDUCCIÓN	CAPACITACIÓN	ENTRENAMIENTO			SIMULACRO DE EMERGENCIA	
	X					
TEMA:						
FECHA:						
NOMBRE DEL CAPACITADOR O ENTRENADOR						
DURACIÓN						
APELLIDOS Y NOMBRES DE LOS CAPACITADOS		N° DNI o CE	ÁREA	FIRMA	OBSERVACIONES	
RESPONSABLE DEL REGISTRO						
Nombre:						
Cargo:						
Fecha:						
Firma						

Nota. Desarrollo para la gestión de las capacitaciones en el área

En el formato especifican los datos, tales como la razón social, el tipo de actividades económica y la cantidad de trabajadores. Asimismo, se detalla el tema de capacitación, la fecha, el nombre del facilitador y la duración del taller; también, se incluyen los datos de los asistentes y del responsable del registro.

Figura 25

Matriz de capacitaciones

		MATRIZ DE CAPACITACIÓN										
Contenido de la capacitación		Cronograma Capacitación		Cargo participantes	Nombre Instructor	Duración	Indicador Cobertura			Indicador Eficacia		
Nombre de la capacitación	Objetivo de la capacitación	Fecha Programada	Fecha de realización	Cargo de colaboradores participantes	Quien realizó la Capacitación	Duración de la capacitación	Asistentes	Trabajadores programados	% Cobertura	Nº evaluados	Nº de aprobados	Eficacia %
Trabajo en equipo	Conocer la importancia del equipo y coordinación	1 Sem/ 2 Sem 2021	15-Ene	Producción y mantenimiento	Jhonn	30 minutos	25	30	83.33%	25	20	80.0%
AMEF	Aprender a realizar un análisis modal de fallas y efectos	2 Sem/ 2 Sem 2021	30-Ene	Mantenimiento	Jhonn	30 minutos	28	30	93.33%	28	25	89.3%
RCM	Principios de la metodología del mantenimiento RCM	3 Sem/ 2 Sem 2021	15-Feb	Producción y mantenimiento	Jhonn	30 minutos	29	30	96.67%	29	26	89.7%
Control de calidad de productos	Los elementos a controlar para la calidad del producto	4 Sem/ 2 Sem 2021	27-Feb	Producción y mantenimiento	Jhonn	30 minutos	27	30	90.00%	27	24	88.9%
Disponibilidad	Situaciones que mejoran la disponibilidad de equipos	1 Sem/ 2 Sem 2021	7-Ene	Mantenimiento	Jhonn	30 minutos	28	30	93.33%	28	23	82.1%
MTTR	Elevar el tiempo medio entre fallas de molinos	2 Sem/ 2 Sem 2021	23-Ene	Producción y mantenimiento	Jhonn	30 minutos	24	30	80.00%	24	23	95.8%
MTBF	Disminuir el tiempo medio para reparaciones de molinos	3 Sem/ 2 Sem 2021	4-Mar	Mantenimiento	Jhonn	30 minutos	26	30	86.67%	26	25	96.2%
Mantenimiento preventivo	Actividades para conservar el funcionamiento y condiciones	4 Sem/ 2 Sem 2021	18-Mar	Mantenimiento	Jhonn	30 minutos	29	30	96.67%	29	28	96.6%
Molinos en industria	Partes del molino según el manual	1 Sem/ 2 Sem 2021	10-Mar	Producción y mantenimiento	Jhonn	30 minutos	28	30	93.33%	28	26	92.9%
Trabajo estandarizado	Sistema organizado de las operaciones en el trabajo	2 Sem/ 2 Sem 2021	25-Mar	Producción y mantenimiento	Jhonn	30 minutos	27	30	90.00%	27	26	96.3%

Nota. Desarrollo para la gestión de las capacitaciones en el área

A su vez, en la matriz de capacitación, se define el contenido, el cronograma respectivo, el cargo de los asistentes, la duración, los indicadores de cobertura y los indicadores de eficacia. Así, por ejemplo, la capacitación de RCM posee como objetivo otorgar conocimiento sobre los principios de la metodología del mantenimiento y se programa para el 15 de febrero, orientado a los trabajadores de producción y mantenimiento; para dicha charla se especificó una duración de 30 minutos y se obtuvo el 96.6% de cobertura y el 89.7% de eficacia. También, para la charla de mantenimiento preventivo se estableció como objetivo aprender sobre las actividades de conservación para el buen funcionamiento de los activos; dicha actividad se realizó el 18 de marzo y se brindó al personal de mantenimiento durante 30 minutos, logrando el 96.67% de cobertura y el 96.6% de eficacia. De la misma manera, se definieron otras 8 capacitaciones.

Figura 26

Formato para la evaluación de la capacitación

Área: Mantenimiento		Evaluado por:	
Fecha: ___ / ___ / 2022		John	
Evaluación de capacitación			
N°	Pregunta	Si	No
1	Ha entendido el mensaje		
2	Se ha utilizado las mejores palabras posibles		
3	Puede decir algunas cosas sobre la capacitación		
4	El sistema empleado ayuda a diferenciar procesos		
5	El sistema ayuda a establecer diferencias		
6	Ha considerado participar durante la charla		
7	Cree usted que el plan tendrá éxito en la empresa		
8	El tema ha sido el más adecuado para su área		
9	Tiene grandes dudas luego de la capacitación		
10	Es posible identificar beneficios por la implementación		
11	Identifica cambios para mejorar en su área		
12	Se actualizan de manera oportuna los datos de procesos		
13	El ritmo y frecuencia de acciones es el correcto		
14	Las responsabilidades son señaladas de manera clara		
15	El proceso de flujo de procesos es importante		
16	Una persona nueva podría adaptarse a las secuencias		
17	Una persona nueva podría llenar las formas correctamente		
18	El personal tiene conocimiento del plan actual		
19	Los recursos están disponibles para su uso		
20	Los participantes saben que pueden aportar nuevas ideas		

Nota. Desarrollo para la gestión de las capacitaciones en el área

Se presenta el formato para la evaluación de la capacitación, el mismo que representa una evaluación para el personal trabajador, con el objetivo de verificar que el conocimiento se haya transmitido de manera correcta y oportuna. En la evaluación se consignan 15 preguntas que deberán ser respondidas por los trabajadores entre dos opciones: si o no.

Figura 27

Evidencia de las capacitaciones



Nota. Evidencia de las capacitaciones en el área

Se indica la evidencia de la realización de las capacitaciones; tal y como se observa, el personal trabajador se encuentra reunido en un espacio acondicionado para la realización del taller de capacitación. Las capacitaciones son llevadas a cabo mediante el uso de herramientas tecnológicas que permiten un aprendizaje dinámico y participativo; así, los trabajadores tienen la opción de participar y aportar sus conocimientos adquiridos a través de la experiencia.

3.4.2.3. Fase 3: Análisis modal de fallas y efectos

Seguidamente, se presentan los formatos utilizados para realizar el análisis AMEF, donde se incluye el análisis de Pareto y el análisis de prioridad de riesgos.

Tabla 12

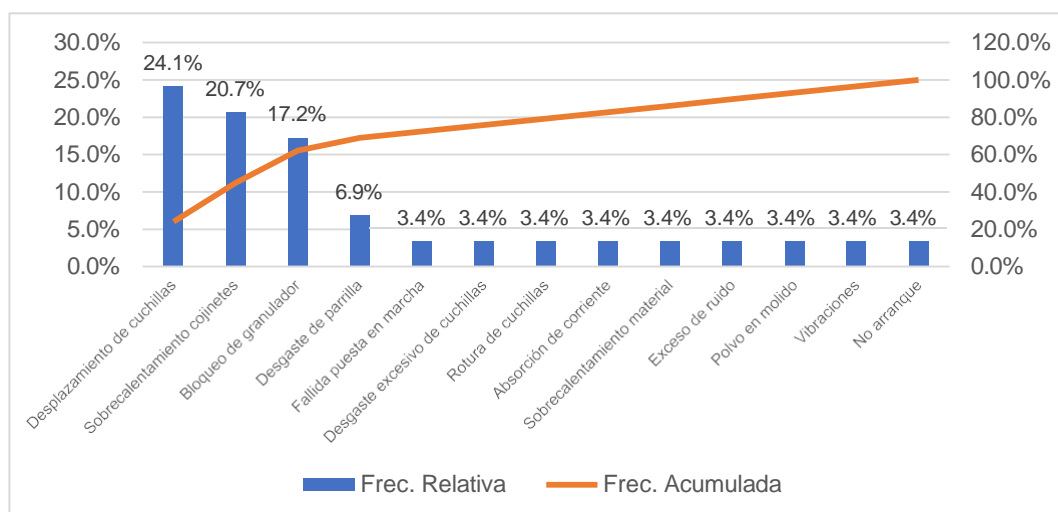
Detalle de fallas de equipo

N.º	Falla	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Total	Frec. Relativa	Frec. Acum.
1	Desplazamiento de cuchillas	1	1	1	2	1	1	7	24.1%	24.1%
2	Sobrecalentamiento cojinetes	1	1	1	1	1	1	6	20.7%	44.8%
3	Bloqueo de granulador	1	1	0	1	1	1	5	17.2%	62.1%
4	Desgaste de parrilla	0	0	0	0	1	1	2	6.9%	69.0%
5	Fallida puesta en marcha	0	1	0	0	0	0	1	3.4%	72.4%
6	Desgaste excesivo de cuchillas	1	0	0	0	0	0	1	3.4%	75.9%
7	Rotura de cuchillas	0	0	0	1	0	0	1	3.4%	79.3%
8	Absorción de corriente	0	0	1	0	0	0	1	3.4%	82.8%
9	Sobrecalentamiento material	0	1	0	0	0	0	1	3.4%	86.2%
10	Exceso de ruido	0	0	0	0	0	1	1	3.4%	89.7%
11	Polvo en molido	0	0	0	0	1	0	1	3.4%	93.1%
12	Vibraciones	0	0	0	1	0	0	1	3.4%	96.6%
13	No arranque	0	0	1	0	0	0	1	3.4%	100.0%

Nota. Desarrollo en base a los datos de falla del equipo según los datos de la empresa

En la tabla anterior se muestran los detalles de fallas de los molinos granuladores; en dicho formato se registra el número total de fallas presentadas por mes, así como su porcentaje respecto al total de fallas. Entre las fallas más comunes se encuentra el desplazamiento de cuchillas, el sobrecalentamiento de cojinetes y el bloqueo de granulador, representando el 24.1%, 20.7% y 17.2%, respectivamente; le siguen el desgaste de parrilla, la fallida puesta en marcha, el desgaste excesivo de cuchillas, entre otros.

Se presenta la figura relacionada al análisis de Pareto de fallas, señalando la frecuencia relativa simple y acumulada de las principales causas o factores que originan las fallas detectadas, a saber:

Figura 28**Análisis de Pareto de fallas**

Nota. Desarrollo en base a los datos de falla del equipo

Se observa que las tres primeras fallas acumulan el 62% del total de fallas. A su vez, la falla de desgaste de parrilla aparece como una falla de poca ocurrencia, con un reducido 6.9% respecto del total; asimismo, las 9 fallas restantes registran un 3.4% de ocurrencia, cada una; entre ellas se encuentran la fallida puesta en marcha, la rotura de cuchillas, la absorción de corriente, el sobrecalentamiento, el exceso de ruido, el polvo molido, las vibraciones y la falla en el arranque.

Tabla 13**Detalle de fallas de equipo**

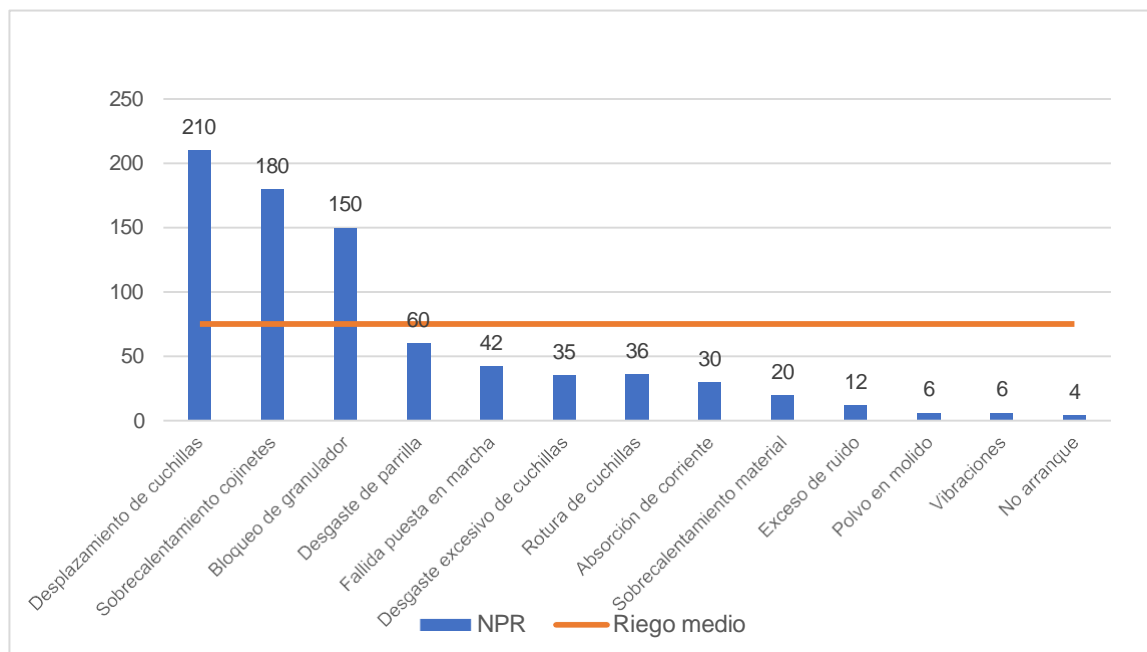
N°	Falla	G	F	D	NPR	Frec. Relativa	Frec. Acumulada
1	Desplazamiento de cuchillas	6	7	5	210	26.5%	26.5%
2	Sobrecalentamiento cojinetes	6	6	5	180	22.8%	49.3%
3	Bloqueo de granulador	6	5	5	150	19.0%	68.3%
4	Desgaste de parrilla	5	2	6	60	7.6%	75.9%
5	Fallida puesta en marcha	6	1	7	42	5.3%	81.2%
6	Desgaste excesivo de cuchillas	5	1	7	35	4.4%	85.6%
7	Rotura de cuchillas	6	1	6	36	4.6%	90.1%
8	Absorción de corriente	5	1	6	30	3.8%	93.9%
9	Sobrecalentamiento material	4	1	5	20	2.5%	96.5%
10	Exceso de ruido	4	1	3	12	1.5%	98.0%
11	Polvo en molido	3	1	2	6	0.8%	98.7%
12	Vibraciones	2	1	3	6	0.8%	99.5%
13	No arranque	2	1	2	4	0.5%	100.0%

Nota. Desarrollo en base a los datos de falla del equipo según los datos de la empresa

Se presentan los detalles de fallas en os molinos granuladores, así como sus respectivos índices de nivel de prioridad de riesgo, sus frecuencias relativas y frecuencias acumuladas; entonces, la falla con mayor porcentaje respecto al resto fue el desplazamiento de cuchillas, con un NPR alto (210) y una frecuencia relativa del 26.5%, lo que significa que es necesario tomar medidas inmediatas para disminuir los niveles NPR y su frecuencia. De la misma manera, el sobrecalentamiento de cojinetes y el bloqueo de granulador obtuvieron un NPR de 180 y 150, representado valores altos y necesitando de medidas a corto plazo para su resolución. Análogamente, el desgaste de parrilla y la fallida puesta en marcha alcanzaron un NPR de 60 y 42, respectivamente, colocándose en un valor medio, con lo cual las medidas correctivas podrán aplicarse en un mediano plazo. Asimismo, los fallos como el sobrecalentamiento material, exceso de ruido, polvo molido, vibraciones y no arranque, obtuvieron un NPR entre 4 y 20, por lo que poseen un nivel bajo de prioridad y no necesitan de accione; es decir, son riesgos insignificantes.

