



UNIVERSIDAD NACIONAL  
de MAR DEL PLATA



# PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL LAVADERO INDUSTRIAL DE UN HOTEL DE 5 ESTRELLAS

Trabajo Final para optar al grado de Ingeniero Industrial  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Facultad de Ingeniería– UNMdP  
Mar del Plata, Diciembre de 2025

Autores:

Da Silva, Matías, DNI: 36.834.771, Mat.: 9035  
Sarmiento, Leonardo. DNI 32.937.079, Mat.: 6413



# PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL LAVADERO INDUSTRIAL DE UN HOTEL DE 5 ESTRELLAS

Trabajo Final para optar al grado de Ingeniero Industrial  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Facultad de Ingeniería– UNMDP  
Mar del Plata, Diciembre de 2025

Autores:

Da Silva, Matías, DNI: 36.834.771, Mat.: 9035  
Sarmiento, Leonardo. DNI 32.937.079, Mat.: 6413

Directores:

Ing. Bandera, Leonardo  
Codirector: Ing. Migueles, Marin

# Índice General

<b>Agradecimientos.....</b>	<b>3</b>
<b>Índice General.....</b>	<b>4</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>5</b>
<b>Índice de Tablas.....</b>	<b>6</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>8</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>9</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>10</b>
1.1 En búsqueda del cambio de enfoque.....	10
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>11</b>
<b>3. Marco teórico.....</b>	<b>12</b>
3.1 Mantenimiento industrial.....	12
3.1.1 Objetivos del Mantenimiento.....	12
3.1.1 Mantenimiento correctivo.....	12
3.1.2 Mantenimiento preventivo.....	13
3.1.3 Equilibrio entre preventivo y correctivo.....	14
3.1.4 Rutinas básicas de mantenimiento.....	16
3.2 Herramientas de calidad aplicada al mantenimiento.....	16
3.2.1 Ciclo PHVA.....	16
3.2.2 Principio de pareto.....	18
3.2.3 Diagrama de Ishikawa.....	19
3.3.1 Indicadores clave de desempeño (KPIs).....	19
3.3.2 Tableros y visualización de indicadores.....	21
3.4 Gestión eficiente del stock de insumos.....	22
3.5 Información documentada.....	24
3.5.1 Calidad de los Datos.....	25
3.5.2 Estructura de la Base de Datos.....	25
3.5.3 Datos de Equipos.....	26
3.5.4 Datos de Fallas.....	26
3.4.5 Datos de Mantenimiento.....	26
<b>4. Desarrollo.....</b>	<b>27</b>
4.1 Relevamiento y análisis de situación actual.....	27
4.1.1 Relevamiento de los equipos.....	27
4.1.2 Relevamiento de las Instalaciones auxiliares.....	29
4.1.3 Análisis de la situación actual.....	30
4.1.4 Conclusiones del análisis de la situación actual.....	38
4.1.5 Análisis de criticidad.....	39
4.1.6 Planes de Mantenimiento.....	47
4.2 Gestión de stock. Política de inventario.....	68

4.2.1 Política de inventario.....	68
4.3 Información Documentada.....	72
4.3.1 Información documentada.....	72
4.3.2 Identificación y caracterización de activos.....	72
4.3.3 Gestión de la operación y mantenimiento.....	73
4.3.4 Gestión de repuestos e inventarios.....	76
4.3.5 Sistema de codificación.....	78
4.4 Indicadores, tableros y lineamientos para la mejora continua.....	80
4.4.1 Indicadores a utilizar.....	80
4.4.2 KPIs e información documentada.....	80
4.4.3 Tablero de Indicadores.....	82
4.4.4 Lineamientos para la mejora continua.....	85
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>87</b>
<b>6. Bibliografía.....</b>	<b>88</b>
<b>7. Anexo.....</b>	<b>89</b>

# Índice de Figuras

Figura nº 1: Impacto en carga de trabajo del mantenimiento preventivo. Reproducido de Montilla Montaña, 2019.....	14
Figura nº 2: Impacto económico del mantenimiento preventivo. Reproducido de Montilla Montaña, 2019.....	14
Figura nº 3: Ciclo PHVA adaptado a mantenimiento. Reproducido de Montilla Montaña, 2019	16
Figura N° 4: Gráfico de EOQ. Reproducido de Krajewsky, Ritzman, Malhotra, 2008.....	23
Figura N° 5: circuito de alimentación de la Calandra grande. Fuente: elaboración propia.....	28
Figura N° 6: circuito de purgado de vapor de la Calandra grande. Fuente: elaboración propia..	29
Figura N° 8: circuito de alimentación Lavadora 4. Fuente: elaboración propia.....	29
Figura N° 7: circuito de alimentación Lavadora 3. Fuente: elaboración propia.....	29
Figura N° 9: circuito de alimentación Lavadora 5. Fuente: elaboración propia.....	29
Figura N° 11: diagrama de causa - efecto - Fuente: elaboración propia.....	35
Figura N° 13: Diagrama de Pareto - Fuente: elaboración propia.....	40
Figura N° 14: Diagrama de Pareto - Fuente: elaboración propia.....	42
Figura N° 15: Diagrama de Pareto - Fuente: elaboración propia.....	44
Figura N° 16: Diagrama de Pareto - Fuente: elaboración propia.....	45
Figura N° 17: Tablero de comando 1º nivel. Fuente: elaboración propia.....	84

# Índice de Tablas

Tabla N°1: Lavadoras. Fuente: elaboración propia en base a los equipos del hotel. Imágenes obtenidas de los manuales.....	26
Tabla N°2: Secadoras. Fuente: Elaboración propia en base a los equipos del hotel, imágenes obtenidas del manual del fabricante.....	27
Tabla N°3: Calandras y Caldera de vapor. Fuente: Elaboración propia en base a los equipos del hotel, imágenes obtenidas del manual del fabricante.....	27
Tabla N° 5: Metodología semáforo - Fuente: elaboración propia.....	39
Tabla N° 6: Tabla de frecuencias de fallas de lavadora 3 - Fuente: elaboración propia.....	40
Tabla N° 7: Días de uso y sin uso del equipo - Fuente: elaboración propia.....	41
Tabla N° 8: Indicadores de Mantenimiento - Fuente: elaboración propia.....	41
Tabla N° 9: Tabla de frecuencias de fallas de lavadora 4 - Fuente: elaboración propia.....	42
Tabla N ° 10: Días de uso y sin uso del equipo lavadora 4 - Fuente: elaboración propia.....	42
Tabla N° 11: Indicadores de Mantenimiento lavadora 4 - Fuente: elaboración propia.....	42
Tabla N° 12: Tabla de frecuencias de fallas de lavadora 3 - Fuente: elaboración propia.....	44
Tabla N° 13: Días de uso y sin uso del equipo lavadora 5- Fuente: elaboración propia.....	44
Tabla N° 14: Indicadores de Mantenimiento lavadora 5 - Fuente: elaboración propia.....	44
Tabla N° 15: Tabla de frecuencias de fallas de calandra grande - Fuente: elaboración propia...	46
Tabla N° 16: Días de uso y sin uso del equipo calandra grande - Fuente: elaboración propia....	46
Tabla N° 17: Indicadores de Mantenimiento calandra grande - Fuente: elaboración propia.....	46
Tabla nº 18: Clasificación ABC para lavadora 3. Fuente: elaboración propia.....	68
Tabla nº 19: Clasificación ABC para lavadoras 4 y 5. Fuente: elaboración propia.....	68
Tabla nº 20: Clasificación ABC para calandra grande. Fuente: elaboración propia.....	69
Tabla nº 21: Clasificación ABC para secadoras. Fuente: elaboración propia.....	69
Tabla nº 22: Clasificación ABS para caldera de vapor. Fuente: elaboración propia.....	70
Tabla nº 23: Prefijos para codificación. Fuente: elaboración propia.....	78

# Resumen

## **PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL LAVADERO INDUSTRIAL DE UN HOTEL DE CINCO ESTRELLAS**

El presente trabajo aborda la problemática existente en el lavadero industrial de un hotel cinco estrellas en Mar del Plata, centrada en la disminución de la confiabilidad de sus equipos debido a la ocurrencia frecuente de fallas, lo que se traduce en un aumento de costos, tiempos operativos y una reducción en la eficiencia que compromete los estándares de calidad. El objetivo principal es proponer un sistema de gestión del mantenimiento que mejore la disponibilidad y el rendimiento de los equipos, minimice los tiempos de inactividad no planificados y contribuya a la reducción de los costos operativos. Para ello, se realiza un análisis de la situación actual utilizando datos históricos de fallas y herramientas de gestión para identificar los equipos críticos y sus modos de falla más recurrentes. A partir de este diagnóstico, se desarrollan planes de mantenimiento preventivo y correctivo específicos para cada equipo crítico, se establece una política de gestión de stock para repuestos e insumos mediante un análisis ABC, se diseña un sistema de información documentada para estandarizar los registros y se propone un tablero de comando con indicadores clave (KPIs). Se concluye que la transición de un enfoque reactivo a uno proactivo, mediante la implementación del sistema propuesto, permite aumentar la fiabilidad de la maquinaria, optimizar los recursos y asegurar la continuidad y calidad del servicio, alineándose con los altos estándares del hotel.

**Palabras clave:** gestión del mantenimiento, mantenimiento preventivo, lavadero industrial, hotelería, mejora continua, análisis de fallas.

# Abstract

## **PROPOSAL FOR A MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM FOR THE INDUSTRIAL LAUNDRY OF A 5-STAR HOTEL**

This project addresses the issues within the industrial laundry of a five-star hotel in Mar del Plata, focusing on the decreased reliability of its equipment due to frequent failures. This situation leads to increased costs, longer operational times, and reduced efficiency, thereby compromising quality standards. The main objective is to propose a maintenance management system to improve equipment availability and performance, minimize unplanned downtime, and help reduce operating costs. To achieve this, an analysis of the current situation is conducted using historical failure data and management tools to identify critical equipment and their most recurrent failure modes. Based on this diagnosis, specific preventive and corrective maintenance plans are developed for each critical piece of equipment, an inventory management policy for spare parts and supplies is established using an ABC analysis, a documented information system is designed to standardize records, and a dashboard with key performance indicators (KPIs) was proposed. It is concluded that transitioning from a reactive to a proactive approach through the implementation of the proposed system will increase machinery reliability, optimize resources, and ensure the continuity and quality of service, aligning with the hotel's high standards.

**Keywords:** maintenance management, preventive maintenance, industrial laundry, hospitality, continuous improvement, failure analysis.

# 1. Introducción

En este apartado, se intenta acercarse a la problemática que se desarrolla a lo largo del Trabajo Final. Para ello, dicho trabajo se estructura en capítulos que desarrollan los objetivos específicos, un marco teórico que sustenta académicamente nuestra propuesta, y un análisis de los resultados y discusiones finales. Se establecen las conclusiones derivadas de la propuesta, la bibliografía utilizada y los anexos correspondientes.

En el presente Trabajo Final de la carrera de Ingeniería Industrial se aborda la problemática existente en el lavadero industrial de un hotel cinco estrellas ubicado en la ciudad de Mar del Plata. Dicha problemática se centra en la disminución de la confiabilidad de sus equipos debido a la ocurrencia frecuente de fallas, lo que se traduce en un aumento significativo en los costos, tiempos operativos y una reducción en la eficiencia, comprometiendo directamente los estándares de calidad de un hotel de cinco estrellas. Es por ello, que se propone un sistema para la gestión del mantenimiento que permita mejorar la disponibilidad y el rendimiento de los equipos, minimizar los tiempos de inactividad no planificados, prolongar la vida útil de la maquinaria y contribuir a la reducción de los costos operativos y al mantenimiento de los estándares de calidad que caracterizan a un hotel de esta categoría.

Con la ayuda de datos históricos de las fallas de los equipos recabados por el personal del lavadero entre las fechas 10/12/2023 al 15/07/2024 y las herramientas de la ingeniería, se realiza un análisis de la situación actual que relaciona a las áreas de Mantenimiento y Lavadero para luego finalizar con el planteo de una posible solución a la problemática.

## 1.1 En búsqueda del cambio de enfoque

En el presente Trabajo Final, se plantea cambiar el enfoque actual de la empresa respecto al mantenimiento. Actualmente, el hotel mantiene un enfoque de mantenimiento puramente reactivo, percibiendo al área de Mantenimiento únicamente como un centro de costos. Esta estrategia implica que las acciones correctivas solo se inician una vez que ocurre una avería, exponiendo al lavadero a la ocurrencia de emergencias, interrupciones inesperadas y fallas mayores que comprometen la continuidad operativa y la calidad del servicio.

A través de un enfoque sistemático, la implementación de una gestión eficiente de stock de repuestos y la aplicación de principios de mejora continua, este Trabajo Final busca proponer una transformación radicalmente esta perspectiva. Analizar las necesidades actuales del lavadero, identificar las mejores prácticas en gestión de mantenimiento y desarrollar una propuesta que permita transicionar del modelo reactivo a uno proactivo y eficiente, garantizando la disponibilidad óptima de los equipos y la maximización de la vida útil de la maquinaria.

## 2. Objetivos

Como objetivo general se ha planteado elaborar un Sistema para la Gestión del Mantenimiento de los equipos de un Lavadero Industrial, buscando incrementar su nivel de disponibilidad y así mejorar el nivel de servicio.

Con el fin de alcanzar dicho objetivo, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Definir un Plan de Mantenimiento a fin de evitar las fallas frecuentes de la maquinaria o de consideración, estableciendo un cronograma para el mantenimiento, paradas de maquinarias y otras acciones a realizar incluídas en el Plan de Mantenimiento.
- Establecer un sistema de gestión de stock que garantice la disponibilidad de repuestos e insumos necesarios para el mantenimiento, definiendo niveles óptimos para minimizar el tiempo de inactividad de las maquinarias y reducir los costos asociados al exceso o falta de inventario.
- Diseñar y estandarizar información documentada para el control y seguimiento de las actividades de mantenimiento para garantizar la trazabilidad y mejora continua.
- Desarrollar un tablero de comando que permita la mejora continua del Sistema de Gestión del Mantenimiento, mediante la revisión y actualización periódica de los programas de mantenimiento basados en datos de rendimiento, suministrados por el análisis de un tablero de comando mediante KPIs, y feedback del personal operativo.

## 3. Marco teórico

### 3.1 Mantenimiento industrial

El mantenimiento industrial es una actividad esencial dentro de cualquier organización productiva, ya que su finalidad no es solo reparar fallas, sino prevenirlas y gestionarlas de manera eficiente. Según Rey Sacristan (2001) el Mantenimiento Industrial es un medio necesario para que la organización alcance la más alta productividad mediante el empleo más racional, eficaz y económico de una planta industrial y del personal integrado.