Figura 29

Análisis del nivel de prioridad de riesgo (NPR)



Nota. Desarrollo en base a los datos de falla del equipo

Seguidamente, se presenta la representación gráfica de los fallos detectados y su NPR, donde se evidencia que las fallas con mayor prioridad son el desplazamiento de cuchillas, el sobrecalentamiento de cojinetes y el bloqueo de granulador; luego, debajo de la línea de riesgo medio se encuentran las fallas que no representan un riesgo considerable. Dicho de otra manera, los esfuerzos se concentrarán en resolver los 3 fallos mencionados. Un aspecto central es el uso de la ficha AMEF donde se determinan los fallos, causas y verificaciones a fin de plantear acciones para la mejora del sistema operativo; en este sentido, se presenta en la figura 30, del trabajo el análisis AMEF.

Este análisis AMEF se centra en los problemas con mayor nivel de riesgo, pero también se han planteado alternativas y soluciones a los problemas con nivel medio y bajo. Respecto al problema de desplazamiento de cuchillas, este ocasiona la detención del equipo y desgaste de piezas, lo cual se debe a un montaje no regular y la verificación actual corresponde al mantenimiento correctivo en caso de fallas; el nuevo sistema de mantenimiento menciona que es necesario verificar si es necesario cambio o volver a montar correctamente. Por otro lado, para la deficiencia del sobrecalentamiento cojinetes, este ocasiona el enfriamiento del circuito y la obstrucción de producción, ello se debe a la excesiva tensión de correas e insuficiente engrasado de cojinetes, en el sistema inicial se mencionaba la verificación de tensión de correas según manual en caso de fallos.

Figura 30

Ficha AMEF

Logo SMI	FICHA AMEF										Código:			
											Fecha:			
											Preparado por:			
												Jhonn		
Descripción de la falla	Efecto/s potencial/es	Severidad	Causa(s) potencial(es)	Ocurrencia	Verificación (es) y/o control(es)	Detección	NPR	Recomendación (s)	Responsable (s)	Resultado de las acciones				
										Frecuencia de trabajo	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
Desplazamiento de cuchillas	Detención del equipo, desgaste de piezas	6	Montaje no regular	7	Mantenimiento correctivo en caso de fallas	5	210	Verificar si es necesario cambio o volver a montar correctamente	Jhonn	Semanal	3	4	4	48
Sobrecalentamiento o cojinetes	Enfriamiento del circuito, obstrucción de producción	6	Excesiva tensión de correas, insuficiente engrasado de cojinetes	6	Verificar tensión de correas según manual en caso de fallos	5	180	Verificar frecuencia y tipo de aplicación de lubricantes	Jhonn	Semanal	3	3	4	36
Bloqueo de granulador	Obstrucción de cámara de corte	6	Interruptores de seguridad aflojados, insuficiente tensión de correas, montaje erróneo	5	Quitar y afilar cuchillas	5	150	Verificar juego, montaje y regulaciones. Restablecer sistema de seguridad. Limpiar parrilla	Jhonn	Semanal	2	3	4	24
Desgaste de parrilla	Desgaste excesivo y cambio antes de tiempo	5	Uso de material abrasivo y no se revisa calidad	2	Mantenimiento correctivo	6	60	Revisión de material e insumos previo al ingreso	Jhonn	Semanal	2	3	3	18
Fallida puesta en marcha	Problemas de seguridad, inoperatividad	6	Material atascado, relé térmico no regulado, interruptor magnético no alimentado	1	Verificación de línea principal en caso de fallas	7	42	Verificar corriente, limpiar cámara de molino, desbloqueo de pulsante	Jhonn	Semanal	2	4	2	16
Desgaste excesivo de cuchillas	Desgaste excesivo y cambio antes de tiempo	5	Interferencia entre cuchillas, material abrasivo	1	Mantenimiento correctivo en caso de fallas	7	35	Verificar regulación, mantenimiento preventivo según manual	Jhonn	Quincenal	2	2	4	16

Rotura de cuchillas	Emergencia en producción, detención del equipo	6	Presencia de partículas de hierro, errónea afiladura	1	Mantenimiento correctivo en caso de fallas	6	36	Verificar regulación, mantenimiento preventivo según manual	Jhonn	Quincenal	2	2	3	12
Absorción de corriente	Problemas de seguridad, inoperatividad	5	Fallido enfriamiento, cuerpos extraños, desgaste de cuchillas	1	Verificar sistema de enfriamiento	6	30	Verificar perfil, cuchillas y parrillas. Mantenimiento de sistema de enfriamiento	Jhonn	Quincenal	2	2	2	8
Sobrecalentamiento material	Desgaste y daño de cuchillas y parrilla	4	Circuito de enfriamiento cerrado, obstrucción de material	1	Verificar apertura del circuito de mantenimiento	5	20	Verificar tuberías, afilar cuchillas, verificar montaje y regulación	Jhonn	Mensual	2	1	2	4
Exceso de ruido	Desgaste y daño de cuchillas y parrilla	4	Persianas de tolva rotas, desgaste de cuchillas	1	Verificación de estado y mantenimiento correctivo	3	12	Sustitución de piezas, engrase general	Jhonn	Mensual	2	2	1	4
Polvo en molido	Deficiente material, desgaste de parrilla	3	Cuchillas desgastadas, grado de angulación incorrecto	1	Verificación eventual y cambio	2	6	Sustitución de cuchillas, ajustar ángulo, mantenimiento preventivo.	Jhonn	Mensual	1	2	2	4
Vibraciones	Desgaste de piezas y fallas de seguridad	2	Falta de lubricación y desgaste de cojinetes	1	Lubricación en mantenimiento	3	6	Verificar estado y mantenimiento según manual	Jhonn	Mensual	2	1	1	2
No arranque	Inoperatividad, demora en producción	2	Micro - interruptor desenganchado, emergencia conectada	1	Verificar llave en posición de granulador	2	4	Verificar estado y mantenimiento según manual	Jhonn	Mensual	1	2	1	2

Nota. Desarrollo en base a los datos de falla del equipo según los datos de la empresa

Asimismo, el bloqueo de granulador causa el efecto de la obstrucción de cámara de corte, lo cual se ocasiona debido a los interruptores de seguridad aflojados, insuficiente tensión de correas y montaje erróneo, en el escenario inicial el control consistía en quitar y afilar cuchillas y en el mantenimiento final se indica que es necesario verificar juego, montaje y regulaciones, restablecer sistema de seguridad y limpiar parrilla. A partir de ello, el NPR se reduce a un riesgo medio con valores entre 48 y 34 puntos.

Figura 31

Evidencia de análisis de fallas en molinos granuladores



Nota. Evidencia de análisis de fallas en equipos de la empresa

Se evidenció al personal ejerciendo labores de recolección de información y análisis de datos para identificar las fallas en los molinos granuladores. Los responsables de dicha labor hacen uso de los formatos elaborados y utilizan la tecnología disponible en la organización.

3.4.2.4. Fase 4: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

Por otro lado, se lleva a cabo la fase de aplicación del RCM, mediante el uso de las fichas y formatos de mantenimiento, registro de fallas, entre otros.

Figura 32

Ficha de solicitud de mantenimiento correctivo

		SOLICITUD DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE MOLINO		Código: SMI-MT-04
				Versión: 04
				Fecha: __/__/2021
FECHA		Servicio:		
SERIE				
MODELO				
MARCA				
<p>Muy cordialmente me permito informar que al equipo en mención, se hace necesario realizarle el siguiente, mantenimiento o reparación:</p>				
<hr/>				
<hr/>				
<hr/>				
<hr/>				
<hr/>				
<p>RIESGOS: Es importante tener en cuenta que de no realizar lo anterior podría conllevar a riesgos tales como:</p>				
<hr/>				
<hr/>				
<hr/>				
<hr/>				
<hr/>				
<p>Atentamente,</p>				
TÉCNICO		<hr/>		
DNI		Coordinador		
FIRMA				

Nota. Desarrollo para la gestión del mantenimiento en la empresa

Se muestra la ficha de solicitud de mantenimiento correctivo, la misma que se compone por la sección de codificación; equipo que necesita el mantenimiento; asimismo, se consignan los detalles del servicio a realizar y los riesgos que implica el cumplimiento de dichas labores; por último, se especifican los datos del responsable.

Figura 33

Ficha de identificación de fallas de molino

Proceso:		Código:		xxxxx
Documento:		Versión:		1
Fecha:		Páginas:		1 DE 1
IDENTIFICACION				
ACTIVIDAD				
UBICACIÓN				
NOMBRE DE QUIEN REPORTA				
FECHA DE REPORTE (dd/mm/aa)				
DESCRIPCION DEL ACTO OBSERVADO		DESCRIPCION DE LA CONDICION OBSERVADA		
ACCION CORRECTIVA INMEDIATA		SUGERENCIA PARA PREVENIR SU REPETICION		
ANALISIS				
ACEPTABLE	BAJO	MODERADO	ALTO	INTOLERABLE
ACCIONES CORRECTIVAS, PREVENTIVAS Y DE MEJORA TOMADAS				
RESPONSABLE DE LAS ACCIONES TOMADAS				
FECHA DE CIERRE DEL ACTO O CONDICION INSEGURA				
NOMBRE DEL FUNCIONARIO QUE REALIZA EL CIERRE				

Nota. Desarrollo para la gestión del mantenimiento

También, se muestra la ficha de identificación de fallas de molino, donde se consigna el proceso, la fecha y la codificación para el registro; asimismo, se coloca la actividad, la ubicación; a su vez, la ficha incluye secciones amplias para describir el acto observado. Luego, se determina el nivel de los riesgos identificados y las acciones de mejora realizadas; por último, se coloca la información del personal responsable de las acciones realizadas. Un análisis importante corresponde a la hoja de decisión RCM, dado que se comenta respecto a las fallas, la frecuencia y la evaluación de las consecuencias que ello genera; a partir de ello se comenta sobre la causa y propone una tarea para un cambio positivo en las condiciones del equipo:

Figura 34

Hoja de decisión RCM

Hoja de decisiones RCM								Área: Mantenimiento			
Falla	Referencias de información			Evaluación de Consecuencias				Acción a falta de Causa	Tarea Propuesta	Intervalo Inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
	FB	FM	FA	H	S	N	O				
	Desplazamiento de cuchillas			X	X			X	Montaje no regular	Verificar si es necesario cambio o volver a montar correctamente	1S
Sobrecalentamiento cojinetes			X	X			X	Excesiva tensión de correas, insuficiente engrasado de cojinetes	Verificar frecuencia y tipo de aplicación de lubricantes	5D	Jhonn
Bloqueo de granulador			X	X			X	Interruptores de seguridad aflojados, insuficiente tensión de correas, montaje erróneo	Verificar juego, montaje y regulaciones. Restablecer sist. seguridad . Limpiar	1S	Jhonn
Desgaste de parrilla		X					X	Uso de material abrasivo y no se revisa calidad	Revisión de material e insumos previo al ingreso	4D	Jhonn
Fallida puesta en marcha		X			X			Material atascado, rele termico no regulado, interruptor magnetico no alimentado	Verificar corriente, limpiar camara de molino, desbloqueo de pulsante	3D	Jhonn
Desgaste excesivo de cuchillas		X					X	Interferencia entre cuchillas, material abrasivo	Verificar regulación, matenimiento preventivo según manual	5D	Jhonn
Rotura de cuchillas		X					X	Presencia de partículas de hierro, errónea afiladura	Verificar regulación, matenimiento preventivo según manual	1S	Jhonn
Absorción de corriente		X			X			Fallido enfriamiento, cuerpos extraños, desgaste de cuchillas	Verificar perfil, cuchillas y parrillas. Mantenimiento de sistema de enfriamiento	4D	Jhonn
Sobrecalentamiento material		X			X			Circuito de enfriamiento cerrado, obstrucción de material	Verificar tuberías, afilar cuchillas, verificar montaje y regulación	D	Jhonn
Exceso de ruido	X						X	Persianas de tolva rotas, desgaste de cuchillas	Sustitución de piezas, engrase general	1S	Jhonn
Polo en molido	X					X		Cuchillas desgastadas, grado de angulación incorrecto	Sustitución de cuchillas, ajustar ángulo, mantto.	3D	Jhonn
Vibraciones	X				X			Falta de lubricación y desgaste de cojinetes	Verificar estado y matenimiento según manual	1S	Jhonn
No arranque	X				X			Micro-interruptor desenganchado, emergencia conectada	Verificar estado y matenimiento según manual	4D	Jhonn

Dónde: FB: Frecuencia baja, FM: Frecuencia media, FA: Frecuencia alta; H: Fallas ocultas; S: Fallas de seguridad y ambiente; O: Fallas operacionales; N: Fallas no operaciones

Nota. Desarrollo para la gestión del mantenimiento en la empresa

3.4.3. Verificar

La fase de verificar" se enfocó en evaluar los resultados de las acciones implementadas durante la fase anterior. En esta etapa, se generan mecanismos para supervisar el alcance de metas planificadas, lo cual implica analizar el rendimiento, identificar desviaciones y documentar hallazgos. La verificación es crucial para entender la efectividad de las acciones y determinar si se necesitan ajustes.

Figura 35

Ficha para mantenimiento de molino

FICHA PARA MANTENIMIENTO		F01-PR-SMI-21					
AREA				FECHA(DD/MM/AAA)			
ENCARGADO							
ASPECTOS A VERIFICAR	CUMPLIMIENTO			GRADO DE ACCIÓN			OBSERVACIONES
	SI	NO	NA	A	B	C	
				INMEDIATA	FRONTA	POSTERIOR	
Limpieza							
Limpieza lavado y requerimientos de materiales							
Limpieza del sistema eléctrico							
Limpieza de chasis y filtros de aire							
Mantenimiento preventivo							
Lubricación							
Rodamientos							
Gas (opcional)							
Funcionamiento operativo							
Bujías							
Puntos internos							
Sistema eléctrico							
Cables eléctricos debidamente entubados.							
Los empalmes o conexiones estan en buen estado.							
Tomas e interruptores en buen estado							
Cables en buen estado.							
Los tableros, cajas y circuitos estan identificados.							
Existe señalización de peligros.							
PELIGRO MECANICO							
Equipos o herramientas en buen estado							
PREGUNTAS Y OBSERVACION DE TAREAS							
El personal tiene claro que hacer en caso de un incidente dentro del proceso de mantenimiento o conoce el procedimiento para el mantenimiento además de las responsabilidades							
Los funcionarios , contratistas y colaboradores usan y cuidan sus EPP.							
COMENTARIOS							
AREA			CARGO			AREA	

Nota. Desarrollo para la gestión del mantenimiento en la empresa

A su vez, la ficha para mantenimiento de molino incluye la información para el registro documental, un listado de los aspectos a verificar. Entre los aspectos se encuentran la limpieza del sistema eléctrico, la limpieza de chasis, la lubricación, los rodamientos, las bujías, los interruptores, la señalización de peligros, el conocimiento del personal respecto a los protocolos, entre otros.

Figura 36

Informe de servicio técnico de mantenimiento RCM

		INFORME TÉCNICO DE SERVICIO		Código: FRT.22		
				Versión: 05		
				Pág. 1 de 2		
NOMBRE DEL EQUIPO		N° DE INVENTARIO		FECHA DE MANTENIMIENTO (DD/MM/AAAA)		
MANTENIMIENTO APLICADO <input type="checkbox"/> Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/> Verificación <input type="checkbox"/> Repotenciación		TIEMPO ESTIMADO DE MANTENIMIENTO		TIEMPO UTILIZADO DE MANTENIMIENTO		
FECHA ENTREGA: No de Solicitud Tipo de Solicitud <input type="checkbox"/> SIMAT <input type="checkbox"/> NO SIMAT		Ubicación				
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO: <input type="checkbox"/> Aplica						
ELECTRÓNICA <input type="checkbox"/> Aplica		ELECTRICIDAD <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica				
<input type="checkbox"/> Verifica funcionamiento <input type="checkbox"/> Mantenimiento sistema óptico <input type="checkbox"/> Mantenimiento sistema mecánico <input type="checkbox"/> Mantenimiento y verificación de tarjetas <input type="checkbox"/> Mantenimiento de sistema eléctrico <input type="checkbox"/> Mantenimiento de fuente de energía		<input type="checkbox"/> Resistencias <input type="checkbox"/> Borneos (reapretar) <input type="checkbox"/> SSR <input type="checkbox"/> Conectores (reapretar) <input type="checkbox"/> Refractario <input type="checkbox"/> Pulsadores <input type="checkbox"/> Termopar <input type="checkbox"/> Instrumentación <input type="checkbox"/> Pilotos de señalización <input type="checkbox"/> Sensor (s) <input type="checkbox"/> Fusibles <input type="checkbox"/> Medidas de tensión <input type="checkbox"/> Motor (s) <input type="checkbox"/> Contactores <input type="checkbox"/> Medidas de corriente <input type="checkbox"/> Cableado <input type="checkbox"/> Relevos <input type="checkbox"/> Medidas de resistencia <input type="checkbox"/> Termostato <input type="checkbox"/> Térmico <input type="checkbox"/> Medidas de aislamiento <input type="checkbox"/> Cambio de escobillas <input type="checkbox"/> Revisión Reloj <input type="checkbox"/> Revisión Control de Velocidad <input type="checkbox"/> Revisión Eléctrica <input type="checkbox"/> Ajustes mecánicos <input type="checkbox"/> Lubricación <input type="checkbox"/> Medición RPM <input type="checkbox"/> Mantenimiento				
REFRIGERACIÓN		MECÁNICA <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica				
<input type="checkbox"/> Revisión y ajustes del sistema eléctrico <input type="checkbox"/> Medición de corriente y tensión <input type="checkbox"/> Medición de presiones <input type="checkbox"/> Cambio de partes eléctricas <input type="checkbox"/> Cambio de partes mecánicas <input type="checkbox"/> Revisión de carga de refrigerante <input type="checkbox"/> Ajuste de carga de refrigerante <input type="checkbox"/> La vado/Limpieza de serpentín evaporador <input type="checkbox"/> La vado de filtros <input type="checkbox"/> Limpieza de desagües <input type="checkbox"/> La vado/limpieza de serpentín condensador <input type="checkbox"/> Lubricación de Motores <input type="checkbox"/> Engrase de chumaceras <input type="checkbox"/> Alineación de poleas <input type="checkbox"/> Tensión de correas <input type="checkbox"/> Ajustes mecánicos <input type="checkbox"/> Pruebas y verificación de Funcionamiento		<input type="checkbox"/> Servicio del taller de mecánica <input type="checkbox"/> Fabricación, repuestos en máquinas y herramientas <input type="checkbox"/> Mantenimiento parcial del equipo <input type="checkbox"/> Mantenimiento total o general mecánico <input type="checkbox"/> Cambio de rodamientos <input type="checkbox"/> Interventoría <input type="checkbox"/> Diseño y montaje de partes mecánicas <input type="checkbox"/> Urgencia técnica <input type="checkbox"/> Apoyo a otro taller <input type="checkbox"/> Apoyo a proyectos de grado <input type="checkbox"/> Compras de repuestos <input type="checkbox"/> Gestión técnicas con proveedores externo (mecánica) <input type="checkbox"/> Servicio domicilio del servicio				
USO DE REPUESTOS Y/O MATERIALES <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		Técnico de Apoyo:				
REPUESTOS	CNT	CO STO	MATERIALES	Cantidad	CO STO	Herramientas

Nota. Desarrollo para la gestión del mantenimiento en la empresa

El informe de servicio técnico de mantenimiento RCM, donde se especifican las fechas del mantenimiento, el tipo de mantenimiento aplicado y el tiempo estimado para su ejecución; asimismo, se detalla la fecha de entrega, la ubicación y la descripción del trabajo realizado. En la descripción del trabajo se muestran las distintas tareas propias del rubro electrónico, eléctrico, refrigeración y mecánica, las cuales deberán marcarse según corresponda; además, en la ficha se consignan los datos de los repuestos utilizados, así como el costo, cantidad, herramientas, etc.

Figura 37

Formato de mantenimiento correctivo

Formato de control de mantenimiento correctivo							
OBRA / CONVENIO: _____						N° de Parte 001 - Fecha / /	
I.- Datos de la Maquinaria:							
Código de equipo :		<input style="width: 60px;" type="text"/>	Tipo: <input style="width: 60px;" type="text"/>		Modelo: <input style="width: 60px;" type="text"/>		
II.- Datos de Control Inicial							
Hora de Salida :		<input style="width: 30px;" type="text"/>	:	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>		
Hora de Llegada :		<input style="width: 30px;" type="text"/>	:	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>		
Horas de Traslado :		<input style="width: 30px;" type="text"/>	:	<input style="width: 30px;" type="text"/>			
III.- Control de Horas de Campo							
Item	Código	Labor	Horas		Horas Efectivas	Nombre del Controlador	Observaciones
			Inicio	Fin			
1							
2							
3							
4							
Total Horas					<input style="width: 40px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>	
IV.- Control de Tiempos Muertos							
Descripción		Tiempo					
Mantenimiento y/o Reparación		<input style="width: 60px;" type="text"/>					
Esperando Indicaciones		<input style="width: 60px;" type="text"/>					
Refrigerio		<input style="width: 60px;" type="text"/>					
Condiciones		<input style="width: 60px;" type="text"/>					
Otros		<input style="width: 60px;" type="text"/>					
TOTAL		<input style="width: 60px;" type="text"/>					
V.- Abastecimientos de Insumos:							
Insumos	u.m	Cantidad	OBS				
<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input style="width: 60px;" type="text"/>				
<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input style="width: 60px;" type="text"/>				
<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input style="width: 60px;" type="text"/>				
<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input style="width: 60px;" type="text"/>				
VI.- Ubicación							
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>							
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>							
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>							
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>							
VII.- Ocurrencias							

Nota. Desarrollo para la gestión del mantenimiento en la empresa

En la sección de control de horas de campo se incluyen los códigos, la labor realizada, el tiempo de inicio y fin, las horas efectivas, el nombre del controlador y las observaciones de cada ítem. A su vez, en la sección de control de tiempos se consignan los tiempos de mantenimiento, espera de indicaciones, refrigerio, condiciones y otros; mientras que, para el abastecimiento de insumos se incluye la información referente al precio, cantidad y otras observaciones.



Figura 38

Planificación del mantenimiento preventivo según tipo de fallas

SMI	PROGRAMA TIPO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO												
	AÑO 2021												
OBJETIVO	INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD												
MANTENIMIENTO SEMANAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	OBS
Desplazamiento de cuchillas	Día 3	Día 3	Día 3	Día 3	Día 3	Día 3	Día 3	Día 3	Día 3	Día 3	Día 3	Día 3	
	Día 10	Día 10	Día 10	Día 10	Día 10	Día 10	Día 10	Día 10	Día 10	Día 10	Día 10	Día 10	
	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	
	Día 25	Día 25	Día 25	Día 25	Día 25	Día 25	Día 25	Día 25	Día 25	Día 25	Día 25	Día 25	Día 23
Sobrecalentamiento cojinetes	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	
	Día 11	Día 11	Día 11	Día 11	Día 11	Día 11	Día 11	Día 11	Día 11	Día 11	Día 11	Día 11	
	Día 19	Día 19	Día 19	Día 19	Día 19	Día 19	Día 19	Día 19	Día 19	Día 19	Día 19	Día 19	
	Día 27	Día 27	Día 27	Día 27	Día 27	Día 27	Día 27	Día 27	Día 27	Día 27	Día 27	Día 27	
Bloqueo de granulador	Día 04	Día 04	Día 04	Día 04	Día 04	Día 04	Día 04	Día 04	Día 04	Día 04	Día 04	Día 04	
	Día 12	Día 12	Día 12	Día 12	Día 12	Día 12	Día 12	Día 12	Día 12	Día 12	Día 12	Día 12	
	Día 18	Día 18	Día 18	Día 18	Día 18	Día 18	Día 18	Día 18	Día 18	Día 18	Día 18	Día 18	
	Día 28	Día 28	Día 28	Día 28	Día 28	Día 28	Día 28	Día 28	Día 28	Día 28	Día 28	Día 28	
Desgaste de parrilla	Día 01	Día 01	Día 01	Día 01	Día 01	Día 01	Día 01	Día 01	Día 01	Día 01	Día 01	Día 01	
	Día 09	Día 09	Día 09	Día 09	Día 09	Día 09	Día 09	Día 09	Día 09	Día 09	Día 09	Día 09	
	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	Día 17	
	Día 26	Día 26	Día 26	Día 26	Día 26	Día 26	Día 26	Día 26	Día 26	Día 26	Día 26	Día 26	
Fallida puesta en marcha	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	
	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	
	Día 20	Día 20	Día 20	Día 20	Día 20	Día 20	Día 20	Día 20	Día 20	Día 20	Día 20	Día 20	
	Día 29	Día 26	Día 29	Día 29	Día 29	Día 29	Día 29	Día 29	Día 29	Día 29	Día 29	Día 29	
MANTENIMIENTO MENSUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	OBS
Desgaste excesivo de cuchillas	Día 15	Día 15	Día 15	Día 15	Día 15	Día 15	Día 15	Día 15	Día 15	Día 15	Día 15	Día 15	
Absorción de corriente	Día 5	Día 5	Día 5	Día 5	Día 5	Día 5	Día 5	Día 5	Día 5	Día 5	Día 5	Día 5	
Sobrecalentamiento material	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	Día 13	
Ruido y vibraciones	Día 24	Día 24	Día 24	Día 24	Día 24	Día 24	Día 24	Día 24	Día 24	Día 24	Día 24	Día 24	
Arranque	Día 30	Día 27	Día 30	Día 30	Día 30	Día 30	Día 30	Día 30	Día 30	Día 30	Día 30	Día 30	

FECHA _____
OBSERVACIONES _____

IG - 03 N° : _____
FIRMA Y SELLO : _____

<i>Leyenda</i>	<i>Programado</i>	
	<i>Ejecutado</i>	

Nota. Desarrollo para la gestión del mantenimiento en la empresa

A su vez, para la planificación del mantenimiento preventivo según tipo de fallas, donde se consignan las actividades para un horizonte de tiempo semanal y mensual; entre las actividades semanales se encuentran el desplazamiento de cuchillas, el sobrecalentamiento de cojinetes, el bloqueo de granulador, el desgaste de parrilla y la fallida puesta en marcha, a realizarse desde enero hasta diciembre; asimismo, las actividades mensuales corresponden al desgaste excesivo de cuchillas, absorción de corriente, sobrecalentamiento material, ruido y vibraciones, y arranque.

Figura 39

Evidencia de mantenimiento de molino



Nota. Evidencia del mantenimiento en equipos de la empresa

Se observa al personal de mantenimiento cumpliendo trabajos para el cuidado y restauración del molino; se evidencia que el personal hace uso de los elementos de seguridad apropiados.

3.4.3.1. Fase 5: Controles

Luego, se utilizan los formatos de control, el registro de auditorías, el cronograma de supervisiones y revisión del proceso operativo.

Figura 40

Análisis del nivel de prioridad de riesgo

REPORTE DE SUPERVISIÓN						
ÁREA						
PERIODO REVISADO: DEL DE AL DE DE						
PROGRAMA O FUNCIÓN						
NÚMERO						
SUBPROGRAMA O SUBFUNCIÓN						
NÚMERO						
DATOS GENERALES						
DESCRIPCIÓN DE METAS OPERATIVAS						
PROCESO A CONTROLAR						
RECURSOS						
RESULTADO DE LA REVISIÓN						
CONCEPTOS REVISADOS:						
FECHA DE VISITA: AVANCE FÍSICO ESTADO FÍSICO DEL SERVICIO RELACIONADO (T), (EN P), (NO D), MESES						
EFICIENCIA=		PROGRAMADO				
EFICACIA=		REAL				
OBSERVACIONES DE LA REVISIÓN FÍSICA:						
<div style="border: 1px solid black; width: 80%; margin: 0 auto; padding: 20px;"> <p>EVIDENCIA FOTOGRAFICA</p> </div>						

Nota. Desarrollo para la gestión del mantenimiento

En la tabla anterior se tiene el reporte de supervisión utilizado para el proceso, se coloca el área, el periodo de revisión, la función del equipo, la descripción de las metas y los recursos. Asimismo, se colocan los resultados de la revisión, la fecha; también, se incluye la información respecto al nivel de eficiencia, eficacia, programación y una sección para la evidencia fotográfica.

Figura 41

Registro de auditorías

REGISTRO DE AUDITORÍAS					
				Código: SMIF07	
				Versión: 008	
				Fecha:	
N° REGISTRO					
DATOS GENERALES					
1. RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL	2. RUC	3. DOMICILIO (Dirección, distrito, departamento, provincia)	4. ACTIVIDAD ECONOMICA	5. N° TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL	
6. NOMBRE(S) DEL (DE LOS) AUDITOR(E S)			7. N° DNI		
8. FECHAS DE AUDITORÍA	9. PROCESOS AUDITADOS	10. NOMBRE DE LOS RESPONSABLES DE LOS PROCESOS AUDITADOS			
11. NÚMERO DE NO CONFORMIDADES	12. INFORMACIÓN A ADJUNTAR				
MODELO DE ENCABEZADOS PARA EL PLAN DE ACCIÓN PARA EL CIERRE DE NO CONFORMIDADES					
13. DESCRIPCIÓN DE LA NO CONFORMIDAD		14. CAUSAS DE LA NO CONFORMIDAD			
15. DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS		16. NOMBRE DEL RESPONSABLE	17. FECHA DE EJECUCIÓN		18. Completar en la fecha de ejecución propuesta, el ESTADO de la implementación de la medida correctiva (realizada, pendiente, en ejecución)
19. RESPONSABLE DEL REGISTRO					
NOMBRE:					
CARGO:					
FECHA:					
FIRMA:					

Nota. Desarrollo para la gestión del mantenimiento

Adicionalmente, se realiza el registro de las auditorías, se consideran los datos generales, la información del personal auditor, la fecha de la auditoría, los procesos y el nombre del responsable; asimismo, se consigna el número de no conformidades, la información a adjuntar, la descripción de la no conformidad y sus causas y los datos del responsable de realizar el registro.

Figura 42

Cronograma de supervisiones

ACTIVIDADES / ESTRATEGIAS	RESPONSABLE	INDICADORES	FECHA		%	MES																																															
			Inicio	Fin.		Cumpl.	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE		
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Disponibilidad de molinos	Jhonn	Disponibilidad operativa			0.0%																																																
	Jhonn	MTR			0.0%																																																
	Jhonn	MTBF			0.0%																																																
Metodología RCM	Jhonn	Confibilidad del proceso			0.0%																																																
	Jhonn	Tareas de mantenimiento			0.0%																																																
	Jhonn	Número de prioridad de riesgo			0.0%																																																
	Jhonn	Gravedad de fallas			0.0%																																																
	Jhonn	Frecuencia de fallas			0.0%																																																
	Jhonn	Dificultad de detección de fallas			0.0%																																																
Gestión de operaciones y actividades más importantes a fin de un cumplimiento adecuado	Jhonn	Gestión de calidad			0.0%																																																
	Jhonn	Orden en el área			0.0%																																																
	Jhonn	Estandarización del proceso			0.0%																																																
	Jhonn	Controles de productos			0.0%																																																
	Jhonn				0.0%																																																

Nota. Desarrollo para la gestión del mantenimiento en la empresa

En el cronograma de supervisiones se enlistan las actividades con sus respectivos responsables, indicadores, fecha, porcentaje de cumplimiento y programación. Tal es el caso de la actividad de disponibilidad de molinos, la misma que es ejecutada por John y sirve para modificar la disponibilidad operativa, el MTTR y el MTBF; dicha actividad se realizará en la cuarta semana de implementación y se repetirá cada 3 semanas. Asimismo, la metodología RCM trabaja indicadores como la confiabilidad del proceso, las tareas de mantenimiento, entre otros; por último, la gestión de operaciones y actividades más importantes a fin de un cumplimiento adecuado.