A continuación se desarrolla cada uno de los tipos de mantenimiento, con su aplicación, fortalezas, debilidades y su relación con otros ejes clave como la documentación, los KPIs, la industria 4.0 y la gestión de insumos.

#### 3.1.1 Objetivos del Mantenimiento

El mantenimiento industrial no debe concebirse únicamente como una actividad técnica aislada, sino como un componente estratégico al servicio de los objetivos operativos y económicos de la organización. Como señala Montilla Montaña (2019), es una disciplina inherente a la producción y transversal a todas las áreas de la empresa, cuyo propósito es aportar al cumplimiento global de los logros empresariales .

Uno de sus primeros objetivos es la reducción de fallas funcionales, es decir, evitar que los equipos sufran interrupciones no programadas que afecten la continuidad de los procesos. Este tipo de fallas puede tener consecuencias críticas como la detención de la producción, pérdidas materiales, incumplimiento de plazos, incremento de costos correctivos, riesgos laborales y daños al medio ambiente. Además, el tiempo necesario para recuperar la operación genera lucro cesante y puede afectar negativamente la reputación de la empresa (Montilla Montaña, 2019).

A su vez, otro objetivo fundamental del mantenimiento es garantizar que los equipos operen con costos razonables. Para ello, el autor presenta una fórmula que descompone el costo operativo total en distintos componentes: consumo de energía (Cco), lubricación (Clu), mantenimiento rutinario (CM), reparaciones mayores (Crm) y desgaste de partes críticas (Cpd). Este enfoque permite identificar si una rutina de mantenimiento es económicamente factible de aplicar (Montilla Montaña, 2019).

#### 3.1.1 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en intervenir un equipo una vez que ha fallado en el cual las intervenciones se basan fundamentalmente en el recambio o desmontaje y sustitución de piezas ya preparadas o estandarizadas. Este tipo de mantenimiento es utilizado más frecuentemente en líneas de producción de gran capacidad de producción (Rey Sacristan, 2001).

Se caracteriza por su simplicidad, pero también requiere una gestión operativa acorde para que al momento de sucedido el fallo se realice una rápida intervención para darle solución (Rey Sacristan, 2001).

Al no preverse las fallas, se eleva el consumo urgente de repuestos, por lo que una gestión eficiente de los repuestos es fundamental para este tipo de mantenimiento. Es importante además incorporar ingeniería de diseño, sistemas de detección de las fallas e información con los procedimientos a seguir según el tipo de falla para mejorar el tiempo de respuesta (Rey Sacristan, 2001).

Este enfoque puede dividirse en dos categorías:

- Correctivo de emergencia, que ocurre durante el ciclo productivo y genera detenciones imprevistas con consecuencias potencialmente graves como interrupciones en la producción, accidentes laborales, incumplimientos contractuales o incluso daños al medio ambiente (Montilla Montaña, 2019).
- Correctivo programado, que se ejecuta luego de detectar una falla potencial que, si bien no afecta inmediatamente el rendimiento del equipo, requiere atención antes de que escale en severidad (Montilla Montaña, 2019).

Montilla destaca que, si bien es ideal evitar intervenciones de emergencia, el correctivo programado sigue siendo necesario incluso en sistemas bien gestionados, debido al desgaste natural de los componentes. La clave está en minimizar las situaciones críticas y gestionar adecuadamente las intervenciones inevitables, especialmente en activos no vitales para la producción (Montilla Montaña, 2019).

### **3.1.2 Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo constituye una de las estrategias más ampliamente adoptadas en la gestión moderna de activos físicos. Su principio fundamental consiste en prevenir la ocurrencia de fallas funcionales, mediante la ejecución de tareas básicas tales como inspección, lubricación, ajuste, calibración o reemplazo de componentes, realizadas en intervalos planificados que responden a las características del ciclo productivo (Montilla Montaña, 2019).

Esta metodología parte de la premisa de que toda máquina o sistema tiene una degradación progresiva de su estado operativo respecto a su condición nominal. Por esta razón, el mantenimiento preventivo busca anticiparse a las averías, ejecutando paradas planificadas antes de que el rendimiento del equipo caiga por debajo del límite de admisibilidad técnica. Estas paradas programadas, conocidas como ventanas de mantenimiento, permiten intervenir el equipo cuando aún se encuentra operativo, minimizando riesgos y costos asociados a fallas inesperadas (Montilla Montaña, 2019).

Para su implementación efectiva, el mantenimiento preventivo requiere un proceso sistemático de planificación, que inicie con el inventario y codificación de los activos a intervenir. A esto se suman la creación de fichas técnicas (Tarjetas Maestras de Datos), hojas de vida de los equipos, rutinas estandarizadas, programación de actividades y definición de los formatos de gestión

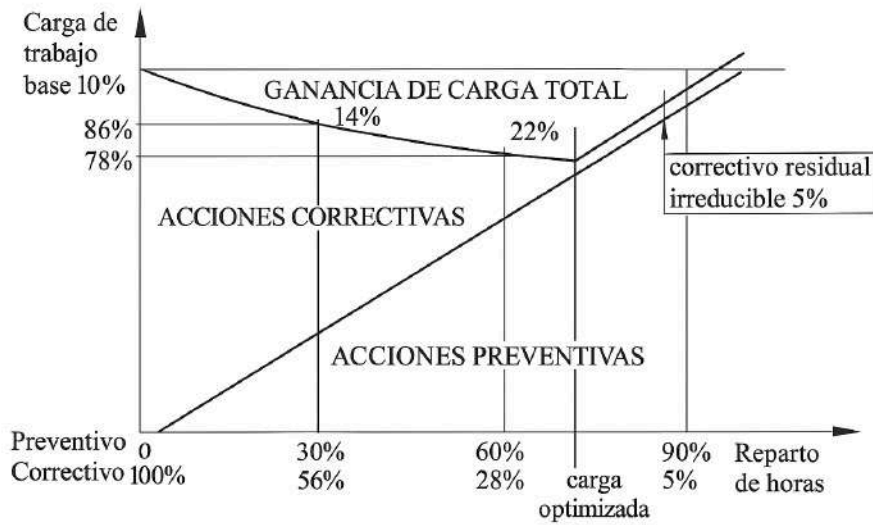
como órdenes de trabajo e indicadores. Todo este conjunto de documentación técnica permite consolidar un sistema de mantenimiento preventivo robusto, capaz de adaptarse a las necesidades particulares de cada instalación (Montilla Montaña, 2019).

### **3.1.3 Equilibrio entre preventivo y correctivo**

Montilla menciona que una de las principales desventajas del Preventivo radica en que se puede llegar fácilmente a excesos en carga de trabajo y obviamente a sobrecostos innecesarios, en el sentido de que “Poco es malo y mucho también” (Montilla Montaña, 2019). Desde un punto de vista económico, Montilla advierte que existe un punto de equilibrio entre la carga de mantenimiento preventivo y correctivo. Una aplicación deficiente del preventivo, ya sea por exceso o por defecto, puede generar sobrecostos o una alta incidencia de correctivos de emergencia. El análisis de costo total demuestra que el mantenimiento es más eficiente cuando se encuentra dentro de ciertos rangos de cobertura: entre un 22% y 42% de tiempo destinado al preventivo, y entre un 52% y 72% al correctivo, siendo un valor ideal general un 30% preventivo y 56% correctivo (Montilla Montaña, 2019).

En las figuras nº 1 y 2, se representa la relación entre los distintos enfoques de mantenimiento (preventivo y correctivo), la carga de trabajo resultante y los costos asociados a cada estrategia. Estas visualizaciones permiten comprender cómo varía el esfuerzo requerido y el impacto económico según el mix adoptado, destacando la existencia de un punto de equilibrio operativo. A través de estas curvas es posible identificar cómo una gestión eficiente del mantenimiento no solo reduce el número de fallas, sino que también optimiza recursos técnicos y financieros, orientando la planificación hacia esquemas más sostenibles y rentables.

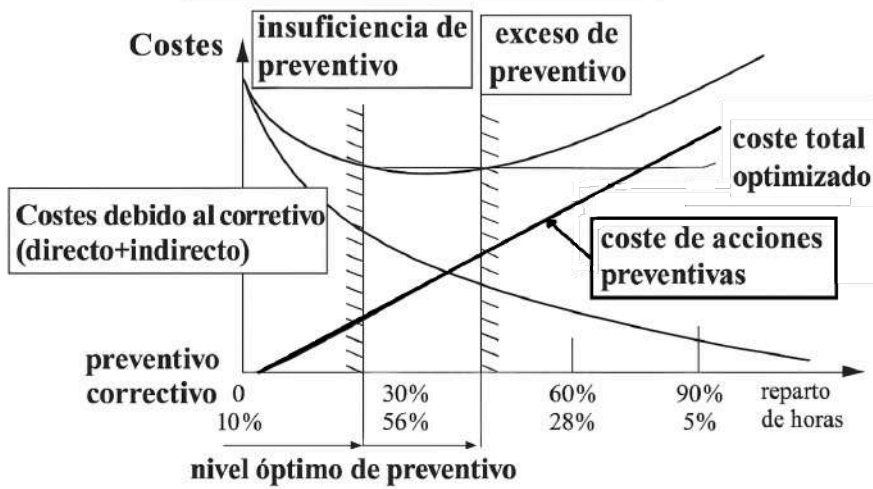
### a) Influencia en la carga de trabajo



**El 5% de correctivo llamado residual' es inevitable**

Figura nº 1: Impacto en carga de trabajo del mantenimiento preventivo. Reproducido de Montilla Montaña, 2019.

### b) Aspecto económico



**"Hacer mantenimiento no es el preventivo a cualquier precio"**

Figura nº 2: Impacto económico del mantenimiento preventivo. Reproducido de Montilla Montaña, 2019.

### 3.1.4 Rutinas básicas de mantenimiento

Dentro de las estrategias de mantenimiento industrial moderno, las Rutinas Básicas de Mantenimiento (RBM) representan una herramienta fundamental para estructurar tareas periódicas que aseguren el funcionamiento óptimo de los activos. Estas rutinas comprenden acciones planificadas como lubricación, ajustes, inspección visual, limpieza y control de condiciones, ejecutadas bajo formatos estandarizados y siguiendo un orden lógico en función del diseño de planta, el flujo de trabajo y la ubicación de los equipos (Montilla Montaña, 2019). A diferencia de simples listas de verificación (checklists), las RBM responden a una planificación operativa más rigurosa. No sólo detallan qué hacer, sino también en qué orden recorrer las secciones de la planta para minimizar tiempos improductivos, desplazamientos innecesarios y pérdida de eficiencia. Este enfoque contribuye a reducir desperdicios, mejora la organización del mantenimiento y permite integrar la ejecución técnica con una gestión visual y documentada de cada actividad (Montilla Montaña, 2019).

Las tareas incluidas en una RBM pueden tener frecuencias diarias, semanales o asociarse a variables como horas de uso o unidades producidas. Estas actividades abarcan desde inspecciones físicas o instrumentales (para detectar desgaste, fugas, ruidos anómalos o partes sueltas), hasta intervenciones menores, como lubricaciones, ajustes, calibraciones o incluso reemplazo de piezas menores (Montilla Montaña, 2019).

El diseño e implementación de estas rutinas dependen de factores como la complejidad de los equipos, el tipo de producción, la disponibilidad del personal técnico (propio o tercerizado), y el tiempo programado para mantenimiento (TPM) según la modalidad de operación (producción continua o discreta). Asimismo, la especialización del personal influye directamente: pueden ser ejecutadas por operarios multifunción o técnicos específicos (electricistas, instrumentistas, mecánicos, etc.) (Montilla Montaña, 2019).

Las RBM se sustentan en múltiples fuentes, entre ellas las recomendaciones del fabricante, la experiencia interna (a través del Listado de Especificaciones de Mantenimiento Interno – LEMI), o el análisis histórico de fallas. Para su correcta implementación, es esencial que cada formato de rutina contenga información mínima estandarizada, como el código de rutina, el orden lógico de ejecución, la sección de la planta, el componente a intervenir, el tipo de tarea, el insumo requerido, el tiempo estimado y el instructivo asociado (Montilla Montaña, 2019).

## 3.2 Herramientas de calidad aplicada al mantenimiento

### 3.2.1 Ciclo PHVA

El ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), también conocido como ciclo de Deming o PDCA, por sus siglas en inglés (*Plan-Do-Check-Act*), es una herramienta esencial en la mejora continua de procesos dentro de los sistemas de gestión de calidad. En el ámbito del mantenimiento, este enfoque se adapta para evaluar, planificar y optimizar intervenciones en los activos, con el fin de garantizar su disponibilidad, confiabilidad y seguridad (Montilla Montaña, 2019).

Para que el ciclo PHVA sea eficaz dentro del plan de mantenimiento, es indispensable establecer objetivos claros y medibles, tanto cuantitativos (por ejemplo, reducción de paradas imprevistas, costos por unidad producida) como cualitativos (como la percepción de mejora en condiciones laborales). Antes de cualquier intervención técnica como una modificación de planta o una revisión general, se deben registrar indicadores de desempeño que luego serán comparados con los resultados obtenidos tras la ejecución, permitiendo verificar mejoras y tomar nuevas acciones de ajuste (Montilla Montaña, 2019).

La figura N° 3 presentada a continuación ilustra cómo el ciclo PHVA se integra en un proceso de mantenimiento estructurado, partiendo de la identificación de mejores prácticas y avanzando a través de recomendaciones, diagnósticos y actividades de mantenimiento. A lo largo del proceso, se realiza un control sistemático mediante indicadores de gestión, tanto a nivel de planta (costes de mantenimiento preventivo y correctivo, horas hombre, subcontratación) como de gestión general (presupuestos, confiabilidad, seguridad), lo que permite una evaluación continua de las medidas implementadas (Montilla Montaña, 2019).

Esta representación visual es un ejemplo del enfoque de realimentación aplicado al mantenimiento, donde las salidas del proceso son constantemente monitoreadas y comparadas con los objetivos iniciales para tomar decisiones informadas. Esta estructura promueve la mejora continua y el alineamiento entre la gestión técnica y los objetivos estratégicos de la organización (Montilla Montaña, 2019).

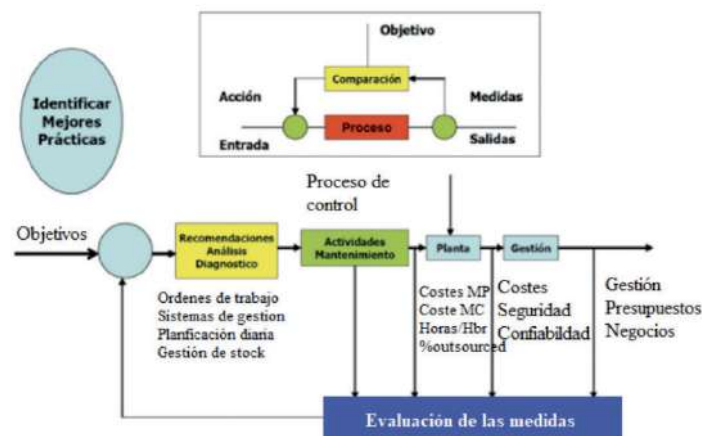


Figura n° 3: Ciclo PHVA adaptado a mantenimiento. Reproducido de Montilla Montaña, 2019

### 3.2.2 Principio de Pareto

El principio de Pareto, también conocido como la regla 80-20, fue introducido en el ámbito del control de calidad por el doctor Joseph M. Juran en la década de 1950. Juran observó que el 80% de las pérdidas monetarias derivadas de problemas de calidad eran provocadas únicamente por el 20% de dichos problemas. Esta observación permitió trasladar el principio estadístico de distribución desigual —inspirado en los estudios económicos de Vilfredo Pareto— al contexto de la gestión de calidad, estableciendo así un criterio práctico para la identificación y priorización de causas (Summers, 2006).

A partir de esta aplicación, se desarrolló la técnica conocida como diagrama de Pareto, una herramienta gráfica que permite visualizar de manera jerárquica los problemas más significativos dentro de un proceso. El objetivo central del diagrama consiste en separar los pocos problemas vitales de los muchos triviales, permitiendo a los gestores enfocar sus recursos en las áreas que generan mayor impacto negativo. Esta herramienta resulta particularmente útil en la toma de decisiones, ya que limita la tendencia natural de los equipos de trabajo a centrarse en problemas recientes o visibles, en lugar de atender aquellos que presentan mayores pérdidas o incidencias sistemáticas (Summers, 2006).

La premisa del diagrama de Pareto, se basa en que es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas. La idea es que cuando se quiere mejorar un proceso o atender sus problemas, no se den “palos de ciego” al trabajar en todos los problemas al mismo tiempo atacando todas sus causas a la vez, sino que, con base en los datos e información aportados por un análisis estadístico, se establezcan prioridades y se enfoquen los esfuerzos donde éstos puedan tener mayor impacto (Humberto Gutierrez Pulido Román de la Vara Salazar 2013)

La construcción de un diagrama de Pareto, tal como lo describe Summers (2006), implica una serie de pasos estructurados. En primer lugar, se debe seleccionar un objeto de análisis, como una línea de productos, un departamento o un proceso específico. Luego, es necesario determinar qué datos se recopilaron, ya sea en términos de frecuencias, porcentajes o costos, así como establecer claramente el tipo de defectos o no conformidades que serán objeto del estudio. Posteriormente, se recopilan los datos durante un período determinado, preferentemente mediante una hoja de verificación que permita registrar la recurrencia de cada categoría de defecto. Una vez recopilada la información, se calcula el porcentaje que representa cada tipo de defecto sobre el total y, de ser posible, se asocian valores monetarios a las pérdidas generadas por cada categoría. (Summers, 2006).

Con los datos organizados, se procede a diseñar el gráfico: en el eje vertical (Y) se representa la cantidad de defectos, porcentaje o pérdidas monetarias, y en el eje horizontal (X) se ordenan las categorías de no conformidades desde la de mayor hasta la de menor frecuencia o impacto. El resultado es una gráfica de barras descendente, que puede ir acompañada de una línea acumulativa para reforzar la interpretación visual de cuántos problemas explican el porcentaje más significativo de las consecuencias (Summers, 2006).

Finalmente, el análisis del diagrama permite a los usuarios identificar con claridad cuáles son los problemas que deben abordarse en primer lugar. En caso de que las barras no evidencien

una o dos causas destacadas, se recomienda revisar la categorización de los datos para verificar si se necesita un análisis más detallado o una agrupación más representativa (Summers, 2006).

### 3.2.3 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de causa y efecto, también conocido como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado, es una herramienta visual utilizada para identificar las causas raíz de un problema específico. Este método, desarrollado por Kaoru Ishikawa, se emplea ampliamente en el análisis de calidad para detectar factores que originan no conformidades o productos defectuosos. Su diseño estructurado facilita la organización de ideas surgidas durante sesiones de lluvia de ideas, ya que permite dividir un problema complejo en partes más manejables (Summers, 2006).

Esta herramienta representa gráficamente el efecto o problema en el extremo derecho del diagrama, mientras que las posibles causas se distribuyen hacia la izquierda, agrupadas en categorías principales y subcategorías. El uso del diagrama permite organizar lógicamente las causas, centrar el análisis en un área a la vez, y facilitar el trabajo colaborativo en la búsqueda de soluciones (Summers, 2006).

El proceso de construcción del diagrama de acuerdo con Summers (2006) incluye los siguientes pasos:

1. Identifique claramente el efecto o problema. Coloque de manera concisa, en un recuadro al final de la línea, el efecto o problema señalado.
2. Identifique las causas. Establezca un debate sobre las posibles causas del problema. Para conducir el debate, aborden sólo una posible área de causa a la vez. Por lo general, las áreas comunes son métodos, materiales, máquinas, gente, ambiente e información, aunque se pueden agregar otras áreas si es necesario. Bajo cada área principal, se deben anotar las sub-causas relacionadas con la causa principal. La lluvia de ideas es el método más utilizado para identificar estas causas.
3. Dibujar el diagrama, organizando la información de forma jerárquica.
4. Analizarlo para encontrar soluciones viables y rentables a los problemas identificados.

Una vez elaborado el diagrama, es recomendable aplicar diferentes metodologías para analizar y priorizar las causas raíz detectadas, tales como el método de los "5 porqués" o el análisis de Pareto. Estas herramientas complementarias permiten enfocar los esfuerzos de mejora sobre las causas con mayor impacto potencial en el problema.

## 3.3 Indicadores clave de desempeño (KPIs)

Los indicadores permiten convertir la gestión del mantenimiento en una práctica orientada al control operativo y la mejora continua. Según Parmenter (2010), los KPIs se enfocan en los aspectos más críticos del rendimiento organizacional y, a diferencia de otros indicadores, tienen un impacto directo en el seguimiento de las operaciones, pudiendo ajustar distintas

variables para alcanzar los objetivos. Para que un KPI sea verdaderamente útil, debe medirse con frecuencia (idealmente diariamente o semanalmente), estar desvinculado de valores financieros y vincularse directamente a un equipo responsable que pueda tomar acciones correctivas inmediatas.

En el campo del mantenimiento, algunos de los indicadores más representativos son:

- **MTTR (*Mean Time To Repair – Tiempo Medio de Reparación*)**: expresa el tiempo medio requerido para reparar un equipo. Un valor elevado puede indicar falta de capacitación, demora en conseguir repuestos o procesos ineficientes.

$$MTTR = \frac{\Sigma \text{Tiempo total de reparación}}{\text{Nro. de fallas}} \quad (1)$$

- **MTBF (*Mean Time Between Failures – Tiempo Medio entre Fallas*)**: representa la confiabilidad del equipo, es decir, cuánto tiempo transcurre en promedio entre una falla y otra. Su aumento es uno de los principales objetivos de cualquier estrategia de mantenimiento.

$$MTBF = \frac{\Sigma \text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Nro. de fallas}} \quad (2)$$

- **Disponibilidad técnica**: mide el porcentaje de tiempo en el que un equipo está disponible para ser utilizado y es la que tiene en cuenta el tiempo de acciones correctivas. Se calcula como:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3)$$

- **Índice de cumplimiento del plan de mantenimiento**: compara las tareas efectivamente realizadas con respecto a las programadas. Un bajo cumplimiento puede reflejar problemas de planificación o exceso de tareas reactivas.

$$\text{Índice de cumplimiento} = \frac{\text{Tareas realizadas}}{\text{Tareas programadas}} \times 100 \quad (4)$$

- **Costo de mantenimiento por equipo o por unidad procesada**: permite evaluar la eficiencia del área, especialmente útil para justificar inversiones en tecnología o capacitación.

$$\text{Costo por equipo} = \frac{\text{Costo total}}{\text{Nro. de equipos}} \quad (5)$$

$$\text{Costo por unidad} = \frac{\text{Costo total}}{\text{Kilos procesados}} \quad (6)$$

### **3.3.1 Tableros y visualización de indicadores**

#### **3.3.1.1 Tablero de comando**

El tablero de comando, denominado internacionalmente Balanced Scorecard (BSC), fue desarrollado por Kaplan y Norton a comienzos de la década de 1990 como una herramienta destinada a complementar las métricas financieras tradicionales con indicadores no financieros. Según Kaplan y Norton (1996), el BSC traduce la visión y la estrategia organizacional en un conjunto coherente de objetivos e indicadores distribuidos en cuatro perspectivas fundamentales:

- **Perspectiva financiera:** orientada a medir el desempeño económico y la creación de valor para los accionistas, incluyendo indicadores como rentabilidad, ingresos o retorno sobre la inversión.
- **Perspectiva del cliente:** centrada en evaluar la satisfacción, fidelidad y participación de mercado, con el fin de reflejar cómo la organización es percibida por sus clientes.
- **Perspectiva de procesos internos:** enfocada en los procesos críticos que permiten alcanzar los objetivos financieros y de clientes, tales como innovación, calidad y eficiencia operativa.
- **Perspectiva de aprendizaje y crecimiento:** relacionada con el capital humano, la infraestructura tecnológica y la cultura organizacional, como factores habilitadores del éxito sostenido en el largo plazo.

El BSC se distingue de otros sistemas de medición al integrar indicadores financieros y no financieros, de corto y largo plazo, internos y externos. De este modo, permite establecer un equilibrio entre los resultados obtenidos y los factores que los impulsan, conocidos como drivers del desempeño futuro (Kaplan & Norton, 1996). Asimismo, constituye un sistema de gestión estratégica, ya que posibilita comunicar la estrategia, alinear los objetivos de los distintos niveles organizacionales, asignar recursos en función de prioridades y facilitar la retroalimentación y el aprendizaje continuo.

En este sentido, el tablero de comando se concibe no sólo como un mecanismo de control, sino como una herramienta de gestión que articula la planificación con la ejecución estratégica. De acuerdo con Kaplan y Norton (1996), su implementación contribuye a que las organizaciones orienten sus esfuerzos hacia la consecución de la visión de largo plazo, garantizando al mismo tiempo un seguimiento sistemático del desempeño en múltiples dimensiones.

#### **3.3.1.2 Tablero de control**

Los tableros de control son herramientas visuales que consolidan información clave para la toma de decisiones en una sola pantalla. Su objetivo es permitir que los distintos niveles de la

organización puedan identificar rápidamente desviaciones críticas respecto a los indicadores de desempeño. (Parmenter 2010)

Parmenter (2010) plantea que un tablero bien diseñado debe incluir únicamente los indicadores clave de resultados (KRIs) relevantes para el nivel de decisión correspondiente, con una presentación en formato gráfico de tendencias, idealmente de los últimos 15 a 18 meses. Esta visualización permite al directorio o al equipo gerencial percibir de forma clara si “el barco va en la dirección correcta”, y así poder enfocarse en la estrategia de largo plazo.

Para que un tablero cumpla con su función, debe presentar:

- Información resumida en una sola página, incluyendo comentarios explicativos. (Parmenter 2010)
- Gráficos simples, con énfasis en tendencias y comparaciones contra objetivos. (Parmenter 2010)
- Métricas como satisfacción del cliente, satisfacción del empleado, utilidad neta antes de impuestos (NPBT), retorno sobre capital (ROCE), flujo de caja, y eficiencia operativa. (Parmenter 2010)
- Frecuencias de actualización acordes al impacto del indicador: KPIs operativos diarios o semanales; KRIs estratégicos mensuales o trimestrales. (Parmenter 2010)

### 3.4 Gestión eficiente del stock de insumos

Una adecuada gestión de insumos es vital para evitar cuellos de botella en las tareas de mantenimiento. Según Rey Sacristán (2001), el stock de repuestos debe gestionarse con criterios técnicos y económicos, de modo que asegure la disponibilidad sin incurrir en excesos de inventario que comprometan el capital de trabajo. A continuación se detalla una de las herramientas más usadas para este fin:

**Clasificación ABC:** Permite categorizar los insumos según su valor económico y frecuencia de uso. La clasificación de las SKU (*stock-keeping-units*) para fines de administración del inventario se denomina a menudo clasificación del inventario ABC. La clasificación ABC se basa en la regla 80/20 de que 80 por ciento de los ingresos proviene del 20 por ciento de los productos, 80 por ciento de las ganancias son del 20 por ciento de las SKU, el 80 por ciento del inventario es del 20 por ciento de los artículos almacenados. El propósito es clasificar las SKU para que todas ellas no tengan que ser tratadas por igual. Algunas SKU requieren una cuidadosa administración del inventario, utilizando un sistema de revisión continua; en tanto que algunas SKU menos importantes requieren una administración del inventario menos cuidadosa para que se revisen sólo periódicamente. La idea es que no deberíamos establecer todos los niveles de servicio con las mismas tasas de cumplimiento, ya que tienen diferentes costos por no tener inventario. El otro propósito de la clasificación ABC consiste en determinar qué SKU debería recibir la mayor atención en términos de administrar sus plazos de entrega y asegurarse de que el producto se entrega a tiempo. También se ha utilizado como un método para determinar dónde comenzar las iniciativas de mejora de procesos. Por ejemplo, si hubiera errores de ejecución de los procesos de negocio en varias SKU en puntos distintos de la cadena de suministro. La pregunta se convierte en dónde enfocarse en términos de iniciativas de mejora de los procesos y por qué la clasificación ABC ayuda a responder a esa pregunta: comience con

los artículos. Porque ocasionan la mayoría de los problemas o tienen el mayor beneficio de las mejoras, o por alguna otra razón similar. (Matthew & Terry, 2017)

**EOQ (Economic order quantity):** Método para calcular el lote que permite minimizar los costos totales anuales de mantenimiento de inventario de ciclo y hacer pedidos.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (7)$$

Donde D es la demanda anual en unidades, S es el costo de realizar un pedido y H es el costo de mantener el inventario por un año.