3.4.4. Actuar

La fase de actuar fue fundamental para consolidar y mejorar los resultados obtenidos en las fases previas. En esta etapa, se tomaron decisiones basadas en la evaluación realizada durante la fase de anterior, si los objetivos y metas han sido alcanzados, se procede a estandarizar las prácticas exitosas, integrándolas en los procesos regulares de la organización. Esto garantiza que los logros se mantengan y se replican en futuras actividades, asimismo se genera nueva información y fichas técnicas para equipos y herramientas, como se muestra en los Anexos 10, 11, 12, 14 y 15 del presente trabajo. La fase fue crucial para cerrar el ciclo, ya que permitió aprender de los resultados, fomentar una cultura de calidad y adaptabilidad, y preparar a la organización para nuevos ciclos de planificación y ejecución. En esencia, se asegura que el ciclo de mejora continua no sea un esfuerzo aislado, sino una estrategia permanente de optimización y excelencia operativa.

Figura 43

Solicitud de revisión del proceso operativo

SOLICITUD DE REVISIÓN DEL PROCESO OPERATIVO

ÁREA					
PERIODO REVISADO:	DEL	DE	AL	DE	DE
OBSERVACIONES			EFECTO Y RECOMENDACIONES		
REFERENCIA	ACCIONES A REVISAR	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO			

NOMBRE Y FIRMA DE SOLICITANTE NOMBRE Y FIRMA DEL ENCARGADO

Nota. Desarrollo para la gestión del mantenimiento

A su vez, en la solicitud de revisión del proceso operativo se incluye la información referente al área, el periodo revisado, la descripción del trabajo, las acciones a revisar, la referencia, los efectos y las recomendaciones. Este formato es de utilidad para mantener controlado los riesgos del equipo. Por último, se consigna la información del personal que solicita la revisión del proceso.

Figura 44

Evidencia de supervisión del proceso



Nota. Evidencia de la supervisión de trabajos equipos de la empresa

Se observa al personal realizando sus labores cotidianas, mientras que el personal responsable de la supervisión y control cumple con registrar la información requerida y verificar que las labores se realicen según lo planeado.

CAPÍTULO IV.

REFLEXIÓN CRÍTICA DE LA EXPERIENCIA

Se realiza una reflexión crítica sobre la experiencia adquirida durante la implementación de RCM y las mejoras obtenidas en la disponibilidad operativa de los molinos granuladores. Se describirán las necesidades que se atendieron y, se analizarán los resultados obtenidos, los desafíos enfrentados y el aprendizaje obtenido. Esta reflexión busca profundizar en el impacto y la relevancia en el desarrollo profesional y en la mejora continua de los procesos empresariales.

4.1. Juicio de la realidad

Se logró un cambio positivo en el desempeño de operaciones de la empresa, en tanto que existen aspectos en la división de mantenimiento que han sido solucionados. En primer lugar, el proceso de mantenimiento cuenta con una metodología que permite delimitar los lineamientos y procedimientos; en este sentido, se ha resuelto una deficiencia en la realidad problemática que lograba gran impacto en la baja disponibilidad. La implementación de RCM se encarga de evaluar las fallas, identificar sus causas y evaluar sus efectos, para elegir las estrategias más adecuadas; además. el RCM tiene como propósito establecer las acciones para controlar el desempeño del mantenimiento de los molinos granuladores.

Una vez que se desarrolló la implementación, ello permitió la formulación de indicadores de gestión para la disponibilidad; por lo tanto, se logró controlar el problema identificado entre las deficiencias del área de mantenimiento. La

investigación se centró en el análisis del MTBF y el MTTR lo cual a nivel teórico permite conocer la disponibilidad operativa a través de una fórmula en la combinación de ambos valores. Adicionalmente, fue necesario reforzar la prioridad del nivel de riesgo para solucionar estos inconvenientes y para lograr una evaluación a detalle se empleó la técnica del análisis AMEF.

El tercer aspecto que mejoró la investigación fue la falta de formatos y fichas para el registro del mantenimiento, en tanto que las acciones no se encontraban de forma organizada en un inicio y solo se recurría al mantenimiento correctivo en caso de fallas. En base a la metodología RCM se diseñaron formatos y fichas como la solicitud del mantenimiento correctivo para mejorar el diagnóstico inicial, la hoja de decisión RCM, ficha para el mantenimiento del molino, el formato de informe de servicio técnico, un formato de mantenimiento correctivo, la planificación preventiva según el tipo de fallas, entre otras mejoras complementarias. A partir de este punto también se logró mejorar un cuarto aspecto como la estandarización de los trabajos, dado que con los formatos y procedimientos claros se puede mejorar el sistema de mantenimiento a fin de mejorar la disponibilidad del molino.

4.2. Necesidades que se atendieron

En primer lugar, se atendió el problema de la baja disponibilidad del molino que es trascendental para el proceso productivo. El análisis de la disponibilidad se basa, tanto a nivel teórico como práctico en el MTBF y el MTTR, los cuales lograron grandes mejoras a lo largo de un año. En el caso de la disponibilidad se obtuvo un aumento desde 90.2% hasta 98.3% en el último mes de análisis, lo cual se basa en una disminución del mantenimiento correctivo desde 23.5 a 4.05 horas al mes, en tanto que el tiempo medio entre fallas incrementó de 54.14 a 235.95 horas al mes.

En segundo lugar, se ha tomado en cuenta la rentabilidad de las operaciones en el área de mantenimiento, dado que ello indica un mejor desempeño. Los costos de reparaciones fueron un dato proporcionado por la empresa, en tanto que se calcularon de S/ 8,750 soles por cada una. La reducción de fallas

debido al análisis de criticidad y el mantenimiento preventivo permite un ahorro en la cantidad mencionada en el análisis comparativo del periodo previo y posterior, lo que se expresa en indicadores económicos y financieros como el VAN de S/ 48,574 soles y la TIR de 27.11%. De forma complementaria, el análisis del flujo acumulado se estimó en S/ 80,455 soles, lo que expresa un respaldo positivo en la implementación de mejoras.

4.3. Prestigio profesional que alcanzó por su desempeño

La empresa se dedicada al sector de la industria de elaboración de empaques rígidos y reciclados, en el proceso de producción la operación del molino es de gran importancia dado que contribuye a la fabricación de PET. En este sentido, ante la mejora de su disponibilidad se logró un mayor prestigio por el área de mantenimiento, lo cual fue observado por la gerencia que extendió su agradecimiento ante el mejor desempeño en los procesos.

Las mejoras en mantenimiento fueron reconocidas durante el periodo de experiencia, lo cual suma a la trayectoria profesional, dado que la administración a cargo de la división de producción permite que se trabaje de forma libre y organizada, todo en base a la comunicación entre las acciones. Los cambios rápidamente observables fueron la disminución del tiempo de reparaciones en promedio, dado que se pasó de 23.5 a 4.05 horas al mes durante un año, lo cual fue de forma progresiva, ello debido a la presencia de formatos y lineamientos para el trabajo; asimismo, el tiempo medio entre fallas en el escenario final fue de 235.95 horas al mes, lo cual indica una alta participación del equipo en las operaciones; a partir de ello, la disponibilidad fue de 98.3%.

Otro logro importante fue la presentación de propuestas en la reducción de gastos, lo cual fue del agrado para la gerencia general que siempre busca la reducción de costos. Además, la información fue presentad de forma transparente y fiable, dado que no es posible generar gastos adicionales sin un respaldo que mencione márgenes de ganancia adecuados.

4.4. Señalar indicadores obtenidos

4.4.1. Variable independiente: Metodología RCM

El RCM es una metodología para diseñar un plan de mantenimiento que incluya el uso de diferentes estrategias y técnicas, con el propósito de aumentar la confiabilidad de los activos.

Tabla 14

Análisis de la metodología RCM total

Escenario	Periodo	Tareas de mantenimiento			Confiabilidad del proceso			Nivel de Prioridad de Riesgo			
		Tareas cumplidas	Tareas totales	TM	Inspección Hoja RCM	Inspección Programada	CP	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Pre-test	Mes 1	48	60	80.0 %	23	30	76.7%	7.0	6.0	6.0	252
	Mes 2	45	60	75.0 %	20	30	66.7%	8.0	5.0	7.0	280
	Mes 3	48	60	80.0 %	21	30	70.0%	7.0	6.0	6.0	252
	Mes 4	45	60	75.0 %	20	30	66.7%	6.0	5.0	7.0	210
	Mes 5	45	60	75.0 %	21	30	70.0%	7.0	5.0	8.0	280
	Mes 6	42	60	70.0 %	19	30	63.3%	8.0	6.0	7.0	336
	Mes 7	54	60	90.0 %	25	30	83.3%	5.0	3.0	5.0	75
	Mes 8	52	60	86.7 %	26	30	86.7%	4.0	4.0	4.0	64
Post-test	Mes 9	54	60	90.0 %	25	30	83.3%	3.0	3.0	5.0	45
	Mes 10	56	60	93.3 %	28	30	93.3%	3.0	2.0	4.0	24
	Mes 11	58	60	96.7 %	29	30	96.7%	3.0	1.0	4.0	12
	Mes 12	59	60	98.3 %	30	30	100.0 %	2.0	1.0	3.0	6

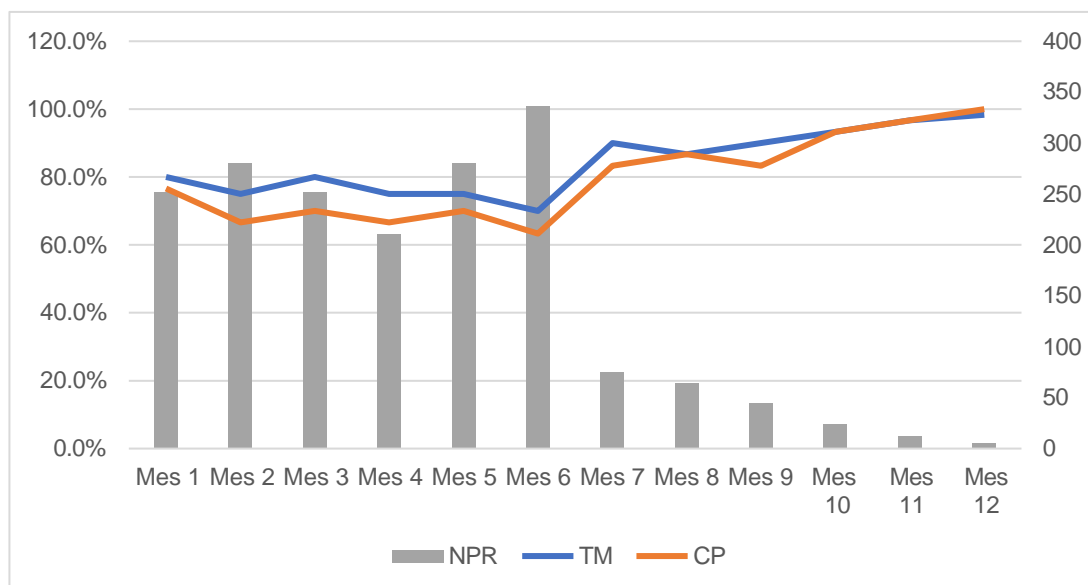
Nota. Información en base a la experiencia profesional

Se observa el indicador tareas de mantenimiento (TM) comenzó en un 80% y finalizó en un 98.3%, lo cual indica que la cantidad de tareas cumplidas en relación con las tareas totales aumentó del periodo pre-test al post-test. De igual manera, se vislumbra que el indicador confiabilidad del proceso (CP) fue de 76.7% en el primer mes del pre-test y finalizó en un 100% en el post-test, ello señala que las inspecciones programadas en relación con las inspecciones realizadas aumentaron en el post-test. Respecto al NPR se vislumbra que durante el periodo del pre-test el nivel de riesgo fue muy alto, lo cual cambió en el post-test ya que el puntaje empezó a disminuir, pasando

de un nivel de riesgo medio entre los meses 7 y 9, a aun nivel bajo entre los meses 10 y 12.

Figura 45

Evolución de la metodología RCM posterior



Nota. Información en base a la experiencia profesional

Se graficó la evolución de la metodología RCM, donde se muestra que el indicador nivel de prioridad de riesgo (NPR) en los primeros seis meses fue muy alto y luego de la implementación del RCM, de manera progresiva, empezó a disminuir. Por otro lado, los otros indicadores (TM y CP) tuvieron un comportamiento similar, ya que en el periodo del pre-test tuvieron una tendencia a disminuir, situación que cambió en el post-test pues se observa que la tendencia empezó a aumentar en ese periodo. De acuerdo con esto, se puede decir que luego del RCM durante todo el periodo del post-test, los indicadores mejoraron.

4.4.2. Variable dependiente: Disponibilidad Operativa

La disponibilidad mide el tiempo operativo de un equipo en un periodo específico, evaluando así el desempeño de los molinos granuladores y permitiendo analizar la efectividad de la gestión de mantenimiento implementada.

Tabla 15*Análisis de la disponibilidad posterior*

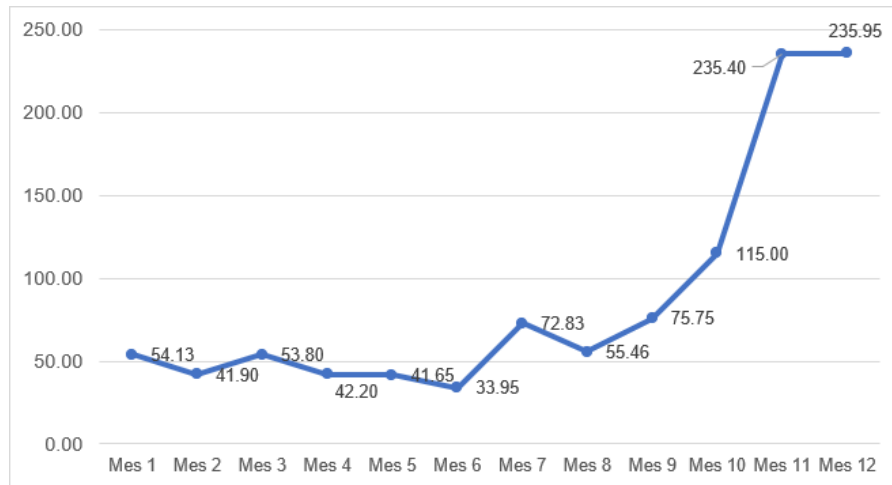
		Tiempo medio entre fallas			Tiempo medio para reparaciones			Disponibilidad
		Horas de operación	N° fallas	MTBF	Horas de mantenimiento.	N° fallas	MTTR	
	Mes 1	216.50	4	54.13	23.50	4	5.88	90.2%
	Mes 2	209.50	5	41.90	30.50	5	6.10	87.3%
Pre-test	Mes 3	215.20	4	53.80	24.80	4	6.20	89.7%
	Mes 4	211.00	5	42.20	29.00	5	5.80	87.9%
	Mes 5	208.25	5	41.65	31.75	5	6.35	86.8%
	Mes 6	203.70	6	33.95	36.30	6	6.05	84.9%
	Mes 7	218.50	3	72.83	21.50	4	5.38	93.1%
	Mes 8	221.85	4	55.46	18.15	4	4.54	92.4%
Post-test	Mes 9	227.25	3	75.75	12.75	3	4.25	94.7%
	Mes 10	230.00	2	115.00	10.00	2	5.00	95.8%
	Mes 11	235.40	1	235.40	4.60	1	4.60	98.1%
	Mes 12	235.95	1	235.95	4.05	1	4.05	98.3%

Nota. Información en base a la experiencia profesional en la empresa

En la tabla anterior se muestra que el número de fallas comenzó a disminuir; en ese sentido, se observa que las horas de operación en el mes 1 empezó en 216.5 horas y finalizó en el mes 12 en 235.95 en promedio; lo cual significa que los molinos granuladores, luego del RCM, pasaron a estar mayor tiempo operativos. De igual manera, en relación con el número de fallas, las horas de mantenimiento empezaron a descender, pues se vislumbra que empezó en 23.50 en el pre-test y finalizó en 4.05 en el post-test.