El método se basa en las siguientes suposiciones:

1. La tasa de la demanda del artículo es constante y se conoce con certeza
2. No existen restricciones en el tamaño del lote
3. Los únicos costos relevantes son el de mantenimiento de inventario y el de hacer el pedido
4. No se obtiene ventaja alguna al combinar varios pedidos que vayan al mismo proveedor
5. El tiempo de espera es constante y se conoce con certeza

La EOQ constituye una aproximación razonable del tamaño del lote apropiado, aún cuando una o varias de estas suposiciones no se cumplan. El inventario de ciclo se comporta según la figura N°4. El ciclo comienza en Q unidades, lo cual sucede en el momento de la reposición. Durante el ciclo, se utiliza el inventario disponible a una tasa constante y en vista de que la demanda se conoce con certeza y que el tiempo de espera es constante, se puede pedir un lote calculando que el inventario se reduzca a cero justo cuando se reciba ese nuevo lote (Krajewsky, 2008).

**Demanda durante el plazo de entrega:** La demanda durante el plazo de entrega puede aumentar, si la tasa de demanda crece o si el plazo de entrega aumenta, o ambos. De manera similar, la demanda durante el plazo de entrega puede ser incierta, porque la demanda es incierta o porque el plazo de entrega es incierto, o ambos. En la práctica, la demanda y el plazo de entrega son inciertos. Luego, para calcular la demanda prevista durante el plazo de entrega (R), multiplicaremos la demanda diaria pronosticada (d) por el plazo de entrega promedio (L), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$R = d \times L \quad (8)$$

Esto nos daría la demanda prevista durante el plazo de entrega (Mathew & Terry, 2017).

**Cálculo del inventario de seguridad:** Al seleccionar el inventario de seguridad, es frecuente que el planificador suponga que la demanda se distribuye normalmente durante el periodo de espera. Para calcular el inventario de seguridad, se multiplica el número de desviaciones estándar con respecto a la media que se requiera para multiplicar el nivel de servicio de ciclo, z, por la desviación estándar de la demanda,  $\sigma L$ , en la distribución de probabilidad, durante el tiempo de espera. La fórmula para calcularlo es:

$$\text{Inventario de seguridad} = z * \sigma L \quad (9)$$

Dicha fórmula, representa el inventario de seguridad (Krajewsky, Ritzman, Malhotra, 2008).



### 3.5.1 Calidad de los Datos

La calidad de los datos es uno de los pilares fundamentales en la gestión del mantenimiento. Según la norma ISO 14224:2016, la confianza en los análisis de confiabilidad y mantenimiento depende directamente de la calidad de los datos recolectados.

Según la norma, los datos de alta calidad deben cumplir con los siguientes criterios:

- Integridad respecto a la especificación esperada.
- Conformidad con las definiciones de los parámetros de confiabilidad, los tipos de datos y sus formatos establecidos.
- Procesos de entrada, transferencia, manejo y almacenamiento de datos realizados con un alto grado de exactitud, ya sea de forma manual o electrónica.
- Una población suficiente de datos y un periodo de vigilancia adecuado que aseguren validez estadística.
- Relevancia de los datos respecto a las necesidades y objetivos de los usuarios.

Además, la norma enfatiza que la planificación adecuada y la implementación de mecanismos de verificación son esenciales para garantizar registros confiables. También recomienda establecer controles de calidad tanto en la captura como en la gestión de los datos, y asegurar la capacitación del personal involucrado en estas tareas.

### 3.5.2 Estructura de la Base de Datos

ISO 14224 también aborda la forma en que deben organizarse los datos dentro de una base estructurada para facilitar su análisis y aplicación. Define una arquitectura lógica y física para bases de datos orientadas al mantenimiento (ISO 14224:2016).

La estructura lógica de la base de datos permite vincular diferentes conjuntos de datos, garantizando que los equipos, sus fallas y las acciones de mantenimiento estén correctamente relacionados. La norma recomienda que esta estructura se base en una jerarquía clara de componentes, como:

- Clase de equipo.
- Tipo de equipo.
- Ítem individual (identificable por número de etiqueta o ubicación funcional).

A cada equipo deben asociarse registros de fallas, causas, acciones correctivas y datos operativos. Esto permite ejecutar análisis cruzados entre historial de mantenimiento y confiabilidad por componente, sistema o ubicación

Se sugiere que la base relacional esté normalizada y que permita consultar datos tanto de forma detallada como agregada. Esta lógica mejora la trazabilidad y coherencia interna, y evita la duplicidad de registros o errores de interpretación.

### 3.5.3 Datos de Equipos

Según la norma ISO 14224:2026 este documento debe incluir aspectos como:

- Información técnica (fabricante, modelo, número de serie).
- Fecha de instalación y ubicación.
- Clasificación jerárquica del equipo dentro del sistema.

Estos datos permiten la identificación única de cada equipo y la contextualización de su desempeño.

### **3.5.4 Datos de Fallas**

Según la norma ISO 14224:2026 este documento debe incluir:

- Códigos de falla, causas raíz y consecuencias.
- Mecanismos y modos de falla definidos de forma estandarizada.
- Información sobre impacto y frecuencia.

“La recopilación estructurada de datos sobre fallas permite una mejor comprensión del desempeño del equipo y facilita el análisis causa raíz” (ISO 14224: 2016).

### **3.5.5 Datos de Mantenimiento**

En este apartado la norma recomienda documentar:

- Tipo de mantenimiento (correctivo, preventivo, predictivo).
- Actividades realizadas, repuestos utilizados y tiempos asociados.
- Recursos humanos y técnicos involucrados.

Se indica además que el registro de mantenimiento “proporciona la base para entender el esfuerzo requerido para mantener los equipos en condiciones operativas” (ISO 14224:2016).

## 4. Desarrollo

En esta sección se presenta el desarrollo del trabajo realizado. Se inicia con el relevamiento de los equipos del Lavadero con sus respectivas instalaciones auxiliares, seguido del análisis de su situación actual relacionada con el área de Mantenimiento. En dicho análisis se emplean herramientas de ingeniería como el análisis FODA, diagrama de causa-efecto y matriz de impacto. Luego, se identifican los equipos críticos y, a partir de un registro histórico de fallas realizado por el personal del Lavadero, se estudian las fallas de dichos equipos críticos.

Con base en esta evaluación, se definen planes de mantenimiento preventivo y correctivo específicos para cada equipo, sustentados tanto en datos históricos como en las recomendaciones de los fabricantes; se realiza una clasificación ABC de los repuestos de los equipos, obtenidos de los manuales de despiece del fabricante, identificado cuáles son críticos para luego definir sus políticas de inventario y gestión de stock a emplear; se define qué información es precisa mantener documentada en pos de la mejora continua.

### 4.1 Relevamiento y análisis de situación actual.


Esta primera parte del desarrollo se centra en relevar el estado actual del lavadero industrial, incluyendo sus equipos principales e instalaciones auxiliares. A partir de este diagnóstico se identifican las debilidades del sistema actual de mantenimiento, lo que permite fundamentar la necesidad de un cambio de enfoque. Se incorporan herramientas de análisis estratégico y técnico para priorizar las acciones correctivas necesarias.

#### 4.1.1 Relevamiento de los equipos

En la tabla N° 1, 2 y 3, se muestran los equipos con los que está equipado el Lavadero:

Tabla N°1: Lavadoras. Fuente: elaboración propia en base a los equipos del hotel.

Imágenes obtenidas de los manuales.

Lavadoras		
Designación del equipo	Modelo	Imágen
Lavadora 1	Marva L-10	

Lavadora 2	Girbau LS - 312	
Lavadora 3	Girbau HS-3055	
Lavadoras 4 y 5	Unimac UW 125	

Tabla N°2: Secadoras. Fuente: Elaboración propia en base a los equipos del hotel, imágenes obtenidas del manual del fabricante





Secadoras		
Designación del equipo	Modelo	Imágen
Secadoras 1, 2 y 3	Electrolux T5675	

Tabla N°3: Calandras y Caldera de vapor. Fuente: Elaboración propia en base a los equipos del hotel, imágenes obtenidas del manual del fabricante

Calandras y Caldera de vapor		
Designación del equipo	Modelo	Imágen
Calandra chica	Girbau PBP 5119	

Calandra grande	Electrolux IC 64832	
Caldera de vapor	Sadeca SDE	

#### 4.1.2 Relevamiento de las Instalaciones auxiliares

El lavadero cuenta con dos circuitos de alimentación para sus equipos, uno para vapor y el otro para agua. A continuación se describe cada uno de ellos.

##### 4.1.2.1 Alimentación de vapor para el Lavadero

El vapor es guiado al Lavadero mediante tuberías de 2 pulgadas aisladas térmicamente y allí es distribuido hacia la Calandra y hacia las Lavadoras, mientras que las secadoras, al ser eléctricas, no necesitan ser alimentadas con vapor.

En la figura N° 5, se indica con una línea amarilla el circuito de alimentación de vapor para la Calandra, mientras que en la figura N° 6 se observa con línea amarilla el circuito de purgado. Respecto de las Lavadoras 3, 5 y 6, la alimentación de vapor se puede observar con línea amarilla en las figuras N° 7, 8 y 9 respectivamente.



Figura N° 5: circuito de alimentación de la Calandra grande. Fuente: elaboración propia



Figura N° 6: circuito de purgado de vapor de la Calandra grande. Fuente: elaboración propia

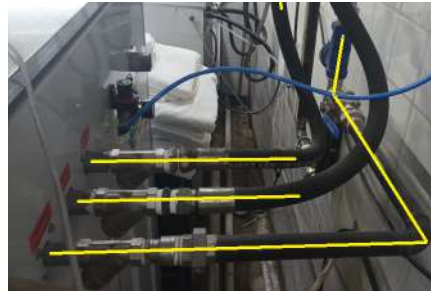


Figura N° 7: circuito de alimentación Lavadora 3. Fuente: elaboración propia



Figura N° 8: circuito de alimentación Lavadora 4. Fuente: elaboración propia



Figura N° 9: circuito de alimentación Lavadora 5. Fuente: elaboración propia

#### 4.1.2.2 Alimentación de agua para el Lavadero

El agua es guiada en tuberías de acero galvanizado para agua fría y de cobre para agua caliente, de  $\frac{3}{4}$  pulgadas. Esta llega a válvulas esféricas, donde van conectadas mangueras Ever Wear oil hose y finaliza en un filtro hasta alimentar las lavadoras.

#### 4.1.3 Análisis de la situación actual

##### 4.1.3.1 Lavadero y su contexto operativo

A continuación, se describe la situación actual del lavadero, sus procesos operativos, los equipos que lo componen y los desafíos que afectan la calidad del servicio hotelero.

El lavadero industrial del hotel presenta una disminución significativa en la confiabilidad de sus equipos, los cuales han comenzado a sufrir fallas recurrentes en los últimos dos años. Esta situación provoca un incremento en los costos operativos y alteraciones en la eficiencia de los procesos, según los registros proporcionados por la empresa.

Dado que el lavadero cumple un rol fundamental en el estándar de calidad del hotel, procesando blancos de habitación, mantelería de desayuno y restaurantes, y ropa personal de huéspedes, es indispensable asegurar que los elementos salgan perfectamente lavados y planchados, impactando visualmente en la experiencia del cliente.

En épocas de baja ocupación, se trabaja en un único turno de 8 horas con la supervisora y cinco operarios. En alta ocupación, la operación se extiende a tres turnos:

- Mañana: supervisora + 4 operarios
- Tarde: 5 operarios
- Noche: 3 operarios

El lavadero cuenta con los siguientes equipos, cuyos modelos e imágenes se mostraron anteriormente:

- 5 lavadoras industriales
- 3 secadoras eléctricas
- 1 calandra grande
- 1 calandra pequeña
- 1 planchadora manual

Las calandras se utilizan para planchar blancos y mantelería mediante un sistema de cinta transportadora y cilindro rotatorio. La planchadora manual se emplea exclusivamente para la ropa de los huéspedes.

El diagrama de flujo que se muestra a continuación en la figura N° 10, refleja el proceso de lavado de las cargas. Comienza con la identificación del cliente asociado a cada carga, para asignar el equipo adecuado:

- Lavadoras 1 y 2: uniformes del personal
- Lavadoras 3, 4 y 5: mantelería, blancos y ropa de huéspedes

Cada carga es pesada previamente para no exceder la capacidad de cada equipo y evitar desajustes o bloqueos por sensores de desequilibrio. Si se supera el límite, la carga es ajustada juntando el excedente con la carga siguiente.

Para lavar los uniformes primero se verifica si hay disponibilidad de las lavadoras 1 o 2, sin existir alguna prioridad, sino, la carga queda en espera de que alguna sea liberada. Una vez lavados, los uniformes se secan si alguna secadora no se encuentra en uso y no hay mantelería o blancos en espera, de lo contrario se almacenan temporalmente a la espera. Luego se planchan manualmente y la carga es colgada en percheros para ser retirada por el personal. En el caso de blancos y mantelería, si cualquiera de las lavadoras 3, 4 o 5 se encuentra disponible, se realiza el lavado. Luego la carga pasa por secado (si hay equipos disponibles) y posteriormente es procesada en calandras para su planchado y almacenada en estantes para ser retirados por el personal de Housekeeping.

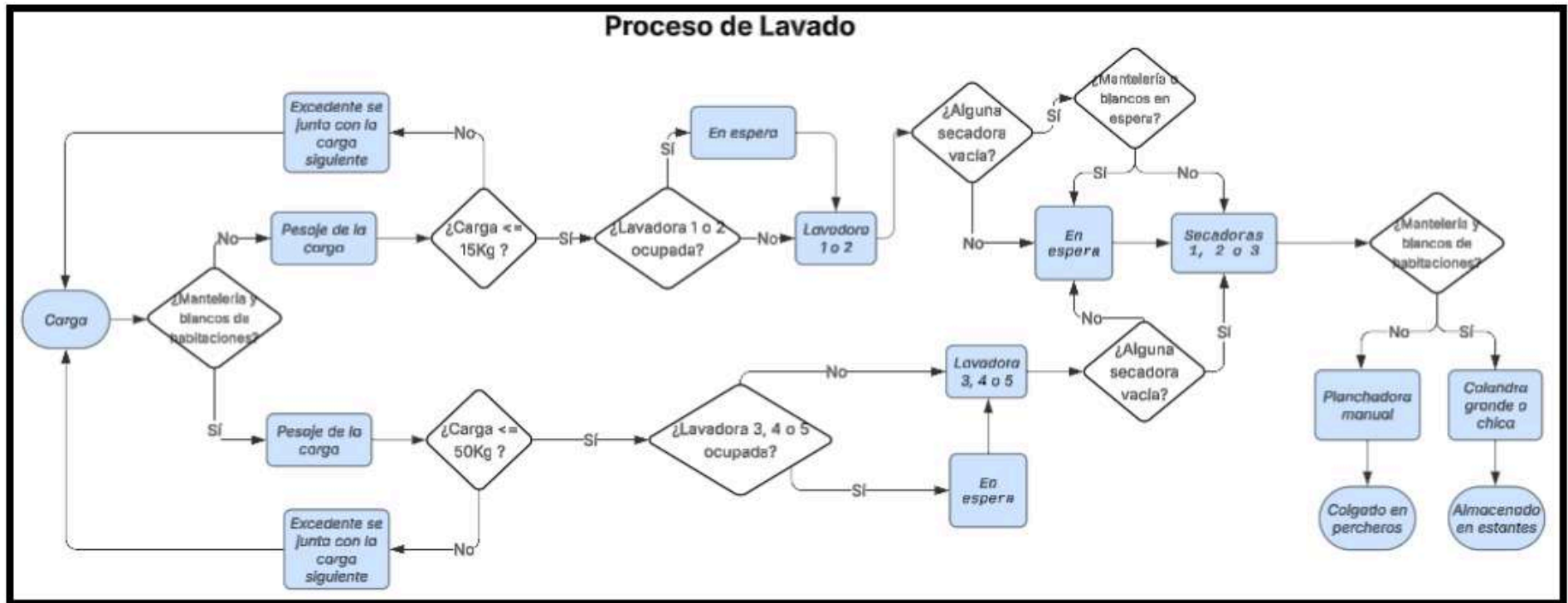


Figura Nº 10: Proceso de Lavado. Fuente: elaboración propia

El diagrama de flujo evidencia el grado de dependencia de los equipos en el mantenimiento del nivel de servicio. La falla de cualquier componente impacta directamente en los tiempos de operación y costos:

- **Falla en lavadoras 3, 4 o 5:** se intenta usar lavadoras 1 y 2, pero estas están destinadas a los uniformes. Se deriva la carga a lavaderos externos, aumentando costos y tiempos.
- **Falla en calandras:** obliga al planchado manual de todas las cargas, sobrecargando al personal y retrasando el procesamiento.
- **Falla en secadoras:** se trabaja con menor capacidad, generando acumulación de carga y demoras operativas.

#### **4.1.3.2 Area Mantenimiento y su contexto operativo**

La estructura de trabajo del área de Mantenimiento está compuesta por el Gerente de Mantenimiento, el Jefe de Mantenimiento, el Supervisor de Mantenimiento y los Técnicos de Guardia. Generalmente, hay uno o dos técnicos por guardia en los turnos de la mañana y tarde y un solo técnico de guardia nocturna.

Actualmente, no rige ninguna política de mantenimiento existente ni de stock, para el Lavadero ni cualquier otro sector del Hotel, sino que a medida que van surgiendo las averías, se van reparando. Es por ello, que, cuando una avería ocurre, la supervisora del Lavadero llama al área de Telefonía, un canal para centralizar todos los comunicados del Hotel, y de esta manera, Telefonía comunica al grupo de Whatsapp de Urgencias la avería para que el técnico de guardia se acerque para la asistencia técnica. Los técnicos de guardia, atienden tanto las necesidades de los huéspedes como a todas las áreas del Hotel, aunque no todos están capacitados para resolver todo tipo de inconveniente ya que no todos son técnicos ni tienen las mismas especializaciones, tampoco se les ejerce la supervisión adecuada o control sobre su desempeño.

En este contexto, cuando la ocupación es elevada, la demanda de asistencia técnica en los demás sectores es también alta, por lo que las averías del Lavadero no siempre se pueden resolver al instante y los tiempos de reparación ascienden hasta a varios días.

Cuando la avería es de índole mecánico, abarcando al motor, rodamientos, etc, ésta es derivada a los mecánicos de la sala de máquinas. Dado que se dedican al mantenimiento de su sector, no siempre están disponibles cuando surge una avería en el lavadero aleatoriamente y de imprevisto, por lo que los tiempos de reparación pueden seguir aumentando.

En caso de no haber repuestos, estos son pedidos por parte del coordinador de Mantenimiento al sector de Compras. El proceso de compra consiste en cotizar en tres proveedores diferentes, donde el hotel posea cuenta corriente, y obtener el mejor valor, luego Gerencia General debe autorizar el pedido para que Administración realice el pago y finalmente Compras envíe a uno de sus colaboradores a retirar los pedidos.

#### **4.1.3.3 Análisis FODA**

Se presenta un análisis FODA para entender las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas relacionadas a los sectores del Lavadero y Mantenimiento. Esta herramienta permite enmarcar el diagnóstico dentro de una visión estratégica y preparar el terreno para la toma de decisiones.

Tabla Nº 4: Análisis FODA. Fuente: Elaboración propia

<b><u>Fortalezas</u></b>	<b><u>Debilidades</u></b>
<p><b>F1:</b> El lavadero dispone de una fuerza de trabajo capacitada y flexible.</p> <p><b>F2:</b> El lavadero cuenta con procesos claros y organizados.</p> <p><b>F3:</b> Recurso humano definido: Las dos áreas presentan una estructura operativa definida.</p> <p><b>F4:</b> Equipamiento Especializado: Posee una dotación de maquinaria industrial (lavadoras, secadoras, calandras) específica para cada tipo de prenda, lo que permite un procesamiento diferenciado.</p> <p><b>F5:</b> Rol Central en la Calidad: El lavadero es fundamental para mantener el estándar de calidad del hotel, procesando elementos clave (blancos, mantelería, ropa de huéspedes) que impactan directamente en la experiencia del cliente.</p>	<p><b>D1:</b> Nula Política de Mantenimiento: La debilidad más crítica es la ausencia total de un plan de mantenimiento preventivo y de gestión de stock. El mantenimiento es 100% reactivo.</p> <p><b>D2:</b> Alta Dependencia de Equipos Críticos: El flujo de trabajo tiene una dependencia crítica de las lavadoras 3, 4, 5 y las calandras. Una falla en ellas genera cuellos de botella masivos y sobrecarga al personal.</p> <p><b>D3:</b> No hay registros de fallas de las Secadoras ni de las Calderas de Vapor.</p> <p><b>D4:</b> Las máquinas no son reparadas correcta y rápidamente debido a que el personal técnico no está debidamente capacitado.</p> <p><b>D5:</b> No hay existencias de repuestos y son pedidos al ocurrir una falla, generando demoras en el lavado, sobrecargas, etc.</p> <p><b>D6:</b> Personal de Mantenimiento Insuficiente y no Especializado: Los técnicos de guardia atienden todo el hotel, no siempre están disponibles ni capacitados para resolver problemas específicos del lavadero. Además, carecen de supervisión y control de desempeño adecuados.</p> <p><b>D7:</b> Equipos Obsoletos y Poco Confiables: Los equipos presentan fallas recurrentes y una disminución en la confiabilidad.</p> <p><b>D8:</b> Proceso de Compras Lento y Burocrático: La adquisición de repuestos es extremadamente lenta, requiriendo múltiples cotizaciones y autorizaciones de Gerencia General, lo que prolonga los tiempos de reparación.</p> <p><b>D9:</b> Desmotivación del personal: La sobrecarga de trabajo, especialmente durante las fallas de equipos, puede generar desgaste y desmotivación tanto en el personal del lavadero como en el de</p>

	mantenimiento.
<b><u>Oportunidades</u></b>  <b>O2:</b> Existencia en el mercado de Equipos Modernos: Evaluar la renovación de las máquinas más antiguas o con fallas recurrentes. Un equipo nuevo reduciría costos operativos, aumentaría la eficiencia y la confiabilidad a largo plazo.	<b><u>Amenazas</u></b>  <b>A1:</b> Impacto Negativo en la Experiencia del Cliente: La amenaza principal es el deterioro de la imagen y el estándar de calidad del hotel. La falla en entregar blancos o mantelería impecable afecta directamente la percepción del huésped. <b>A2:</b> Dependencia de Proveedores Externos: Tanto para los repuestos como para el servicio de lavandería de emergencia, el hotel está sujeto a la disponibilidad, precios y tiempos de terceros. <b>A3:</b> Alta Ocupación: Las temporadas altas actúan como una amenaza, ya que aumentan la presión sobre un sistema ya frágil, incrementando la probabilidad de fallas y magnificando su impacto negativo.

#### 4.1.3.4 Diagrama de Causa - Efecto

Con el objetivo de identificar las causas raíz de las situación problemática, se recurre a un diagrama de Ishikawa, como el que se muestra en la figura N° 11. Esta representación gráfica permite visualizar los distintos factores que contribuyen a la situación problemática actual.

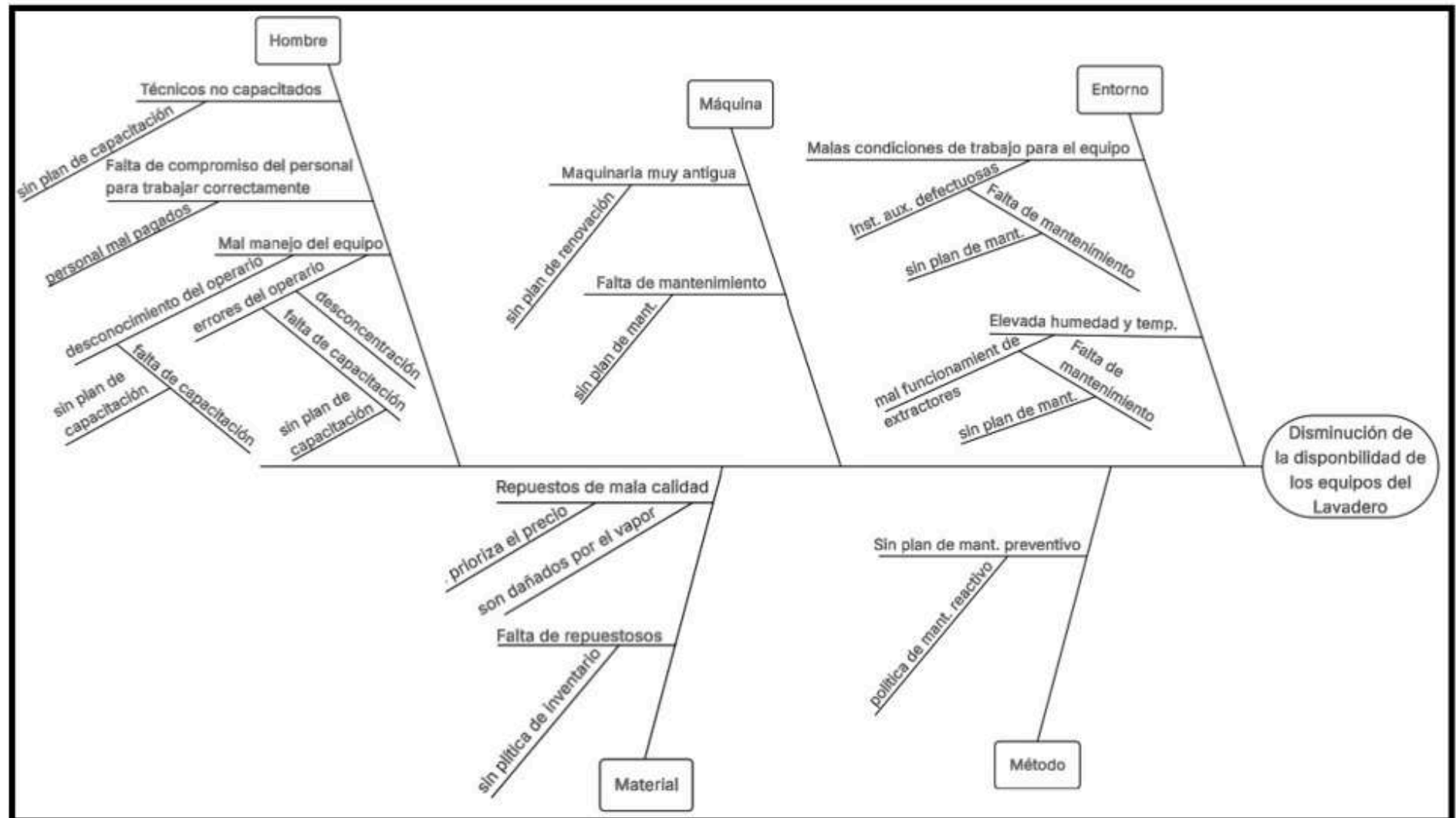


Figura N° 11: Diagrama de Causa - Efecto - Fuente: elaboración propia

#### 4.1.3.5 Matriz de Impacto/esfuerzo

Se incorpora una matriz de impacto/esfuerzo, mostrada abajo en la figura N° 12, para evaluar las causas raíz en función del esfuerzo por eliminarlas y el impacto esperado, es decir, cuánto contribuyen a la situación problemática. Para ello, se toman las causas del diagrama de causa - efecto de la figura N° 11 y se enumeran a continuación:

1. Sin plan de capacitación de los técnicos
2. Personal técnico y del lavadero mal pagados
3. Sin plan de renovación de la maquinaria
4. Sin plan de mantenimiento de la maquinaria
5. Sin política de mantenimiento de maquinaria
6. Sin política de inventario de repuestos
7. Se prioriza el precio en la compra de insumos y repuestos dañados por el vapor
8. Desconocimiento de uso del equipo por parte de los operarios del Lavadero
9. Errores de los operarios del Lavadero

En el primer cuadrante (alto esfuerzo e impacto), se encuentran las causas que tienen una fuerte contribución al problema, que eliminarlas sería muy favorable, pero que conllevan un gran esfuerzo económico o de infraestructura. En el segundo (bajo esfuerzo y alto impacto), se encuentran las causas que contribuyen considerablemente al problema pero que no se necesita un gran esfuerzo para eliminarlas. En el tercer cuadrante (bajo esfuerzo e impacto), corresponden a las causas que no contribuyen considerablemente al problema y cuyo esfuerzo por eliminarlas, ya sea económico, organizacional, entre otros, no es grande. Finalmente, el cuarto cuadrante (bajo impacto y alto esfuerzo), corresponden a las causas que no contribuyen considerablemente al problema pero su esfuerzo por eliminarlas es alto.

La prioridad de este análisis, es enfocarse primero en las causas del segundo cuadrante, ya que con un esfuerzo menor se eliminan causas importantes.