Figura 46

Evolución del MTBF global (expresado en horas)

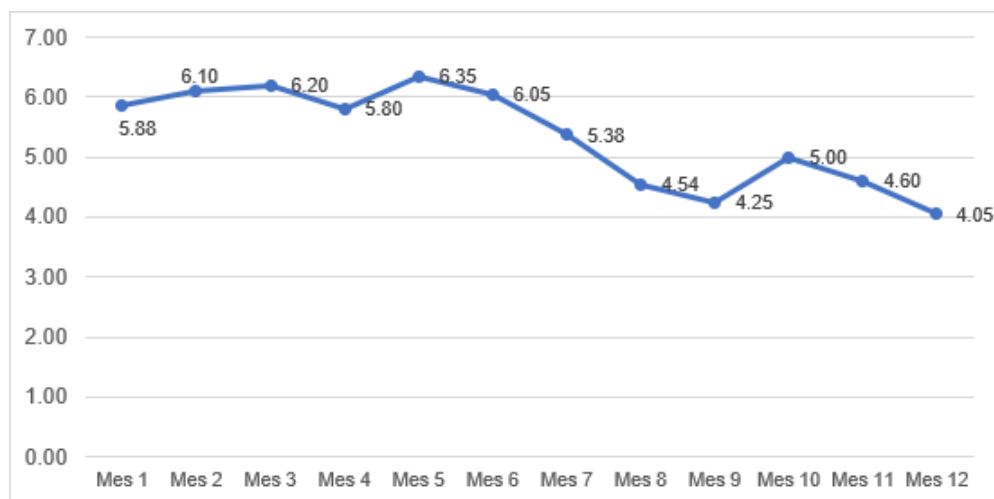


Nota. Información en base a la experiencia profesional

Se evidenció que dentro de los primeros seis meses tuvo una tendencia a disminuir; sin embargo, luego de la implementación del RCM, su tendencia empezó a aumentar, lo cual se evidencia a partir del mes 7 donde alcanzó un total 72.83 horas y en el mes 12, donde finalizó con un promedio total de 235.95 horas.

Figura 47

Evolución del MTTR global (expresado en horas)

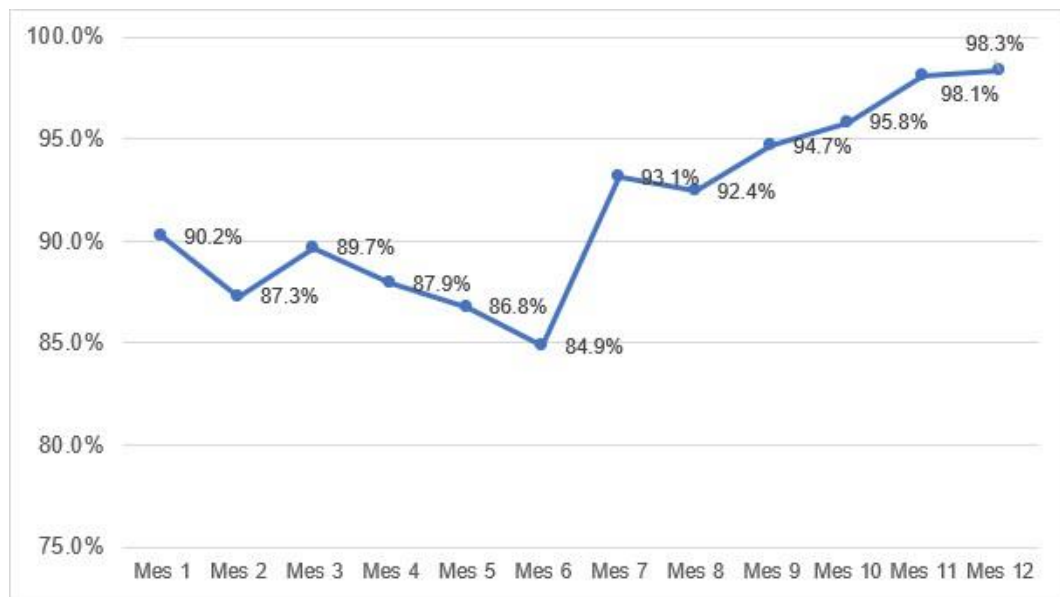


Nota. Información en base a la experiencia profesional

Se observa la evolución del indicador tiempo medio para reparaciones, donde durante el periodo de preevaluación tuvo una tendencia a aumentar; posteriormente, luego del RCM, su tendencia empezó a disminuir, lo cual se evidencia a partir del mes 7 con un promedio de 5.38 horas, el cual finaliza en 4.05 horas al mes 12.

Figura 48

Evolución de la disponibilidad



Nota. Información en base a la experiencia profesional en la empresa

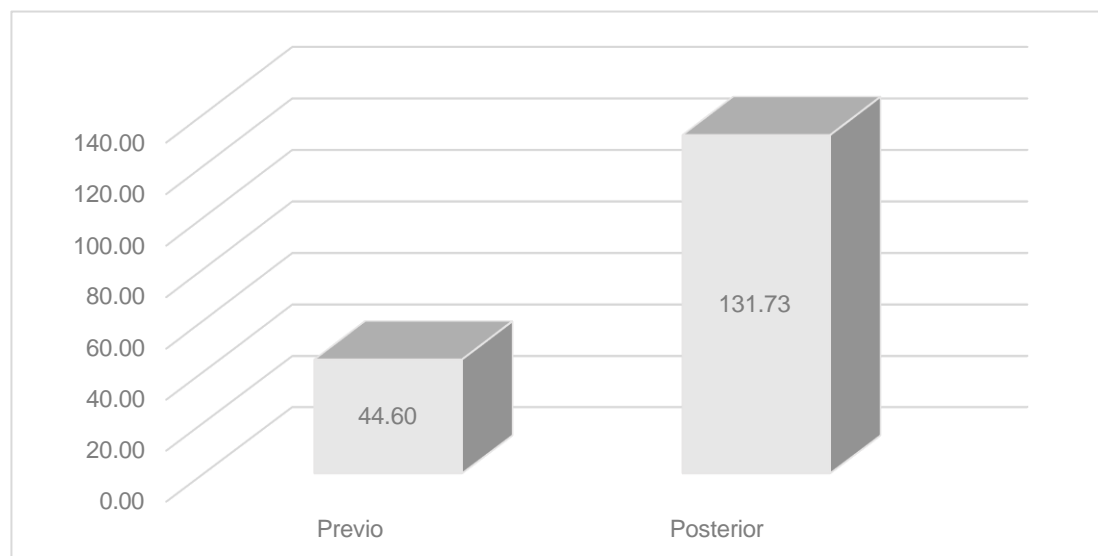
Se observa la evolución del indicador de disponibilidad, el cual muestra en el periodo de preevaluación una tendencia a disminuir ya que comienza con un 90.2% en el primer mes y finaliza en 84.9% al mes 6; sin embargo, luego de la implementación del RCM la tendencia de la curva empieza a aumentar, lo cual se evidencia a partir del mes 7 con un porcentaje del 93.1%, el cual finaliza en 98.3%.

4.4.3. Comparación de escenarios

Luego de haber implementado la metodología del RCM, se procede a comparar los escenarios del post-test y pre-test con el propósito de conocer los cambios que han surgido, así como para conocer si el RCM trajo beneficios o fue contraproducente.

Figura 49

Comparación de escenarios del MTBF

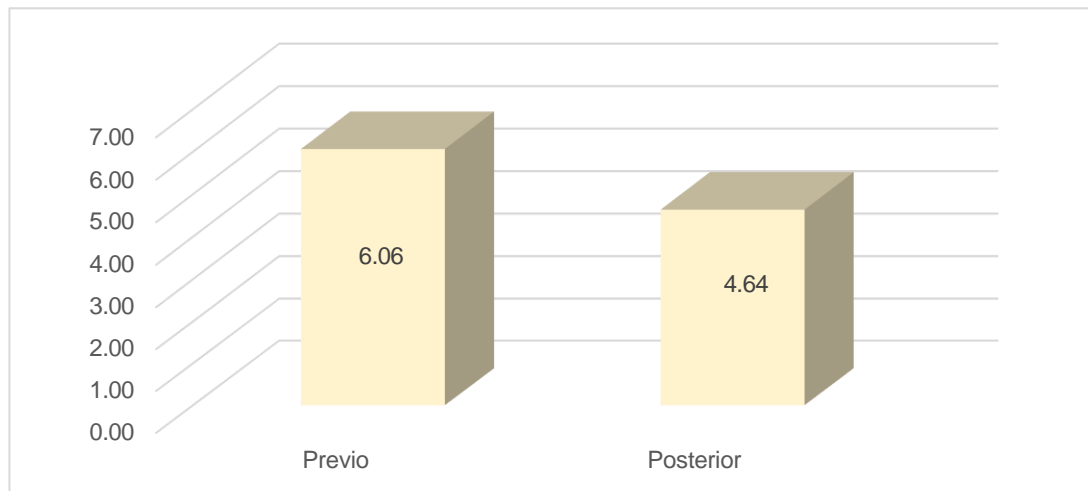


Nota. Información en base a la experiencia profesional

En la figura anterior se observa que, en el escenario previo, el indicador tiempo medio entre fallas alcanzó un promedio de 44.6 horas; sin embargo, en el escenario posterior, el promedio de horas aumentó alcanzando un total de 131.73 horas. Por lo tanto, se evidenció que la gestión del mantenimiento incrementó el lapso entre una falla y otra, lo cual significa que los molinos granuladores tuvieron menos fallas y estuvieron mayor tiempo operativos.

Figura 50

Comparación de escenarios del MTTR

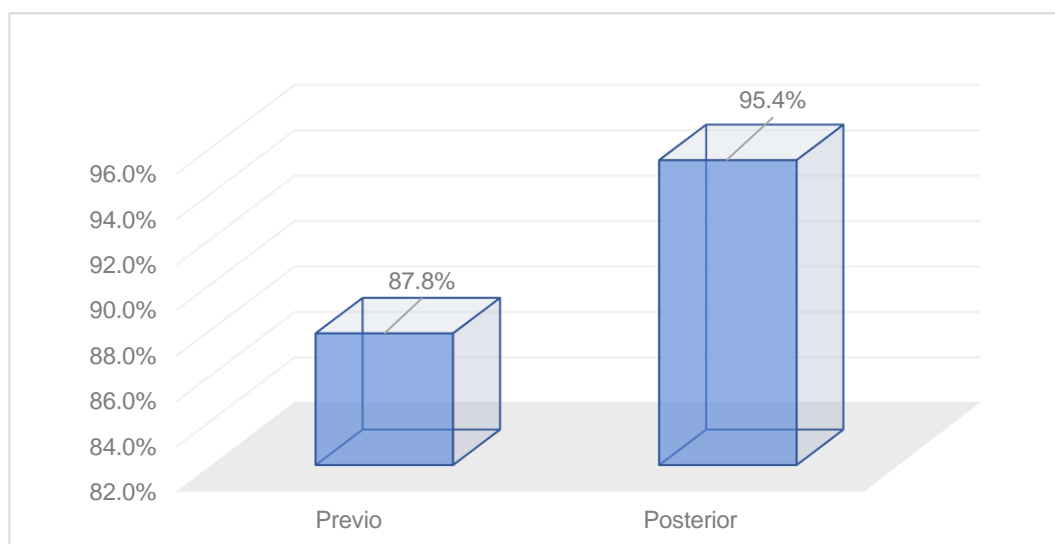


Nota. Información en base a la experiencia profesional en la empresa

Se evidencia va que el tiempo medio para reparaciones (MTTR) al inicio alcanzó un promedio de 6.06 horas; sin embargo, en el escenario posterior obtuvo un promedio de 4.64 horas. De acuerdo con esto, la gestión de mantenimiento mediante el RCM disminuyó este indicador, lo cual se traduce en molinos granuladores mayor tiempo operativos ya que están menos tiempo en un proceso de reparación.

Figura 51

Comparación de escenarios de la disponibilidad



Nota. Información en base a la experiencia profesional en la empresa

Se observa que, en el escenario previo, la disponibilidad obtuvo un porcentaje promedio de 87.8%, el cual aumentó en el escenario posterior, pues alcanzó un promedio del 95.4%. A partir de lo cual, se concluye que el indicador disponibilidad incrementó a raíz del RCM, lo cual se refleja en una mayor rentabilidad ya mantiene a sus molinos granuladores mayor tiempo en funcionamiento.

4.5. Descripción de la experiencia

Las actividades en la empresa han sido muy enriquecedoras dado que en términos profesionales dado que se han podido aplicar los conocimientos de Ingeniería Industrial. En este sentido, se ha permitido conocer más a fondo el sector de empaques rígidos y reciclados para la fabricación de PET, esta industria se encuentra en una situación expectante por el crecimiento de la atención por los grupos de interés. La experiencia ha permitido interactuar, aprender y trabajar con las áreas a fin de realizar trabajos eficientes.

Por otro lado, las condiciones de la SMI han permitido conformar molinos granuladores de trabajo con alto nivel de conocimientos y capacidad técnica dentro de la industria de empaques y reciclados. Durante el tiempo se mejoró la infraestructura en la planta lo cual permite contar con molinos granuladores de alta calidad y tecnología. En este sentido, el sector requiere de alta exigencia para mejorar la rentabilidad a fin de generar valor, si bien es cierto que la economía circular colabora en la mejora del ambiente y la conservación del mundo, debe contar con márgenes positivos en el ámbito económico para satisfacer las expectativas de la gerencia. El desarrollo de la experiencia no solo logra mejorar la disponibilidad de molinos granuladores para un sistema organizado de la producción, sino que también reduce los costos de reparación y se alcanza un ahorro con flujos de caja positivo por la implementación.

4.6. Descripción de las capacidades requeridas

La experiencia profesional requirió del desarrollo de aptitudes y conocimientos claves para lograr un cambio positivo; todo ello fue posible debido al respaldo de la administración y gerencia; en este sentido, las aptitudes y conocimientos requeridos se comentan a continuación.

En primer punto, los conocimientos adquiridos en Ingeniería Industrial permiten desarrollar las capacidades para evaluar la situación inicial, describir los aspectos críticos y determinar los pasos a seguir para un cambio positivo. En la experiencia profesional se han desarrollado diagramas, formatos, fichas y cronogramas para el mantenimiento y la gestión de este proceso. Adicionalmente, se ha contrastado la información previa y posterior desde una perspectiva científica para evaluar el cambio; ello también fue posible por la formación profesional.

De forma complementaria, las aptitudes de liderazgo, constancia y organización han permitido administrar los recursos para incrementar la disponibilidad. En la empresa se cuenta con otros profesionales con alta experiencia que han compartido sus conocimientos a fin de aprender y contar con fuentes para un mejor funcionamiento.

DISCUSIÓN

La discusión se realiza como comparación entre los hallazgos de la suficiencia profesional respecto a los resultados de otras investigaciones similares al tema mencionadas en los trabajos previos; en este sentido, se debe tener en cuenta los objetivos y los indicadores en evaluación.

En primer término, se ha determinado que la aplicación de la metodología RCM incrementa el tiempo medio entre fallas (MTBF) dado que se observa un aumento en promedio de 44.6 horas en el escenario previo hasta 131.73 horas en el posterior. A nivel internacional, un resultado similar se observa en Pérez (2021) dado que el MTBF se incrementó de 474.59 a 16385 horas debido a la implementación de cambios con la metodología RCM. Asimismo, en Chiguano (2020) el MTBF logra un incremento hasta 7971 horas dado que se logró identificar los mecanismos de fallos para establecer un sistema de gestión que mostró cambios significativos. De forma complementaria, en Padrón (2020) la mejora del plan de mantenimiento del molino vertical determina un incremento del MTBF de 1936 horas, dado que se solucionaron los modos de fallos más importantes de descalibración del Pfister, los problemas de electroválvulas, el alto amperaje y la fuga de aceite.

En el escenario nacional se observa una similitud en Inga (2021) en donde se mejoró el sistema de mantenimiento del molino de bolas 9x13 ft, en base a ello el indicador de MTBF logró un incremento desde 81.05 a 226.67 horas. Adicionalmente, en Jara (2020) el desarrollo de la metodología RCM logra un incremento del MTBF de 14.14 a 15.4 horas dado que los trabajos para el cambio implican una secuencia de mantenimiento preventivo de 20 ,40 y 100 horas según el nivel de criticidad. Por otro lado, en Cotos et al. (2020) se

realizó un análisis de fallas y efectos donde se identificaron 5 aspectos de alta severidad como la alta temperatura, circuitos de acondicionamiento, el panel de operador, las fallas de comunicación al PLG y los problemas del variador; mediante la mejora de estos puntos el MTBF se incrementó de 26.67 a 39.52 horas. Asimismo, en Vásquez (2019) el tiempo medio entre fallas pasa de 55.3 a 80 horas en promedio por lo que se concluye que la implementación de la metodología RCM logra un incremento de la disponibilidad.

En segundo lugar, se ha señalado que la aplicación de la metodología RCM reduce el tiempo medio para las reparaciones (MTTR), en tanto que se pasa de 6.06 a 4.64 horas entre el escenario previo y posterior. De forma análoga, a nivel internacional, en Pérez (2021) se evidencia una reducción del MTTR de 38.69 a 14.44 horas, lo cual permite que el molino se encuentre más tiempo en las operaciones. En la misma línea en Chiguano (2020) el MTTR se calculó en 1 hora con 36 minutos, lo que permite una efectividad de 82.65% lo cual se encuentra dentro de un rango aceptable al ser mayor al 75%. Asimismo, en Padrón (2020) la mejora del mantenimiento del molino vertical logra una disminución del MTTR a 5 horas, dado que utilizó una matriz de técnicas apropiadas para el monitoreo a fin de realizar un correcto diagnóstico. Por otro lado, en Vásquez (2019) la implementación de cambios en base a nuevos diagramas de flujo del proceso de mantenimiento, el uso de hojas de decisión RCM y un sistema de supervisiones para conservar los lineamientos logró una disminución del MTTR de 9.57 a 4.32 horas.

A nivel nacional, en García (2021) para la mejora del sistema de mantenimiento del molino se crearon diagramas de flujo y la organización del proceso, lo cual determinó un tiempo medio para reparaciones de 4.205 horas en el escenario final. De forma similar, en Inga (2021) el MTTR del molino de bolas 9x13 ft se redujo de 15.875 a 13.33 horas, lo cual fue positivo para el proceso productivo en la empresa minera. Asimismo, Jara (2020) en el análisis los molinos granuladores y sus características se determinó que las fallas principales se centran en la caja de rodillos, el porta-disco de corte y la caja de transmisión directa; a partir de su solución el MTTR disminuyó de 4.2 a 3.1

horas; de forma similar, pero en un menor impacto, en Cotos et al. (2020) el MTTR se reduce de 0.89 a 0.83 horas con la aplicación RCM.

Asimismo, la implementación alcanza un Valor Actual Neto en S/ 48,574.37 soles; es decir, los ingresos generados debido a la implementación del proyecto permiten recuperar los costos logrando un valor actualizado positivo. Asimismo, la TIR del RCM se calcula en 27.11%, lo que representa una rentabilidad relativamente alta para el proyecto; a su vez, la relación de beneficios sobre costos se calculó en 2.26 y los periodos necesarios para recuperar la inversión realizada son 3.844 meses; por tanto, durante los meses restantes, se acumulan los ingresos generando rentabilidad. Un resultado positivo desde la perspectiva económica, a nivel internacional, se presenta en Murillo (2021) donde debido a la aplicación del mantenimiento en un molino los ingresos mensuales de \$ 25 millones de pesos al mes por los cambios positivos.

A nivel nacional, en García (2021) la implementación del RCM en un molino obtuvo una rentabilidad, dado que se encontró un VAN de S/ 1'878,355 soles, lo cual fue muy beneficioso para la empresa dado que la partida de mantenimiento era crítica. En Jara (2020) la implementación de la metodología RCM cuenta con una viabilidad respaldada en un VAN de S/ 198,049 soles; en este sentido, se concluye que la aplicación de la metodología RCM logra un incremento de la disponibilidad de molinos granuladores en el sistema productivo. Análogamente, en Cotos et al. (2020) la implementación cuenta con una viabilidad económica que se refleja en un VAN de S/ 62,256 soles con una TIR de 76.3%. Adicionalmente, los mismos indicadores financieros fueron evaluados en Vásquez (2019) donde se obtuvo un VAN de S/ 94,198 soles con una TIR de 18%, lo cual indica que el RCM fue rentable para el área de operaciones y mantenimiento de la empresa.

Finalmente, se indica que la implementación de la metodología RCM incrementa la disponibilidad operativa de molinos granuladores, dado que se observa el cambio en promedio de 87.8% en el escenario previo hasta 95.4%

en el escenario posterior, es decir, se cumple con la meta propuesta por el área de operaciones de la empresa. En el escenario internacional, en Murillo (2021) luego de la implementación de cambios el molino alcanza una disponibilidad de 93.61%, luego el tiempo promedio de mantenimiento de 16 horas al mes y las horas de detención solo fueron 46 al mes; a partir de ello, se recomienda continuar con el control en las actividades para mantener las buenas prácticas adoptadas. Asimismo, en Proaño (2021) los indicadores evidencian una mejora de la disponibilidad del molino en base a la aplicación de la metodología RCM de 96% a 99%. Un impacto similar se observa en Pérez (2021) donde el molino vertical PFEIFFER MPS 2500 BC incrementó su disponibilidad de 92.46% a 98.42%

A nivel nacional, en García (2021) en plan de mantenimiento basado en la metodología RCM determina un mejor funcionamiento del molino, en tanto que evidencia un incremento de la disponibilidad de 82.3% a 93.6%, es decir un cambio de 11.3%; ello se debe a la disminución de fallos en las bolas del molino, las zarandas y las bombas sumergibles y de alta presión. De forma similar, en Inga (2021) luego de la implementación de cambios indica una mejora en la disponibilidad mecánica del molino de bolas 9x13 ft, dado que pasa de 87% a 93% entre los promedios de escenarios previo y posterior; adicionalmente, se empleó la estadística inferencial para confirmar si el análisis fue correcto y se obtuvo una significancia p-valor de $0.027 < 0.05$. Asimismo, en Cotos et al. (2020) a partir de un nuevo sistema se logra mejorar la disponibilidad desde 95.91% a 97.4% en los promedios del escenario antes y después. Por último, un impacto en menor medida se observa en Vásquez (2019) dado que la aplicación del RCM incrementó de la disponibilidad operativa de 85% a 95% entre los escenarios de evaluación en 1 año.

CONCLUSIONES

La experiencia profesional durante el tiempo de análisis en la empresa ha permitido el desarrollo de habilidades y aplicación de la Ingeniería Industrial para la mejora de la situación inicial; a partir de ello, se muestran las siguientes conclusiones:

- A nivel de objetivo general, se concluye que la implementación de la metodología RCM sí incrementó la disponibilidad operativa de molinos granuladores, al incrementarse promedio de 87.8% a 95.4% en promedio. Con relación a la experiencia profesional obtenida, se demostró que con RCM a través de las tareas de mantenimiento programadas, las verificaciones en funcionamiento cumplidas, y la priorización del riesgo permitieron disminuir la severidad de fallas.
- Asimismo, se concluye respecto al primer objetivo específico, que la aplicación de la metodología RCM incrementó el tiempo medio entre fallas (MTBF) dado que se observa un aumento en promedio de 44.6 a 131.73 horas, es decir, se logró aplazar el MTBF, esto fue posible al analizar las fallas históricas, realizar el mantenimiento preventivo, capacitar al personal y elegir componentes fiables para la reparación de calidad.
- Por último, se concluye respecto al segundo objetivo específico, que la aplicación de la metodología RCM redujo el tiempo medio para las reparaciones (MTTR), en tanto que se pasa de 6.06 a 4.64 horas en

promedio, esto es, así se logró reducir el tiempo promedio de reparación del equipo. Esto fue posible a la programación exitosa de paradas de mantenimiento, la planificación de recursos; herramientas, repuestos y personal asignado, y al desarrollo de documentación para la reparación estándar de los molinos granuladores.

RECOMENDACIONES

Adicionalmente, las recomendaciones surgen con la finalidad de continuar con las buenas prácticas en el presente trabajo de suficiencia profesional; en este sentido, se indica lo siguiente:

- Para mantener y mejorar la disponibilidad operativa de los molinos granuladores, es esencial continuar implementando la metodología RCM (Reliability-Centered Maintenance). Se recomienda seguir realizando tareas de mantenimiento preventivo programadas, con un enfoque que se ajuste a las condiciones reales de los equipos. Asimismo, la verificación constante del funcionamiento es crucial para detectar problemas a tiempo, y la priorización del riesgo debe continuar siendo una herramienta clave para asignar los recursos de manera efectiva, maximizando el impacto en la disponibilidad.
- En cuanto al MTBF, es fundamental seguir analizando las fallas históricas para identificar patrones de mejora y aplicar un mantenimiento preventivo que se base en el estado. Además, la capacitación continua en las mejores prácticas operativas es esencial para prolongar el tiempo entre fallas. El empleo de insumos de calidad y piezas fiables para las reparaciones debe ser una prioridad, ya que esto reduce la posibilidad de fallos prematuros y garantiza una mayor estabilidad operativa.
- Por último, para seguir reduciendo el Tiempo Medio Para la Reparación (MTTR), se recomienda revisar periódicamente la planificación de

paradas de mantenimiento en períodos de baja demanda operativa, lo que minimiza el impacto en la producción. La disponibilidad de herramientas, repuestos y personal capacitado debe estar asegurada para reducir el tiempo de inactividad durante las reparaciones. Además, es esencial continuar desarrollando procedimientos de reparación estandarizados y actualizados, junto con el uso de tecnologías avanzadas que permitan diagnósticos rápidos y eficientes, lo cual contribuirá a una mayor agilidad en las reparaciones.

REFERENCIAS

- Arteaga, L., & Gorozabel, F. (2021). Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad a maquinarias críticas de la Plaza Calderón. *Universidad & Ciencia* 10 (1), 212-216.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8099718>
- Caballero Gonzáles, C., & Clavero García, J. (2016). UF1466 - Sistemas de almacenamiento. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
<https://www.paraninfo.es/catalogo/9788428396608/uf1466---sistemas-de-almacenamiento>
- Canahua, N. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. *Revista Industrial Data* 24 (1), 49-76.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/idata/v24n1/1810-9993-idata-24-01-49.pdf>
- Casas, L., & Barona, J. (2019). El funcionamiento de las edificaciones: Administración y mantenimiento. Cali, Colombia: Programa Editorial de la Universidad del Valle. <https://programaeditorial.univalle.edu.co/gpd-el-funcionamiento-de-las-edificaciones-9789587659603-6332454a6cebf.html>
- Chiguano, W. (2020). *Desarrollo de un plan de mantenimiento en el subproceso de molienda en La Industria Harinera S. A.* [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio académico

de la UTA <https://repositorio.uta.edu.ec/items/45e35a27-0a01-46e9-a85e-8ced8dbb1b87>

- Consuegra, O. (2015). Metodología AMFE como herramienta de gestión de riesgo en un hospital universitario. Cuadernos Latinoamericanos de Administración Gerencial e investigación administrativa, 37-49. <https://www.redalyc.org/pdf/4096/409640743004.pdf>.
- Cotos, J., Mejía, L., & Valderrama, M. (2020). *Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para incrementar la disponibilidad mecánica del proceso de congelado en una empresa agroindustria*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio académico de la UCV <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58194>
- Escaño, J., Caballero, J., & Nuevo, A. (2019). Integración de sistemas de automatización industrial. Madrid, España: Ediciones Paraninfo S.A. <https://books.google.com.pe/books?id=gj2dDwAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- Estupiñán, E., & Cordero, O. (2019). Uso de la metodología FMECA -RCM, para la optimización de la estrategia de mantenimiento en una planta de tostación de cobre. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas 17 (1), 21-30. <https://doi.org/10.24054/01204211.v2.n2.2019.231>
- Fernández de la Calle, I. (2020). Seguridad funcional en instalaciones de proceso: Sistemas instrumentados de seguridad y análisis SIL. Madrid, España: Ediciones Diaz de Santos. <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788490522615.pdf>
- Flores, M., Medina, D., Vargas, D., & Remache-Vinueza, B. (2020). Asignación de modelos de mantenimiento basada en la criticidad y disponibilidad del equipo. Ciencia América 9 (4). <https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/340/634>
- García Vaca, I. (2016). Anatomía de sistemas: Su análisis y su apoyo. Madrid, España: Diaz Santos. <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788490520277.pdf>

- García, J. (2021). *Elaboración de un plan de mantenimiento con fines de reducción de costos utilizando la metodología del RCM para el área de molienda de la planta concentradora de minera Chinalco*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio académico de la UCV <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/76642>
- González, F., & Fuentes, J. (2019). *Sistemas ferroviarios: planificación, ingeniería y explotación*. San José, Costa Rica: Editorial UNED. <https://www.librosuned.com/LU25809/Sistemas-ferroviarios--Planificaci%C3%B3n,-ingenier%C3%ADa-y-explotaci%C3%B3n.aspx>
- Gupta, P., & Sri, A. (2016). *Seis Sigma sin Estadística: Enfoque en la búsqueda de las mejoras inmediatas*. Porto, Portugal: Accelper Consulting. <https://books.google.com.pe/books?id=xFBsCwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Graw Hill. <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- Jara, R. (2020). *Mantenimiento Basado en la Confiabilidad para el Mejoramiento de la Disponibilidad Mecánica de Procesadora de Molleja Semil en Planta Beneficio Huaral – San Fernando S.A.* [Tesis de Licenciatura, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio académico de la UTP <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3603>
- Linares, V. (2018). *Diagnóstico de averías y mantenimiento correctivo de sistemas de automatización industrial*. Malaga, España: IC Editorial. https://www.sancristoballibros.com/libro/diagnosisis-de-averias-y-mantenimiento-correctivo-de-sistemas-de-automatizacion-industrial_70467
- Martínez, F., & Planagumá, A. (2021). *Innovando desde la Gestión del mantenimiento. El Remantenimiento. Caso práctico Central Hidroeléctrica*. *Ingeniería Energética* 42 (2), 1-13.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012021000200048

Medialdea, J., & Corrales, B. (2017). Operaciones auxiliares de mantenimiento de instalaciones maquinaria, equipos y herramientas de floristería. Málaga, España: Editorial ELEARNING S.L.
<https://www.editorialelearning.com/catalogo/mf1112-1-operaciones-auxiliares-de-mantenimiento-de-instalaciones-maquinaria-equipos-y-herramientas-de-floristeria.html>

Murillo, F. (2021). *Diagnóstico de un Plan de Mantenimiento Preventivo para un Molino MRV 200 en la Compañía Colombiana de Cerámica Colcerámica S.A.S.* [Tesis de Maestría, Universidad ECCI]. Repositorio académico de la Universidad ECCI
<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1286>

Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M., Palacios Vela, J., & Romero Delgado, E. (2018). Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de tesis. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
http://www.biblioteca.cij.gob.mx/archivos/materiales_de_consulta/drogas_de_abuso/articulos/metodologiainvestigacionnaupas.pdf