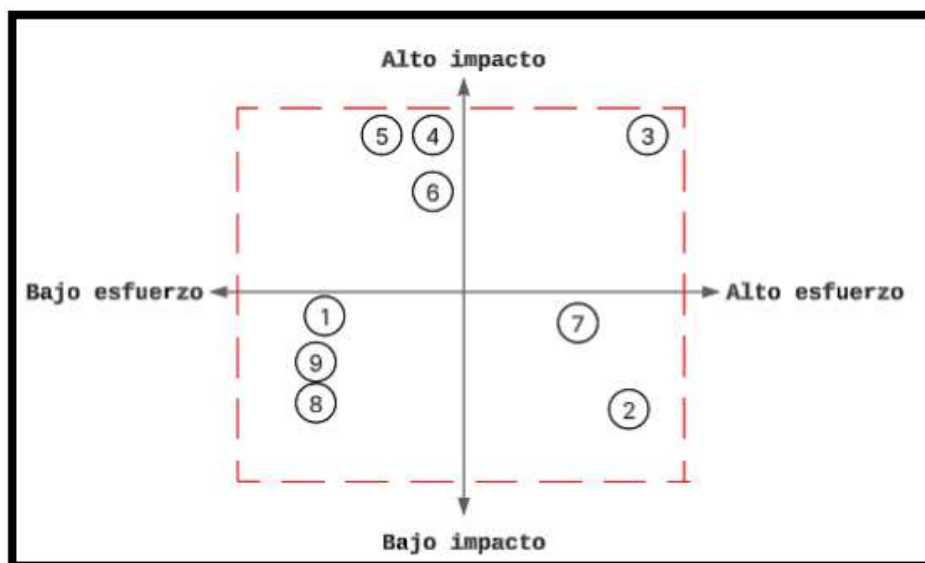


Figura N° 12: Matriz de impacto - Fuente: elaboración propia

#### 4.1.4 Conclusiones del análisis de la situación actual

En miras de poder establecer una solución a la problemática de la situación actual, se buscará optar por la que mayor impacto produzca con el menor esfuerzo posible. Dicho esto, se llegaron a las siguientes conclusiones respecto de las causas enumeradas anteriormente:

- Causa Nº 1, 8 y 9: no conllevan un gran esfuerzo pero no generan un gran impacto en la problemática ya que el técnico solo aprendería a reparar las fallas de manera de evitar el retrabajo, contribuyendo al mantenimiento reactivo y no al proactivo. Sería más recomendable el planteo de actividades sistemáticas que aumenten el nivel de servicio de los equipos. Respecto de los operarios del lavadero, no se registran fallas provocadas por errores en el manejo de los equipos o desconcentración, sumado a que es personal capacitado, por lo que dichas causas no se tienen en consideración.
- Causa Nº 2: mejorar el pago del personal sólo contribuye a que las fallas se resuelvan de una manera más eficaz, requiere un gran esfuerzo económico y no resuelve la problemática, solo contribuye al mantenimiento reactivo. Al igual que la causa Nº 1, sería más recomendable el planteo de actividades sistemáticas que aumenten el nivel de servicio de los equipos.
- Causa Nº 3: Renovar la maquinaria genera un impacto alto en solucionar la situación pero requiere un gran esfuerzo económico.
- Causas Nº 4 y 5: Su situación es la mismas, no conllevan un gran esfuerzo, dado que Mantenimiento ya cuenta con personal capacitado para el planeamiento y cuya implementación contribuye fuertemente a la problemática, tanto para la maquinaria en sí como para las instalaciones auxiliares (infraestructura, alimentación, etc.) y para los extractores de ambiente, aunque las instalaciones auxiliares se encuentran en buen estado y no se trabaja en condiciones de humedad y temperatura desfavorables, de modo que afecten el funcionamiento de los equipos.
- Causa Nº 6: establecer una política de inventario no implica un gran esfuerzo y contribuye fuertemente a reducir los tiempos de reparación, atacando la problemática de la falta de insumos.
- Causa Nº 7: Para el caso de la compra de insumos y repuestos de mejor calidad, la empresa ha informado que éstos han resultado más convenientes en cuanto al desempeño y a los costos totales, pero solo comprar materiales de mejor calidad no soluciona la problemática ya que se puede comprar un rodamiento de mejor calidad pero si no se lo lubrica o inspecciona periódicamente, este fallará mucho antes del fin de su ciclo de vida, por ejemplo.

En base a lo analizado anteriormente, destacamos la necesidad de implementar políticas de Mantenimiento y de Stock, con el establecimiento de planes de mantenimiento correspondientes a cada equipo. Esto permitirá atacar la problemática de la mejor manera con el menor esfuerzo posible.

#### 4.1.5 Análisis de criticidad

Como se mencionó anteriormente, el lavadero cuenta con 5 lavadoras, 3 secadoras, 2 calandras, y a su vez, el lavadero es alimentado por 1 caldera de vapor. Por lo tanto, para

comenzar con el análisis de criticidad, se determinarán los equipos críticos de los cuales se debe realizar un análisis de fallas. Para ello, se tendrá en cuenta como criterio si el equipo afecta, o no, en la calidad del servicio al cliente, es decir, la experiencia del huésped en los distintos sectores donde éste pueda estar presente.

Dado que las lavadoras 1 y 2 no impactan directa o indirectamente en la calidad del servicio del cliente, ya que solo son utilizadas para lavar los uniformes de los empleados del hotel y no se registran fallas en el período de estudio, no se las considera críticas y no serán tenidas en cuenta para el análisis de fallas.

Respecto de las Lavadoras 3, 4 y 5, en ellas se procesan la mantelería en general de restaurantes y desayuno y todos los blancos de las habitaciones. Por lo tanto, las consideraremos equipos críticos ya que afectan directamente en la percepción del cliente de la calidad del servicio.

Dado que no existe un registro histórico de fallas para las secadoras, no se realizará un análisis de fallas pero sí se las considerará críticas ya que en ellas se procesan los blancos de las habitaciones y la mantelería del desayuno y restaurantes, los cuales son utilizados y concurridos por el huésped. Es por ello, que se realizará un planeamiento de mantenimiento pero tomándose como base lo referido en el manual del fabricante.

Considerando la Calandra grande, en ella se procesan los blancos de las habitaciones y la mantelería en general. Es por ello que la consideraremos como equipo crítico ya que afectan directamente en la calidad del servicio.

Para el caso de la calandra chica, solamente es utilizada en verano cuando el nivel de servicio excede la capacidad de la calandra grande y solamente se debe programar su puesta en marcha. Debido a que es utilizada para planchar la mantelería en general y sábanas de habitaciones, afecta en la percepción del cliente de la calidad del servicio y se la considera crítica. Pero al no existir un registro de fallas, no se realizará dicho análisis y solo se planificará el mantenimiento durante su periodo de utilización.

Respecto de la Caldera de vapor, tampoco existe un registro histórico de fallas pero se lo considera un equipo crítico ya que al alimentar a los equipos del lavadero, es de vital importancia en la calidad del servicio del Hotel.

En definitiva, podemos determinar una ruta crítica en el proceso que consta de Lavadora 3, Lavadora 4 o Lavadora 5 en primera instancia; Secadoras para la segunda instancia y las dos Calandras como instancia final, siendo las lavadoras y calandras, alimentadas por la Caldera de Vapor y quedando determinados como equipos críticos a todos los pertenecientes a esta ruta crítica y a la calandra como fuente de alimentación.

Para comenzar, se analizarán las fallas de cada equipo crítico, tenidas en cuenta desde el 10/12/2023 al 15/07/2024, la cantidad de días de indisponibilidad que contrajo cada una de ellas, los días acumulados y porcentual y la utilización de la metodología del semáforo para resaltar los niveles de tolerancia de los días sin uso de los equipos.

A continuación se presenta la metodología de semáforo utilizada para clasificar las fallas según la cantidad de días de inactividad que generan. Esta herramienta facilita la visualización rápida del nivel de gravedad de cada falla, asignando colores según su criticidad.

Tabla nº 5: Metodología semáforo - Fuente: elaboración propia

Colores	Días sin uso
	1 - 2
	3 - 5
	> 5

Luego, con los días de uso e indisponibilidad, se realizarán los cálculos de indicadores de mantenimiento utilizando las fórmulas 1, 2 y 3. Cabe aclarar que se ha utilizado la fórmula de la disponibilidad que tiene en cuenta el tiempo perdido por Mantenimiento Correctivo, ya que, como se menciona en el apartado 4.1.3 Análisis de la situación actual, solo se realizan acciones correctivas una vez que ocurre la falla, es decir, no programadas, por la falta de una política de mantenimiento. Para el cálculo del MTBF se utilizará el tiempo de uso del equipo, ya que al usarse el equipo, se considera que funciona correctamente, mientras que para el MTTR, se utilizará el tiempo de indisponibilidad de un equipo para estimar el tiempo total de reparación, dado que la empresa no cuenta con un registro para dicha variable. De este modo, el MTTR obtendrá un valor estimativo, que servirá para comenzar con el análisis, pero que a medida que se vayan registrando estos tiempos, se podrán realizar cálculos y análisis más precisos.

Para finalizar, se elaborará un Diagrama de Pareto considerando la cantidad de días de indisponibilidad de los equipos y las fallas asociadas. Este análisis, complementado con los indicadores de mantenimiento previamente calculados, permitirá priorizar las causas más relevantes, facilitar la toma de decisiones y orientar tanto el planteo de objetivos como la formulación de estrategias de mantenimiento más efectivas.

#### 4.1.5.1 Análisis de falla para la Lavadora 3

En el siguiente conjunto de tablas se presenta el análisis detallado de fallas históricas de la Lavadora 3, equipo considerado crítico dentro del proceso del lavadero. La Tabla Nº 4 resume las fallas observadas durante el período de estudio y los días de inactividad asociados.

A partir de estos datos, en la Tabla Nº 5 se calcula el tiempo total de uso e indisponibilidad del equipo, mientras que la Tabla Nº 6 muestra los principales indicadores de mantenimiento: MTBF (tiempo medio entre fallas), MTTR (tiempo medio de reparación), disponibilidad.

Tabla Nº 6: Tabla de frecuencias de fallas de lavadora 3 - Fuente: elaboración propia

Fallas Observadas	Días sin uso	Días acum	Días %
alarma motor al centrifugar	81	81	60.90%
rodamiento roto	29	110	82.71%
manija de la puerta rota	10	120	90.23%
termomagnética al centrifugar	3	123	92.48%
pierde la junta de vapor	2	125	93.98%
plaqueta quemada	2	127	95.49%
alarma de puerta	2	129	96.99%
manguera de agua pinchada	1	130	97.74%
no entra producto	1	131	98.50%
Bajo nivel de destainer	1	132	99.25%
termomagnética por humedad	1	133	100.00%
total	133		

Tabla Nº 7: Días de uso y sin uso del equipo - Fuente: elaboración propia

Días de uso	Días sin uso	días totales
85	133	218
38.99%	61.01%	100 %

Tabla Nº 8: Indicadores de Mantenimiento - Fuente: elaboración propia

	Valor	Unidad
MTBF	7.73	días / falla
MTTR	12.09	días / falla
D	0.39	%

A continuación, se muestra en la figura Nº 13 el diagrama de Pareto de las fallas de la Lavadora 3, donde se puede apreciar que los inconvenientes con el centrifugado representan más del 80% del tiempo total de inactividad.

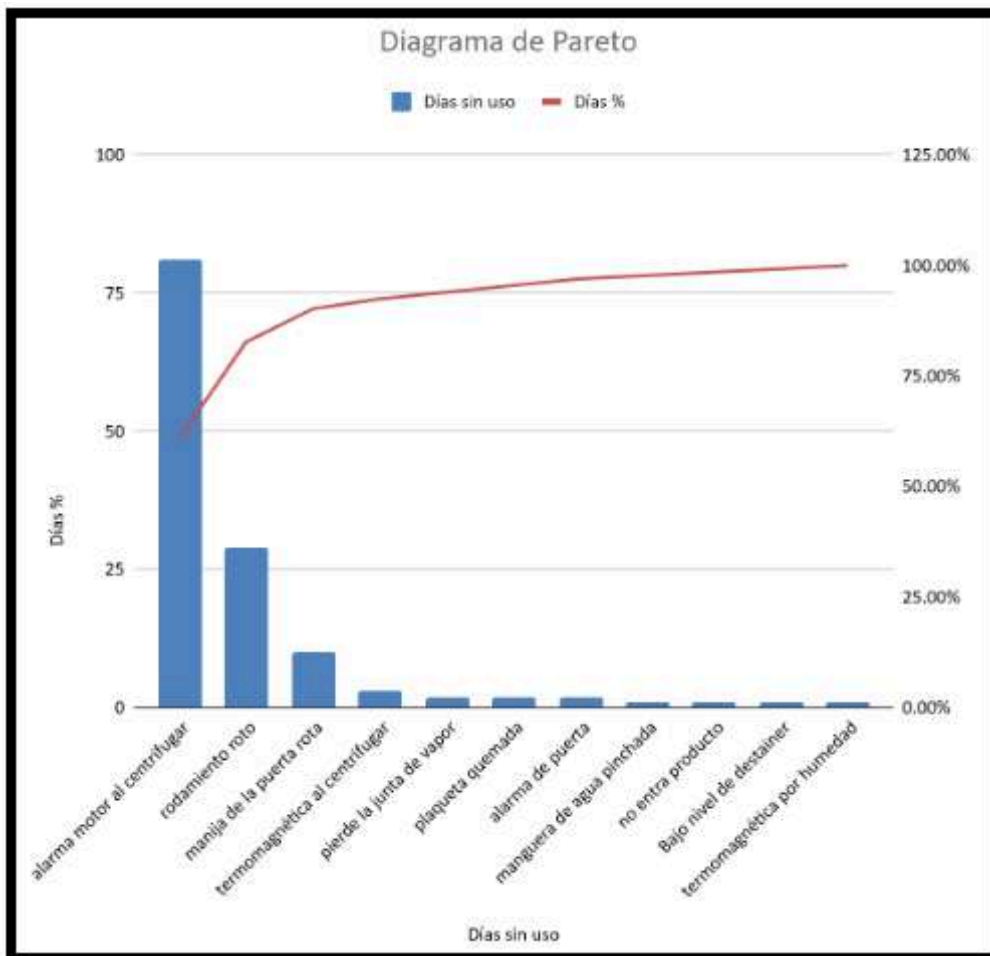


Figura Nº 13: Diagrama de Pareto - Fuente: elaboración propia

En base al análisis realizado, podemos observar 2 modos de falla que provocan más del 80% del tiempo de inactividad del equipo, estos son la alarma del motor al centrifugar y la rotura del rodamiento del motor del centrifugado. También se destaca la rotura de la manija de la puerta, que provocó 10 días de inactividad por no tener el repuesto en stock. Por lo tanto, se establece la necesidad de crear planes de control y acciones preventivas tanto para el motor como a los rodamientos, a fin de evitar las paradas imprevistas y aumentar la disponibilidad del equipo y una política de stock que evite paradas excesivas por falta de repuestos.

#### 4.1.5.2 Análisis de falla para la Lavadora 4

Se presenta a continuación el detalle de fallas históricas de la Lavadora 4, con sus frecuencias y el impacto en días de inactividad. Esta información es clave para identificar patrones de averías y orientar el plan de mantenimiento.

Tabla Nº 9: Tabla de frecuencias de fallas de lavadora 4 - Fuente: elaboración propia

Fallas Observadas	Días sin uso	Días acum	Días %
cilindro trabado	26	26	23.85%
plaqueta quemada	25	51	46.79%
alarma caída de energía	17	68	62.39%
Plaqueta rota	9	77	70.64%
caja de cables floja	7	84	77.06%
bomba ecolab rota	5	89	81.65%
bomba ecolab en corto	4	93	85.32%
ajustar zapata	3	96	88.07%
manguera del producto rota	2	98	89.91%
bajo nivel del producto	2	100	91.74%
alarma puerta abierta	2	102	93.58%
pérdida del producto	1	103	94.50%
no desagota	1	104	95.41%
bobina quemada	1	105	96.33%
termomagnética	1	106	97.25%
la plaqueta titila	1	107	98.17%
electroválvula mojada	1	108	99.08%
no cierra electroválvula	1	109	100.00%
total	109		

A partir de los registros de falla, se calculan los días de uso y no uso de la Lavadora 4 durante el período analizado.

Tabla N º 10: Días de uso y sin uso del equipo lavadora 4 - Fuente: elaboración propia

Días de uso	Días sin uso	días totales
109	109	218
50.00%	50.00%	

Se presentan los principales indicadores de mantenimiento (MTBF, MTTR, disponibilidad) calculados para la Lavadora 4.

Tabla Nº 11: Indicadores de Mantenimiento lavadora 4 - Fuente: elaboración propia

	Valor	Unidad
MTBF	6.06	días / falla
MTTR	6.06	días / falla
D	0.50	%

En el diagrama de Pareto que se muestra en la figura Nº 14 a continuación, se pueden observar las fallas que generan la mayor cantidad de días de indisponibilidad de la lavadora 4.

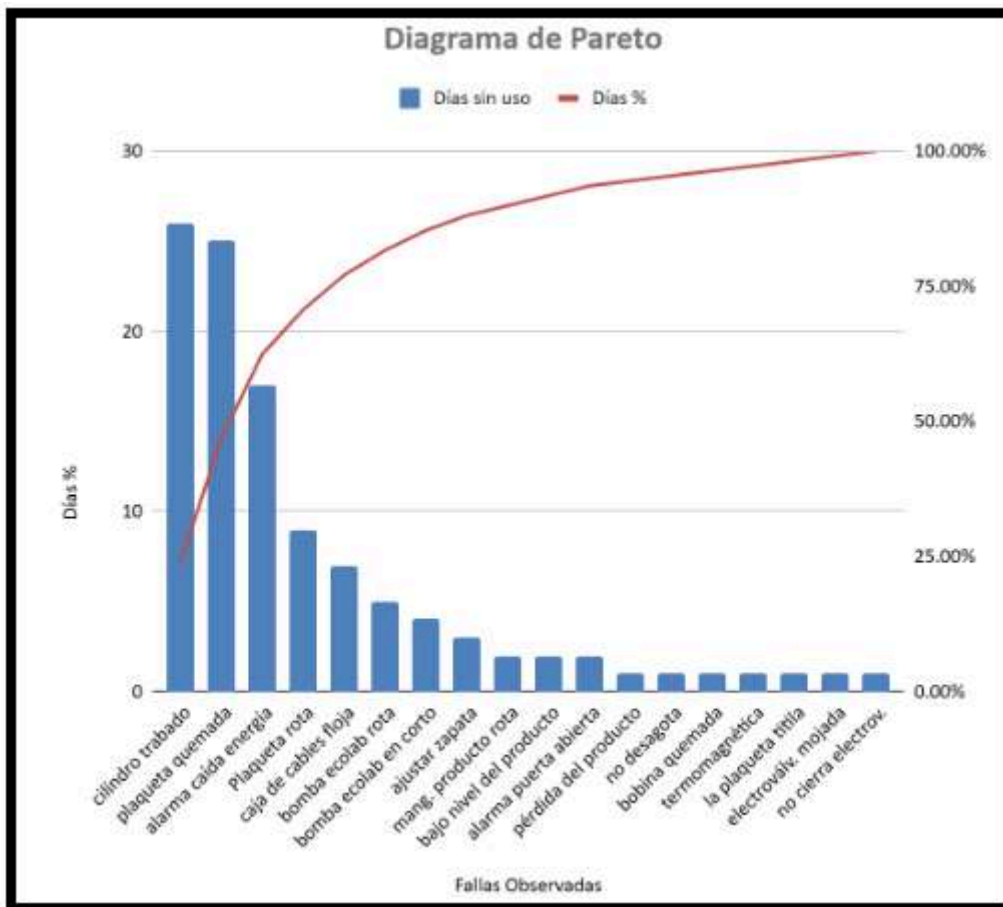


Figura Nº 14: Diagrama de Pareto - Fuente: elaboración propia

En base al análisis anteriormente realizado, podemos destacar que aprox. un 80 % de los días de inactividad son causadas por el 27% de las fallas, entre las cuales se encuentran problemas en el cilindro, en la plaqueta electrónica, caída de energía y la caja de cables. También se hace notar la cantidad de fallas ocurridas respecto del producto, problemas electrónicos en la plaqueta y la semejanza entre fallas, lo cual podríamos suponer una mala revisión y reparación de las fallas.

Es por ello que se llega a la conclusión de establecer planes de inspección y acciones preventivas en componentes y seguridad eléctrica, desagüe, plaqueta y que el proveedor Ecolab garantice un correcto funcionamiento de la bomba del producto.

#### 4.1.5.3 Análisis de falla para la Lavadora 5

En la siguiente tabla se detallan las fallas históricas de la Lavadora 5 y la cantidad de días de inactividad provocados por cada una.

Tabla Nº 12: Tabla de frecuencias de fallas de lavadora 5 - Fuente: elaboración propia

Fallas Observadas	Días sin uso	Días Acum	Días %
puerta trabada	15	15	37.50%
bomba ecolab sin plaqueta	6	21	52.50%
contr. ecolab roto	3	24	60.00%
e.v. trabada	2	26	65.00%
chapas sueltas	2	28	70.00%
caja variador abierta	2	30	75.00%
falla el variador	2	32	80.00%
no entra producto	2	34	85.00%
alarma puerta abierta	1	35	87.50%
base suelta	1	36	90.00%
termomagnética	1	37	92.50%
olor a quemado	1	38	95.00%
manija dura	1	39	97.50%
ajustar caja comando	1	40	100.00%
total	40		

Se calcula el total de días que la Lavadora 5 estuvo operativa y detenida, lo cual permite obtener su porcentaje de disponibilidad.

Tabla Nº 13: Días de uso y sin uso del equipo lavadora 5- Fuente: elaboración propia

Días de uso	Días sin uso	días totales
178	40	218
81.65%	18.35%	

A continuación se presentan los indicadores técnicos para la Lavadora 5, como el MTBF, MTTR y disponibilidad, fundamentales para evaluar su desempeño.

Tabla Nº 14: Indicadores de Mantenimiento lavadora 5 - Fuente: elaboración propia

	Valor	Unidad
MTBF	12.71	días / falla
MTTR	2.86	días / falla
D	0.82	%

En la figura Nº 15 que se muestra a continuación, se puede observar el Diagrama de Pareto y la evolución de la acumulación de los días de indisponibilidad de la lavadora 5.

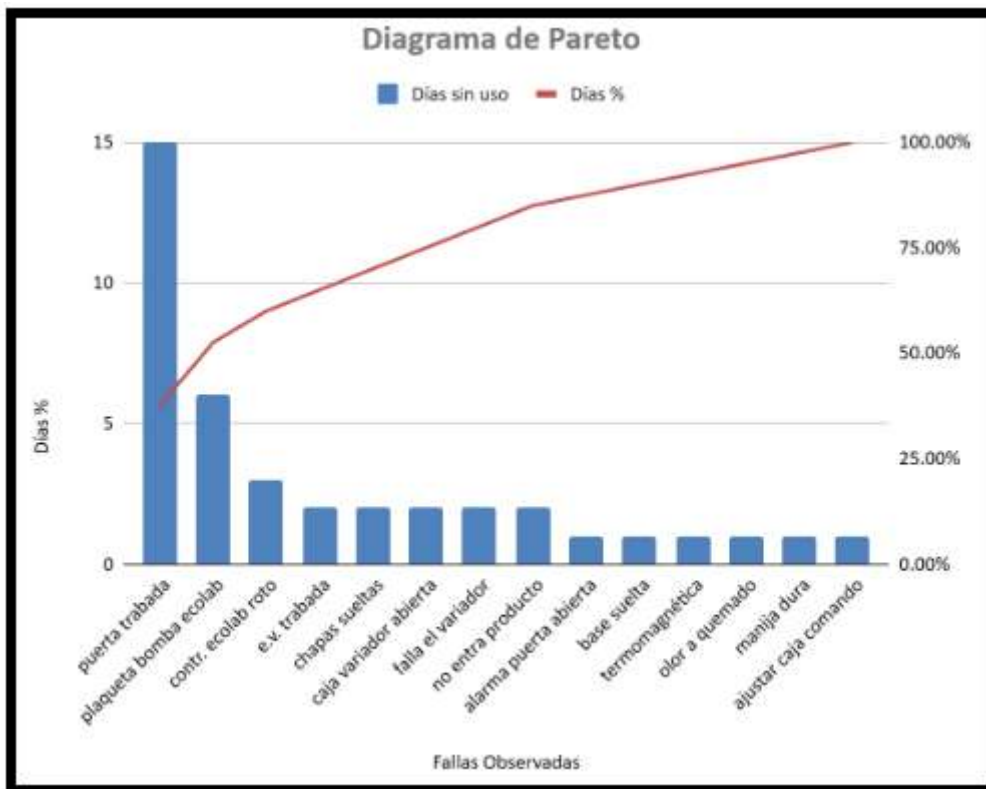


Figura Nº 15: Diagrama de Pareto - Fuente: elaboración propia

De acuerdo con el análisis anteriormente realizado, podemos destacar que el equipo presenta una considerable disponibilidad para ser utilizado. A pesar de ello, se observan fallas de elementos perimetrales del equipo como la puerta, manija, chapas y con el sistema de ecolab, por lo que se determina establecer un plan de mantenimiento preventivo a fin de reducir estas fallas y al igual que la lavadora 4, que el proveedor Ecolab garantice un correcto funcionamiento de la bomba proporcionada. Se destaca también el inconveniente con la puerta, por lo que establecer planes de mantenimiento preventivo como lubricación de componentes móviles e inspecciones de la puerta para reducir las paradas afectadas por ella.

#### 4.1.5.4 Análisis de falla para la Calandra grande

En las tablas Nº 15, 16 y 17 que se presentan a continuación, observamos las fallas documentadas para la calandra grande, con sus respectivos días de inactividad asociados, los tiempos de operación y de detención y los indicadores MTBF, MTTR, disponibilidad, con el fin de evaluar su desempeño técnico, correspondientemente.

Tabla Nº 15: Tabla de frecuencias de fallas de calandra grande - Fuente: elaboración propia

Fallas Observadas	Días sin uso	Días acum	Días %
cortocircuito por la pérdida de agua	12	12	50.00%
pérdida en junta rotativa	8	20	83.33%
sobrecalentamiento	2	22	91.67%
anomalía plegadora	2	24	100.00%
total	24		

Tabla Nº 16: Días de uso y sin uso del equipo calandra grande - Fuente: elaboración propia

Días de uso	Días sin uso	días totales
194	24	218
88.99%	11.01%	

Tabla Nº 17: Indicadores de Mantenimiento calandra grande - Fuente: elaboración propia

	Valor	Unidad
MTBF	48.50	días / falla
MTRR	6.00	días / falla
D	0.89	%

En el Diagrama de Pareto que se muestra en la figura Nº 16 a continuación, se destaca el impacto en días de las fallas asociadas a la junta rotativa.

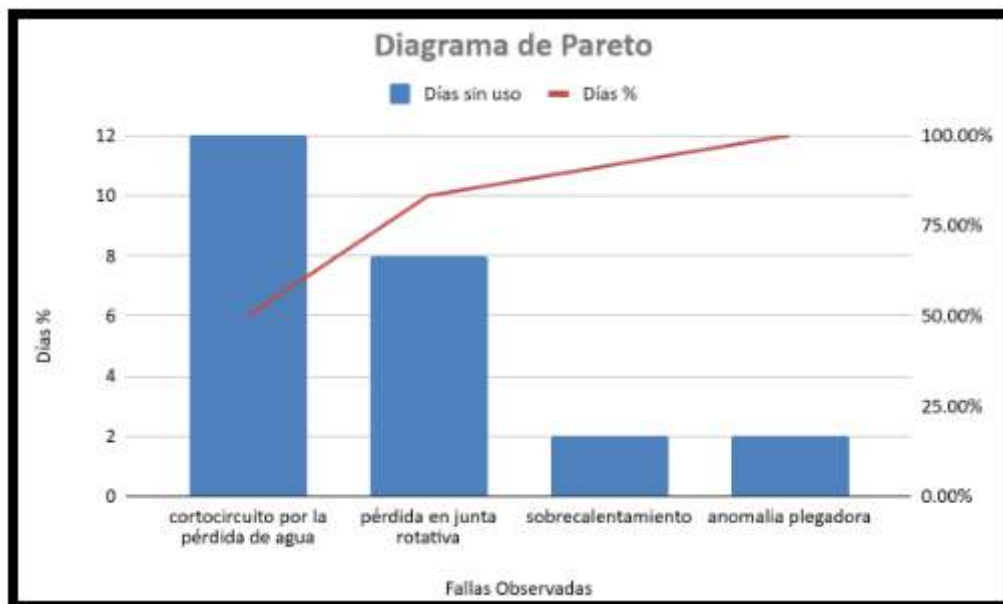


Figura Nº 16: Diagrama de Pareto - Fuente: elaboración propia

Respecto del análisis realizado, puede observarse que la pérdida en la junta rotativa representa de forma directa aproximadamente el 33% del tiempo de indisponibilidad del equipo. Sin embargo, este mismo fallo también origina pérdidas de agua que derivaron en un cortocircuito eléctrico, responsable del 50% de la indisponibilidad registrada. En conjunto, la falla de la junta rotativa se posiciona como la causa principal, no solo por su impacto en la disponibilidad del

equipo, sino también por las consecuencias en materia de seguridad laboral, ya que, según lo informado por la empresa, un operario sufrió una quemadura con el vapor desprendido. Por este motivo, resulta imprescindible diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo específico para dicho componente.