Padrón, D. (2020). *Propuesta de mejora del plan de mantenimiento del molino vertical de carbón de la industria cementera UCEM, Planta Guapán.* [Tesis de Maestría, Universidad del Azuay]. Repositorio académico de la Universidad del Azuay
<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9722>

Pareja, C., Amado, J., & Gutiérrez, J. (2017). Gestión de mantenimiento preventivo y disponibilidad de la flota de tractores del área de maquinarias en una empresa pecuaria. *Ingnosis* 3 (1), 169-182.
<https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ingnosis/article/view/1548>

Pérez, I. (2021). *Propuesta de un modelo de confiabilidad para el Molino Vertical PFEIFFER MPS 2500 BC de la Cementera Atenas del Grupo Industrial Graiman.* [Tesis de Maestría, Universidad del Azuay]. Repositorio académico de la Universidad del Azuay

<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10633>

- Proaño, A. (2021). *Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para el molino Santa Rosa de la empresa Industrias Catedral S.A.* [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio académico de la UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/f43ad23e-53b2-4c6d-9393-21c6275d1b7b>
- Pulido, D., Darido, G., Muñoz, R., & Moody, J. (2021). *Manual para el desarrollo de ferrocarriles urbanos.* Washington D.C., Estados Unidos: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento - Banco Mundial. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/344281603865768195/pdf/The-Urban-Rail-Development-Handbook.pdf>
- Ramírez, R. (2017). *Gestión de proyectos de instalaciones de telecomunicaciones.* Madrid, España: Ediciones Paraninfo. <https://books.google.com.co/books?id=Nv9IDgAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- Suárez, Y., & Nieto, O. (2020). Metodología para gestionar riesgos en la autoevaluación de las maestrías del Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana. *Rev. Cubana Edu. Superior* 39 (3), 1-12. <http://scielo.sld.cu/pdf/rces/v39n3/0257-4314-rces-39-03-e19.pdf>
- Tabuyo, M. (2015). *Organización y gestión de los procesos de mantenimiento de las instalaciones eléctricas en el entorno de edificios y con fines especiales.* Málaga, España: Editorial E-learning. https://www.editorialelearning.com/catalogo/media/iverve/uploadpdf/1526033843_MF1182_3_demo.pdf
- Uribe, S. (2020). Aplicación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la máquina remalladora de una empresa textil. *Ingeniería Industrial* (38), 12-31. https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/4763

- Valderrama Mendoza, S. (2019). Pasos para Elaborar Proyectos de investigación Científica. Lima: Editorial San Marcos.
http://www.editorialsanmarcos.com/index.php?id_product=211&controller=product
- Vásquez, E. (2019). *Propuesta de implementación de un programa de mantenimiento basado en la confiabilidad para las plantas de trituración de roca en una empresa constructora*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio académico de la UPC.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/648733?show=full&locale-attribute=es>
- Ypanaqué, S., Chucuya, R., & Esquivel, L. (2017). Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de una grúa de 50 toneladas. *Ingnosis*. 3(2), 309-322.
<https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ingnosis/article/view/1559>

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
General	General	General	Independiente	<p>Tipo: Aplicado Enfoque: Cuantitativo Nivel: Descriptivo – Explicativo Diseño: Experimental</p>
¿En qué medida la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) incrementa la disponibilidad de los molinos granuladores en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, 2022?	Determinar en qué medida la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) incrementa la disponibilidad de los molinos granuladores en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, 2022.	La aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) incrementa la disponibilidad de los molinos granuladores en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, 2022	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)	
Específicos	Específicos	Específicas	Dependiente	
¿En qué medida la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) incrementa el tiempo medio entre fallas (MTBF) de los molinos granuladores en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, 2022?	Determinar en qué medida la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) incrementa el tiempo medio entre fallas (MTF) de los molinos granuladores en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, 2022	La aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) incrementa el tiempo medio entre fallas (MTF) de los molinos granuladores en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, 2022	Disponibilidad	
¿En qué medida la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) reduce el tiempo medio para reparaciones (MTTR) de los molinos granuladores en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, ¿2022?	Determinar en qué medida la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) reduce el tiempo medio para reparaciones (MTTR) de los molinos granuladores en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, 2022.	La aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) reduce el tiempo medio para reparaciones (MTTR) de los molinos granuladores en la empresa SMI S.A., Lima Metropolitana, 2022.	Dimensiones: Tiempo medio entre fallas Tiempo medio para reparaciones	

Anexo 2 Matriz de Operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala
Disponibilidad	Se define como aquella característica que tiene el objetivo de asegurar las operaciones dentro de un determinado periodo que, por lo general, suele ser continuo. Expresado como porcentaje en tanto que refiere la probabilidad de encontrar el sistema funcionando de forma adecuada en cualquier momento (Caballero y Clavero, 2016)	La disponibilidad operativa es analizada mediante las dimensiones tiempo medio entre fallas y tiempo promedio de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	$MTBF = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento}}{\text{N}^\circ \text{ fallos}}$	Base de datos	Razón
			Tiempo promedio de reparaciones (MTTR)	$MTTR = \frac{\text{Tiempo de reparaciones}}{\text{N}^\circ \text{ fallos}}$	Base de datos	Razón
Mantenimiento centrado en la Confiabilidad (RCM)	Esta metodología se encargaba de evaluar las fallas, identificar sus causas y evaluar sus efectos y consecuencias, para que a partir de ello se eligieran las estrategias más adecuadas (Casas y Barona, 2019)	El enfoque de mantenimiento centrado en la confiabilidad es analizado a través de las tareas de mantenimiento, la confiabilidad del proceso y el nivel de prioridad de riesgo	Tareas de mantenimiento	$TM = \frac{\text{Tareas cumplidas}}{\text{Tareas planificadas}}$	Base de datos	Razón
			Confiabilidad del proceso	$CP = \frac{\text{Inspecciones efectuadas}}{\text{Inspecciones planificadas}}$	Base de datos	Razón
			Nivel de Prioridad de Riesgo	$NPR = \text{Frecuencia} * \text{Gravedad} * \text{Detección}$	Base de datos	Razón

Anexo 3 Manual para las condiciones de lavado de molino

	RECICLADO	PER-RC-M-005
	MANUAL DE CONDICIONES OPERACIONALES EN PLANTA LAVADO	Versión: 01
		Página 1 de 34

1. OBJETIVO:

Establecer los estándares de producción para el flake. Este manual nos ayudará a identificar y a controlar el proceso productivo del flake y así evitar que no se encuentren fuera de estándares de producción y aseguramiento para la calidad del flake.

2. ALCANCE:

Este manual aplica a las actividades operativas del área de Reciclado - Lavado de la planta matriz.

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES:

- DEBALLER: Desglosador de botellas pet
- HIPER WASH: Removedor de suciedad y etiquetas del pet
- TITECH: Seleccionador de botellas de color.
- MESUTRONIC: Detector de metales (ferrosos y no ferrosos)
- MOLINO: Triturador de botellas. (flake)
- MTC: Máquina en Tratamiento Caliente

4. RESPONSABILIDADES:

Operador de Lavado	Asegurar el proceso de la producción controlando todo el proceso de la planta con los estándares de calidad establecidos. Verificar que el proceso del flake cumple los parámetros establecidos y se mantenga dentro de los valores de calidad.
Supervisor de Planta	Controlar el proceso de la producción según los estándares de producción y verificar que los parámetros establecidos no sean alterados ni sobrepasen los valores.
Jefe de Planta	Responsable de gestionar y ejecutar las actividades de producción, mantenimiento y calidad en planta Lavado, en busca de lograr el objetivo establecido con la gerencia
Gerente de Reciclado	Responsable de tomar decisiones, planificación y gestión en la planta de Reciclado.

5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA:

N.A.

Este es un documento controlado, no está permitido el uso de copias sin autorización del Dpto. Sistema Integrado de Gestión.

	RECICLADO	PER-RC-M-005
	MANUAL DE CONDICIONES OPERACIONALES EN PLANTA LAVADO	Versión: 01
		Página 2 de 34

6. Desarrollo:

6.1. CONDICIONES OPERACIONALES DE LAVADO

N°	ACTIVIDADES	RESPONSABLE
1	<p style="text-align: center;"><u>FAJA DE ALIMENTACION</u></p> <p>• Este es el inicio de nuestro proceso de producción. Aquí se ingresará las pacas o balas de botellas que vienen prensadas. Con la ayuda de un operario se cortarán los sunchos metálicos para posteriormente ingresar las botellas a la faja de alimentación y ser transportadas al siguiente proceso de producción.</p> 	OPERADOR DE LAVADO

Este es un documento controlado, no está permitido el uso de copias sin autorización del Dpto. Sistema Integrado de Gestión.

Anexo 4 Instrucciones de servicio de cinta transportadora GB 1000 AA 9000



INSTRUCCIONES DE SERVICIO

Cinta transportadora GB 1000 AA 9000 GB 1000 AA 5750

Número de pedido 15-12-09
Número de máquina 17645, 17646

Contenido

Ficha técnica	
Instrucciones de servicio Cinta transportadora	
Apéndice	Instrucciones de servicio de componentes Lista de piezas de repuesto y dibujos




Instrucciones de servicio Cinta transportadora
Índice





Índice

1	Seguridad.....	4
1.1	Peligros en general.....	4
1.2	Utilización correcta.....	4
1.3	Peligros debido a las máquinas.....	4
1.4	Exigencias que debe cumplir el operario.....	5
1.5	Medidas de seguridad en el lugar de emplazamiento.....	5
1.6	Dispositivos protectores.....	5
1.7	Comportamiento en caso de emergencia.....	6
2	Transporte y Instalación.....	7
2.1	Transporte.....	7
2.2	Exigencias que debe cumplir el suelo.....	7
2.3	Instalación.....	7
2.4	Conexión.....	8
3	Manejo.....	9
3.1	Primera puesta en servicio.....	9
3.2	Conexión.....	9
3.3	Ajuste y funcionamiento.....	10
4	Anomalías.....	11
4.1	El transportador de cinta no transporta.....	11
4.2	Ensuciamiento intenso de la máquina.....	11
4.3	Desplazamiento oblicuo de la cinta.....	11
5	Mantenimiento y conservación.....	12
5.1	Lubricación.....	12
5.2	Tensión de la correa.....	12
5.3	Cambio del aceite.....	12
5.4	Ajuste de las juntas de acuerdo con la tarea.....	12
5.5	Funcionamiento en invierno.....	12
6	Puesta fuera de servicio.....	13
7	Apéndice.....	14
7.1	Plan de lubricación - Rodamientos.....	14
7.2	Lubricante.....	14
7.3	Plan de lubricación - engranaje.....	14
7.4	Lubricantes.....	15
7.5	Comprobación general de los dispositivos de protección.....	15
7.6	Comprobación del funcionamiento.....	15
8	Desecho.....	16

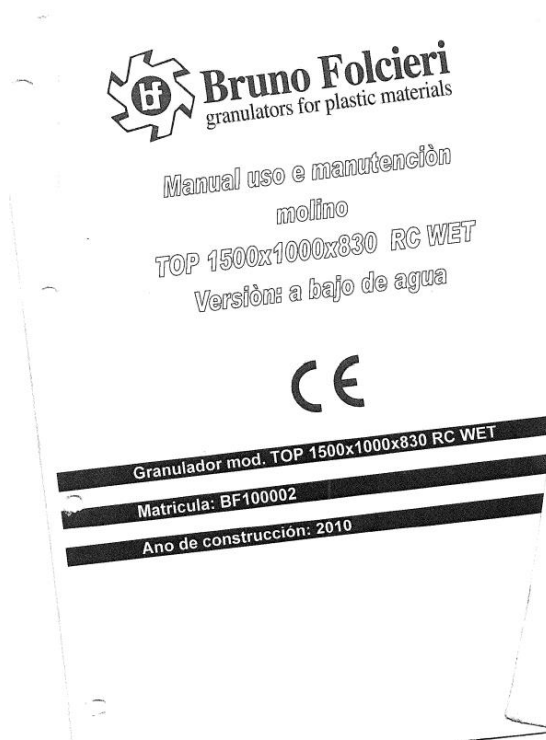
Apéndice

Anexo 5 Protocolo de cambio de cuchillas de molino

	MANTENIMIENTO RECICLADO	PER-RM-R-029
	PROTOCOLO DE CAMBIO DE CUCHILLAS	Versión: 01
FECHA:		TÉCNICO: _____
OT:		

MOLINO HERBOLD				
CRIBAS				
VISTA FRONTAL	ZONA	MEDIDAS		
	1-A			
	1-B			
	2-A			
	2-B			
	3-A			
	3-B			
	<i>Actividad</i>	<i>Conformidad</i>		
	inspección de desgaste de la criba (MEDIDA MINIMA DE LA CRIBA 1.5mm de espesor)			
	Inspección de hermeticidad en perimetro de criba (bajar el porta criba, para su inspeccion y limpieza de la criba)			
CAMARA DE CORTE				
CAMARA DE CORTE (ROTOR Y ESTATOR)	INSPECCIÓN DE ELEMENTOS			
	<i>Actividad</i>	<i>Conformidad</i>		
	Inspección de pernos de base portacuchillas, cuchillas móviles y placas de sujeción.			
	Inspección de pernos de cuchillas fijas y rectas, placas de fijación y cuñas.			
	Torqueo de pernos de cuchillas moviles (usar grasa Anty-seize)	332 ft lb		
	Torqueo de pernos de cuchillas fijas (usar grasa Anty-seize)	332 ft lb		
	Verificar gap de corte (gap entre cuchilla movil y fija)	min 0.30 max 0.50		
	Inspección de semidiscos laterales de sacrificio.			
	Fijación de pernos de chumacera de rotor			
verificar ingreso de agua a la camara de corte.				
TRASMISIÓN				
ALINEAMIENTO DE POLEAS / TENSADO DE FAJA / SUJECION DE POLEAS	INSPECCIÓN DE ELEMENTOS			
	<i>Actividad</i>	<i>Conformidad</i>		
	Verificar alineamiento de poleas			
	Revisar tensado de fajas			
	Ajuste de pernos de poleas y motor.			
	Fijación de guardas			
ALIMENTACIÓN Y DESCARGA				
TOLVA DE INGRESO DE MATERIAL	ESTADO DE ELEMENTOS			
	ELEMENTO	OPTIMO	DESGAST	CAMBIO
	MANGUERA DESCARGA			
	MANGUERA VALVULAS MANIFOLD			
	EMPADRE ADMISION CAMARA DE MOLIENDA			
	SELLO DE TAPA DE CAMARA			
	LIMPIEZA GENERAL DE LA ZONA			
TEC. MANTENIMIENTO	SUPERVISOR MANTENIMIENTO	JEFE DE MANTENIMIENTO		

Anexo 6 Manual de molino granulador RC WET



Bruno Folcieri
granulators for plastic materials

CAPITULO 6 - FUNCIONAMIENTO

6.1 USO, ZONAS, PERSONAL AUTORIZADO 41

6.2 MANDOS E INDICADORES DE FUNCIONAMIENTO Y DE ALARMA 41

6.3 CONTROLES Y PRUEBAS DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD 41

6.4 TEST ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA (PRUEBA) 42

6.4 INSTRUMENTOS DEL CUADRO ELECTRICO 43

6.5 SECUENCIA PUESTA EN MARCHA 43

6.6 CONTROL PRESTACIONES Y REGULACIONES 44

6.7 RELÉ AMPEROMETRICO 44

6.8 RELÉ TERMICO 44

6.9 RESET PTC 44

6.10 PARADA 45

6.11 PARADA DE EMERGENCIA 45

6.12 PARADA DE EMERGENCIA 45

CAPITULO 7 - MANUTENCION

7.1 SEGURIDAD, PRECAUCIONES Y MANUTENCION 46

7.2 OBJETO DE LA MANUTENCION 47

7.3 PUESTA EN ESTADO DE MANUTENCION 47

7.4 APERTURA Y CIERRE TOLVA 48

7.4 APERTURA Y CIERRE ESCOTILLA Y SOPORTE PARRILLA 50

7.5 APERTURA Y CIERRE ESCOTILLA Y SOPORTE PARRILLA 50

7.6 CAMBIO CUCHILLAS 52

7.6 PREREGULACION A BANCA DA CUCHILLAS Y CONTRA CUCHILLAS 54

7.7 DESMONTAJE DE LA CONTRA CUCHILLA POSTERIOR 55

7.8 MONTAR CONTRA CUCHILLA POSTERIOR 60

7.9 DESMONTAR CUCHILLAS ROTANTES 67

7.10 MONTAR CUCHILLAS ROTANTES 70

7.11 DESMONTAR CONTRA CUCHILLA ANTERIOR 75

7.12 MONTAR CONTRA CUCHILLA ANTERIOR 81

7.13 AFILADO DE CUCHILLAS Y CONTRA CUCHILLAS 87

7.14 LIMPIEZA PARRILLA 88

7.15 LUBRIFICACION 89


7.16 ELIMINACION DE ACEITES 91

7.17 PROGRAMA DE MANUTENCION 91



7.18 PROGRAMA DE MANUTENCION 91

Manual Uso & Manutención	Modelo granulador TOP 1500x1000x830 RC WET	Indice
-----------------------------	---	--------

Anexo 7 Instructivo para el cambio de color en lavado


	RECICLADO	PER-RC-1-036
	INSTRUCTIVO POR CAMBIO DE COLOR EN LAVADO	Versión: 02
		Página 1 de 16

1. **Responsables:** Operador de Planta y Supervisor de turno.
2. **¿Qué es?** Instructivo para cambio de color en la Línea de Lavado.
3. **¿Para qué?** Evitar la contaminación por color del Flake producido.
4. **¿Cuándo?** En parada de planta para cambio de color.
5. **Desarrollo:**

CONDICIONES DE SEGURIDAD	
<p>- Uso de EPP obligatorio:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Casco de seguridad ▪ Tapones auditivos ▪ Zapatos de seguridad ▪ Lentes de seguridad 	
<p>- Uso de EPP según tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Guantes de cuero ▪ Guantes de nitrilo ▪ Traje de seguridad ▪ Mascara de gas 	

5.1 LIMPIEZA DE MAQUINARIA POR CAMBIO DE PRODUCTO

Este es un documento controlado no está permitida su distribución sin autorización del Dpto. Sistema Integrado de Creación

	RECICLADO	PER-RC-1-036
	INSTRUCTIVO POR CAMBIO DE COLOR EN LAVADO	Versión: 02
		Página 2 de 16

Nº	Actividad / Tarea	EPP Adicional según Tarea	Imagen
5.1	<p style="text-align: center;"><u>MOLINO (HERBOLD / FOLCIERI)</u></p> <p>Solicitar al mecánico abrir el molino (si es necesario hacer cambio de cuchillas). Limpiar al interior del molino.</p>		
5.2	<p style="text-align: center;"><u>TINA DE FLOTACIÓN 1</u></p> <p>Evacuar el agua, limpieza interna, sopleteo de todos los polines y alrededor de la tina.</p>	N.A.	

Anexo 8 Planificación de actividades de limpieza de planta mecánica

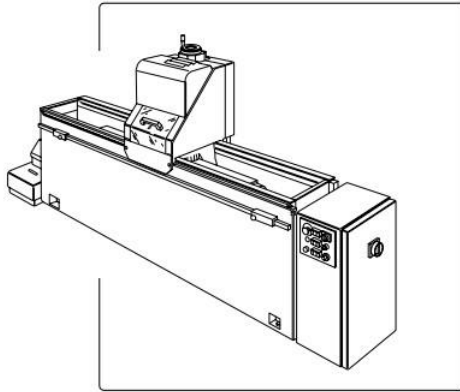
SMI		RECICLADO							PER-RC-R-032	
		ACTIVIDADES DE LIMPIEZA DE MÁQUINA MENSUAL - PLANTA REGENERADO							Versión: 05	
Linea: 1 2		<u>Metodo</u> LQ: Limp. Química LV: Limp. Con vapor LB: Limp. Con escobilla Bronce							FECHA: __/__/__	
RUTA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO AUTONOMO - REGENERADO										
ITEM	ZONA-EQUIPO	ACTIVIDAD	METODO	EJECUTA DO(X)	R1	R2	DIA / TURNO	OPERADOR	SUPERVISOR	OBSERVACIÓN
1	SILO / TOLVA ALIMENTACIÓN	LIMPIEZA DE MALLA MAGNÉTICA.								
2		VERIFICACIÓN HILACHAS Y LIMPIEZA DE SILO.								
3		LIMPIEZA DEL TECHO DEL SILO								
4		LIMPIEZA DE MANGAS.								
5	PRE SECADOR	LIMPIEZA DE EXTRACTOR DE POLVO (CICLÓN).								
6		LIMPIEZA DE LA MANGA.								
7		VERIFICACIÓN ILACHAS Y LIMPIEZA.								
8		CAMBIO DE BIG BAG DE METALES.								
9		LIMPIEZA DE TECHO Y CASETA DEL EQUIPO								
10		LIMPIEZA DE MALLA MAGNÉTICA.								
11	SILO DEL SECADOR	LIMPIEZA DEL SILO, REVISAR LAS TAPAS DEL TORNILLO.								
12		LIMPIEZA DEL TECHO DEL SILO								
13		LIMPIEZA DE MANGAS.								
14		LIMPIEZA INTERNA DE SECADORES Y VERIFICACIÓN.								
15	ALIMENTACIÓN DE SECADORES	LIMPIEZA DE TORNILLOS DE SECADORES.								
16	PIOVAN # 1 COMPARTIMIENTO 1	LIMPIEZA DE COMPARTIMIENTO DE RADIADOR								
17		LIMPIEZA DE RADIADORES.								Cada 3 meses Limp. Química
18		LIMPIEZA DE FILTROS(PAPEL) DEL DESHUMIFICADOR								
19		LIMPIEZA DE FILTROS (METAL) DEL CONDENSADOR Y COMPARTIMENT								
20	PIOVAN # 1 COMPARTIMIENTO 2	LIMPIEZA DE COMPARTIMIENTO DE RADIADOR								
21		LIMPIEZA DE RADIADORES.								
22		LIMPIEZA DE FILTROS(PAPEL) DEL DESHUMIFICADOR								Cada 3 meses Limp. Química
23		LIMPIEZA DE FILTROS (METAL) DEL CONDENSADOR Y COMPARTIMENT								
24	PIOVAN # 2 COMPARTIMIENTO 1	LIMPIEZA DE COMPARTIMIENTO DE RADIADOR								
25		LIMPIEZA DE RADIADORES.								
26		LIMPIEZA DE FILTROS(PAPEL) DEL DESHUMIFICADOR								
27		LIMPIEZA DE FILTROS (METAL) DEL CONDENSADOR Y COMPARTIMENT								
28	PIOVAN # 2 COMPARTIMIENTO 2	LIMPIEZA DE COMPARTIMIENTO DE RADIADOR								
29		LIMPIEZA DE RADIADORES.								
30		LIMPIEZA DE FILTROS(PAPEL) DEL DESHUMIFICADOR								
31		LIMPIEZA DE FILTROS (METAL) DEL CONDENSADOR Y COMPARTIMENT								
32	CICLÓN DEL PIOVAN 1	LIMPIEZA DE EXTRACTOR DE POLVO.								
33	CICLÓN DEL PIOVAN 2	LIMPIEZA DE EXTRACTOR DE POLVO.								
34	SOPLADORES DEL PIOVAN 1 Y 2	LIMPIEZA DE FILTRO DE POLVO.								
35	ANTIYELLOW	LIMPIEZA AL TANQUE DE DOSIFICADOR.								
36	EXTRUSORA	LIMPIEZA DE TANQUE DE POLVO DE EXTRUSORA.								
37		LIMPIEZA DEL TORNILLO.								
38		LIMPIEZA INTERNO.								
39		LIMPIEZA DEL SISTEMA DE VACIO - DESGASIFICADOR								
40	BOMBA DE VACIO Y TANQUE DE POLVO DE LA EXTRUSORA	LIMPIEZA DEL DESGASIFICADOR DE GASES.								
41		LIMPIEZA DE FILTRO DE DESGASIFICADOR DE GASES.								
42		LIMPIEZA DE FILTRO DE POLIESTER								
43	CENTRIFUGA	LIMPIEZA DE CENTRIFUGA								
44	CERNIDORA	LIMPIEZA DE CERNIDORA.								
45		LIMPIEZA DE MALLA DE LA CERNIDORA								
46	TANQUE DE AGUA	LIMPIEZA DE TANQUE DE AGUA.								
47		LIMPIEZA DE LA MALLA.								
48	CRISTALIZADOR	LIMPIEZA DE FILTRO.								
49		LIMPIEZA INTERNA DEL SILO								
50		LIMPIEZA TECHO Y CASETA DEL EQUIPO								
51		LIMPIEZA DE CICLON.								
52	SILO DE RESPALDO DEL CRISTALIZADOR	LIMPIEZA DE FILTRO DEL SOPLADOR.								
53		LIMPIEZA DE MALLA.								

Anexo 9 Planificación de actividades de limpieza de planta de lavado

SM		RECICLADO						
		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE LIMPIEZA PLANTA LAVADO 2						
FECHA								
ITEM	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	2-Dic	9-Dic	23-Dic	28-Ene	5-Ene	12-Ene
1	LIMPIEZA DE (SOTANO), Botellas y agua acumulada.	Bimensual	Programado					
2	LIMPIEZA DE TORNILLOS TRANSPORTADORES	Mensual	Programado				Programado	
3	LIMPIEZA DE TOLVA Y TORNILLO QUE ALIMENTA EL TROMEL	Mensual		Programado				Programado
4	LIMPIEZA ALOJAMIENTO DEL TROMEL	Quincenal			Programado		Programado	
5	LIMPIEZA DE FAJA 1	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
6	LIMPIEZA DE LA FAJA DE SELECCIÓN 2	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
7	LIMPIEZA DE LA FAJA DE SELECCIÓN 3	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
8	LIMPIEZA DE LA FAJA QUE ALIMENTA EL MOLINO HERBOLD 1	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
9	LIMPIEZA DE LA FAJA QUE ALIMENTA LA FAJA DEL MOLINO HERBOLD 2	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
10	LIMPIEZA DE LA FAJA QUE ALIMENTA EL MOLINO HERBOLD 2	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
11	LIMPIEZA DE PLATAFORMA Y MOLINO NEVE HERBOLD	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
12	LIMPIEZA DE CANALETAS DEL SOTANO HASTA LA FAJA QUE ALIMENTA EL MOLINO NEVE HERBOLD	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
13	LIMPIEZA DE TORNILLO DE DESCARGA DE LOS MOLINOS	Mensual	Programado				Programado	
14	LIMPIEZA DE TORNILLO DE CARGA AL HIPERWASH 1	Mensual		Programado				Programado
15	LIMPIEZA DEL HIPERWASH 1	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
16	LIMPIEZA DEL TORNILLO QUE ALIMENTA LA TINA 1	Mensual			Programado			
17	LIMPIEZA DE LA TINA 1	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
18	LIMPIEZA DEL TANQUE DE RECIRCULACION DE AGUA DE LA TINA 1	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
19	LIMPIEZA DEL TORNILLO QUE CARGA LOS MTC	Mensual	Programado				Programado	
20	LIMPIEZA DE LA PLATAFORMA Y TANQUE'S MTC	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
21	LIMPIEZA DEL TANQUE DE RECIRCULACION DE LOS MTC	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
22	LIMPIEZA DEL CANALETAS DESDE LA FAJA DEL MOLINO HASTA LOS TANQUES MTC	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
23	LIMPIEZA DEL HIPERWASH 2	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
24	LIMPIEZA DE LA TINA 2	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
25	LIMPIEZA DEL TANQUE DE RECIRCULACION DE AGUA DE LA TINA 2	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
26	LIMPIEZA DE LA TINA 3	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
27	LIMPIEZA DEL TANQUE DE RECIRCULACION DE AGUA DE LA TINA 3	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
28	LIMPIEZA DEL CANALETAS DESDE LOS MTC HASTA LA TINA 3	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
29	LIMPIEZA DEL HIPERWASH 4	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
30	LIMPIEZA DE LAS TUBERIAS DEL GENERADOR DE AIRE CALENTE	Mensual	Programado				Programado	
31	LIMPIEZA DEL CANALETAS DESDE HIPERWASH 4 HASTA EL GAC	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
32	LIMPIEZA DEL SILO MEZCLADOR	Quincenal		Programado		Programado		Programado
33	LIMPIEZA DEL SEPARADOR DINAMICO, MANGAS, CICLON Y EQUIPO	Quincenal			Programado		Programado	
34	ELIMINAR TODOS LOS MATERIALES ALMACENADOS EN LA ZONA (BARRIDOS, FLAKE METALES, FLAKE SEA...)	Diario	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado
35	CAMBIO DE AGUA DE LAS TINAS DE FLOTACION	Semanal	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado	Programado

Anexo 10 Catalogo de afiladora para cuchillas MX 150

Affilatrice per coltelli MX 150
Affûteuse pour couteaux MX 150
Messerschleifmaschine MX 150
Knife grinder MX 150
Afiladora para cuchillos MX 150



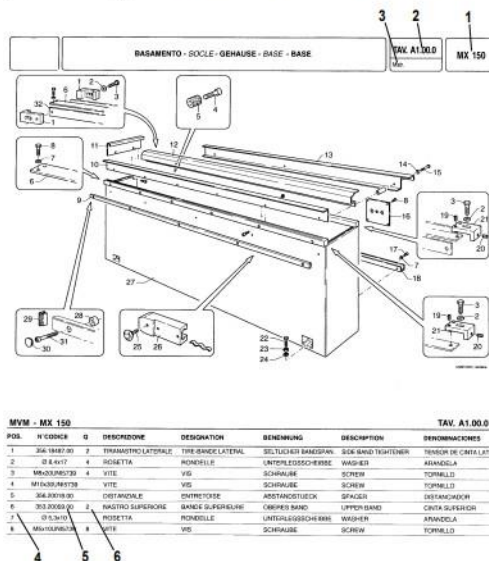
Catalogo parti di ricambio
Catalogue des pieces de rechange
Ersatzteilkatalog
Spare parts catalogue
Catalogo de piezas de repuesto

EDIZIONE/EDITIONAUSGABE/EDITION/EDICION - 03/2002

CODICE/COEKODE/COEK/CODIGO - 381.79930.00

Norme per la consultazione del catalogo - Normes pour la consultation du catalogue
Normen für die Katalogbenutzung - How to consult the catalogue - Normas para consultar el catálogo

MX 150



- 1 - Modello della macchina**
Modèle de la machine - Maschinemodell
Machine model - Modelo de la máquina
- 2 - Numero della tavola con indice di modifica**
Numéro du plan avec indice de révision
Tafelnummer mit Änderungszahl
Table number with modification indication
Número de la lámina con índice de modificación
- 3 - Validità matricola della tavola**
Validité matricule du plan - Gültigkeit der Seriennummer der Tafel
Validity of table number - Validez matricula de la lámina
- 4 - Numero di posizione del particolare**
Numéro de position de la pièce - Positionsnummer des Teils
Position number of part - Número de posición de la pieza
- 5 - Numero di codice del particolare**
Numéro de code de la pièce - Best. Nr. des Teils
Code number of part - Número de código de la pieza
- 6 - Quantità di particolari per tavola**
Quantité de pièces par plan - Stückzahl der Teile pro Tafel
Quantity of parts per table - Cantidad de piezas por lámina

Anexo 11 Presentación de nuevo diagrama de proceso de reciclado - SMI



Anexo 12 Logros obtenidos con el equipo de reciclado - SMI

¡Hicimos record de producción rPET y Flake!



Anexo 13 Mantenimiento programado equipo extrusora.



Anexo 14 Afiladora de cuchillas para los molinos de granulación.



Anexo 15 Cuchillas para los molinos de granulación.