#### 4.1.6 Planes de Mantenimiento

A partir del análisis de criticidad y de fallas, se desarrollan los planes de mantenimiento preventivo y correctivo para cada equipo crítico del lavadero. Estos planes incorporan tanto los datos históricos como las recomendaciones técnicas del fabricante, buscando asegurar la disponibilidad, eficiencia y vida útil de los activos.

##### 4.1.6.1 Plan de mantenimiento para la Lavadora 3

###### 4.1.6.1.1 Objetivo del plan

Reducir las detenciones no planificadas y mejorar así la disponibilidad del equipo (actualmente del 39%).

###### 4.1.6.1.2 Resumen del Historial de Fallas

- **Total de fallas:** 19
- **Días sin uso por fallas:** 133 sobre 218 (61% de inactividad)
- **Principales causas inmediatas:**
  - **Centrifugado:** “alarma motor al centrifugar”, “rodamiento roto del motor de centrifugado”.
- **Otras causas inmediatas:**
  - **Componentes de vapor:** “pierde junta”, “manguera pinchada”.
  - **Problemas electrónicos:** “plaqueta quemada”, “accionamiento de termomagnética por humedad”.

###### 4.1.6.1.3 Mantenimiento preventivo:

La frecuencia de las actividades programadas son las propuestas por los autores de este Trabajo Práctico Final, de manera inicial, y están sujetas a modificación en base al análisis, control y ajuste que se irá realizando con la experiencia. Las acciones recomendadas por el fabricante, con sus frecuencias correspondientes, serán resaltadas en paréntesis.

###### Diaría

- Verificación del paro de emergencia.

###### Semanal

- Limpieza de la junta de la puerta. *Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau LS)*

- Limpieza de filtros de entrada de agua y productos químicos. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau LS)**
- Verificación de estanqueidad de los retenes.
- Control de nivel de destainer y otros productos.
- Verificación funcional del sistema de seguridad de puerta. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau LS)**
- Verificar que el desagüe funcione y esté libre de obstrucciones. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau LS)**
- Verificación de las conexiones de alimentación de agua por fugas. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau LS)**

### Quincenal

- Ajuste de conexiones eléctricas en el tablero y testeado de consumos para prevenir saltos de térmica.
- Aplicación de protección contra humedad en plaqueta y conexiones (silicona dieléctrica).
- Revisión de mangueras de vapor y juntas. Reemplazo si están rígidas o agrietadas. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau LS)**
- Verificación de fugas de vapor y control de presión.
- Limpieza de contactores y sensores (puerta, motor).

### Mensual

- Ensayo completo de centrifugado para detectar alarmas, medir vibraciones y verificar consumo.
- Testeo funcional de la plaqueta electrónica.
- Verificación del accionamiento del dosificador de productos.
- Control de poleas, tensión de correas y alineación. *(Girbau recomienda revisión cada 250 horas)*
- Limpieza de filtros de entrada de agua y revisión de válvulas de carga.
- Revisión y lubricación del sistema de cierre de puerta y sensor.
- Verificación del variador de velocidad y lubricación de ejes.

### Trimestral

- Revisión estructural del tambor, ejes y fijaciones.
- Lubricación de bisagras y cierres de puerta.
- Revisión del sistema de aislamiento térmico y eléctrico.
- Verificación del estado de las chavetas y bridas.
- Limpieza e inspección de componentes eléctricos: cables, bornes, humedad. *(Girbau sugiere cada 3 meses)*
- Lubricación de rodamientos con grasa de litio o aceite específico. *(Cada 3 meses o 500 horas según el fabricante)*
- Verificación de estanqueidad y funcionamiento del desagüe.

- Limpieza de filtros de entrada de agua. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau LS)**
- Limpieza de filtros de entrada de vapor. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau LS)**
- Verificación de estanqueidad de la puerta.
- Verificación de la detección de desequilibrios.
- Inspección del sistema de freno y embrague ante ruidos o respuesta lenta.
- Limpieza de sifones del dosificador.
- Ajustar los pernos de anclaje.

#### **Semestral**

- Verificación de seguridades eléctricas.
- Verificador del programador.
- Verificación del control de temperatura.
- Verificación de consumos del motor.
- Verificación de consumos de la calefacción eléctrica.
- Limpieza de la conducción del desagüe.

#### **Anual**

- Parada técnica para revisión integral estructural, mecánica y eléctrica.
- Reacondicionamiento del sistema de entrada de productos.
- Renovación de sellos, juntas tóricas, retenes y cojinetes.
- Verificación de elementos de mando.
- Limpieza del colector de entrada de agua.
- Limpieza de toma del presostato.
- Verificación de estanqueidad de los tubos.
- Verificación de funcionamiento del embrague.
- Revisión de nivelación del grupo flotante.
- Revisión de amortiguadores.

#### **4.1.6.1.4 Mantenimiento correctivo:**

##### **Juntas**

- Fugas de vapor o pérdida de estanqueidad: reemplazo inmediato de la junta.
- Uso de junta Klingersil 1.5 mm o junta original. Limpieza previa de superficies y prueba de presión posterior.

##### **Tornillos y fijaciones**

- Ante aflojamiento, corrosión o rotura de rosca: reemplazo por tornillos inoxidables estándar (M6/M8).
- Corrección de roscas con insertos helicoidales si es necesario. Uso de freno rosca o arandela grower.

### **Correas y Poleas**

- En caso de rotura, desgaste o deslizamiento: reemplazo inmediato de correas (SPA, SPZ, 3V 710).
- Cambio de poleas si hay desgaste excesivo o juego anormal. Revisar chavetas y fijaciones.

### **Rodamientos**

- Reemplazo al detectar fallas o roturas.

### **Amortiguadores**

- Reemplazo de los amortiguadores al detectarse falencias considerables.

### **Motores y componentes eléctricos**

- Ante fallas graves, sobrecalentamiento o alarmas persistentes, se enviará el motor a servicio técnico. Los contactores, relés térmicos y la plaqueta de control se revisarán y reemplazarán si presentan fallas.
- Reemplazo de plaqueta electrónica si tiene historial de fallas.

### **Otros**

- Reemplazo de cualquier otro componente que presente falencias, poniendo en riesgo el nivel de servicio de la máquina y la calidad de su funcionamiento.

## **4.1.6.2 Plan de mantenimiento para la Lavadora 4**

### **4.1.6.2.1 Objetivo del plan**

Reducir las detenciones no planificadas y mejorar así la disponibilidad del equipo (actualmente del 50%).

### **4.1.6.2.2 Resumen del Historial de Fallas**

- **Total de fallas:** 23
- **Días sin uso por fallas:** 109 sobre 218 (50% de inactividad)
- **Principales causas inmediatas:**
  - **Lavado:** problemas en el nivel del producto de ecolab
  - **Problemas electrónicos:** problemas con la plaqueta

### **4.1.6.2.3 Mantenimiento preventivo:**

La frecuencia de las actividades programadas son las propuestas por los autores de este TP final, de manera inicial, y están sujetas a modificación en base al análisis, control y ajuste que se irá realizando con la experiencia. Las acciones recomendadas por el fabricante, con sus frecuencias correspondientes, serán resaltadas en paréntesis.

### Diaria

- Verificación del paro de emergencia.

### Semanal

- Verificación del bloqueo de la puerta.
- Inspección de las conexiones de las mangueras de alimentación por fugas. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Limpiar el filtro del variador.
- Verifique que el aislamiento esté intacto en todos los cables externos y que todas las conexiones estén seguras. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Verificación de estanqueidad de los retenes.
- Control de nivel de destainer y otros productos.
- Verificar que el desagüe funcione y esté libre de obstrucciones. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**

### Quincenal

- Ajuste de conexiones eléctricas en el tablero y testeado de consumos para prevenir saltos de térmica.
- Aplicación de protección contra humedad en plaqueta y conexiones (silicona dieléctrica).
- Limpieza de la junta de la puerta. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Limpieza de filtros de entrada de agua y productos químicos.
- Revisión de mangueras de vapor y juntas por fugas y control de la presión. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Limpieza de contactores y sensores (puerta, motor).

### Mensual

- Lubricación de rodamientos cada 200 horas **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Chequeo de tensión y estado general de las correas.
- Chequeo de la manguera de rebose y desagüe por fugas. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Chequeo de las mangueras del dispenser de suministro de productos químicos y conexiones. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Limpieza de filtros de la manguera de entrada.
- Limpieza del motor con aire comprimido.
- Limpieza del interior y carcasa de la lavadora.

- Ensayo completo de centrifugado para detectar alarmas, medir vibraciones y verificar consumo.
- Limpieza de los componentes electrónicos con aire comprimido.
- Testeo funcional de la plaqueta electrónica.
- Verificación del accionamiento del dosificador de productos.
- Control de poleas y alineación. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Limpieza de filtros de entrada de agua y revisión de válvulas de carga. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Limpieza de la válvula de desagüe y cañerías para asegurar el correcto drenaje del equipo y prevenir obstrucciones. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**

### Trimestral

- Revisión estructural del tambor, ejes y fijaciones.
- Revisión del sistema de aislamiento térmico y eléctrico.
- Verificación del estado de las chavetas y bridas.
- Limpieza de filtros de entrada de vapor. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Verificación de estanqueidad de la puerta.
- Limpieza de sifones del dosificador.
- Lubricación de bisagras y cierres de puerta. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Ajustar los pernos de anclaje. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**

### Semestral

- Verificación de seguridades eléctricas.
- Verificador del programador.
- Verificación del control de temperatura.
- Verificación de consumos del motor.
- Verificación de consumos de la calefacción eléctrica.
- Limpieza de la conducción del desagüe.

### Anual

- Parada técnica para revisión integral estructural, mecánica y eléctrica.
- Reacondicionamiento integral del sistema de entrada de productos.
- Renovación de sellos, juntas tóricas y retenes.
- Verificación de elementos de mando.
- Limpieza del colector de entrada de agua.
- Verificación de estanqueidad de los tubos.
- Verificación de funcionamiento del embrague.
- Revisión de nivelación del grupo flotante.

- Revisión de amortiguadores.

#### **4.1.6.2.4 Mantenimiento correctivo:**

##### **Juntas**

- Fugas de vapor o pérdida de estanqueidad: reemplazo inmediato de la junta.
- Uso de junta Klingersil 1.5 mm o junta original. Limpieza previa de superficies y prueba de presión posterior.

##### **Tornillos y fijaciones**

- Ante aflojamiento, corrosión o rotura de rosca: reemplazo por tornillos inoxidables estándar.
- Corrección de roscas con insertos helicoidales si es necesario. Uso de freno rosca o arandela grower.

##### **Correas y Poleas**

- En caso de rotura, desgaste o deslizamiento: reemplazo inmediato de correas.
- Cambio de poleas si hay desgaste excesivo o juego anormal. Revisar chavetas y fijaciones.

##### **Rodamientos**

- Reemplazo al detectar fallas o roturas.

##### **Amortiguadores**

- Reemplazo de los amortiguadores al detectarse falencias considerables.

##### **Motores y componentes eléctricos**

- Ante fallas graves, sobrecalentamiento o alarmas persistentes, se enviará el motor al servicio técnico. Los contactores, relés térmicos y la plaqueta de control se revisarán y reemplazarán si presentan fallas.
- Reemplazo de plaqueta electrónica si tiene historial de fallas.

##### **Otros**

- Reemplazo de cualquier otro componente que presente falencias, poniendo en riesgo el nivel de servicio de la máquina y la calidad de su funcionamiento.

#### **4.1.6.3 Plan de mantenimiento para la Lavadora 5**

##### **4.1.6.3.1 Objetivo del plan**

Reducir las detenciones no planificadas y mejorar así la disponibilidad del equipo (actualmente del 82%).

#### 4.1.6.3.2 Resumen del Historial de Fallas

- **Total de fallas:** 16
- **Días sin uso por fallas:** 40 sobre 218 (18.35% de inactividad)
- **Principales causas inmediatas:**
  - **Fallas aleatorias:** no hay tendencia de fallas

#### 4.1.6.3.3 Mantenimiento preventivo:

La frecuencia de las actividades programadas son las propuestas por los autores de este TP final, de manera inicial, y están sujetas a modificación en base al análisis, control y ajuste que se irá realizando con la experiencia. Las acciones recomendadas por el fabricante, con sus frecuencias correspondientes, serán resaltadas en paréntesis.

##### Diaria

- Verificación del paro de emergencia.

##### Semanal

- Verificación del bloqueo de la puerta. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)***
- Inspección de las conexiones de las mangueras de alimentación por fugas. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)***
- Limpiar el filtro del variador.
- Verifique que el aislamiento esté intacto en todos los cables externos y que todas las conexiones estén seguras. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)***
- Verificación de estanqueidad de los retenes.
- Control de nivel de destainer y otros productos.
- Verificar que el desagüe funcione y esté libre de obstrucciones. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)***

##### Quincenal

- Ajuste de conexiones eléctricas en el tablero y testeo de consumos para prevenir saltos de térmica.
- Aplicación de protección contra humedad en plaqueta y conexiones (silicona dieléctrica).
- Limpieza de la junta de la puerta. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)***
- Limpieza de filtros de entrada de agua y productos químicos. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)***

- Revisión de mangueras de vapor y juntas por fugas y control de la presión. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Limpieza de contactores y sensores (puerta, motor).

### Mensual

- Lubricación de rodamientos cada 200 horas (recomendado por el fabricante).
- Chequeo de tensión y estado general de las correas.
- Chequeo de la manguera de rebose y desagüe por fugas. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Chequeo de las mangueras del dispenser de suministro de productos químicos y conexiones. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Limpieza de filtros de la manguera de entrada.
- Limpieza del motor con aire comprimido. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Limpieza del interior y carcasa de la lavadora. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Ensayo completo de centrifugado para detectar alarmas, medir vibraciones y verificar consumo.
- Limpieza de los componentes electrónicos con aire comprimido.
- Testeo funcional de la plaqueta electrónica.
- Verificación del accionamiento del dosificador de productos.
- Control de poleas y alineación.
- Limpieza de filtros de entrada de agua y revisión de válvulas de carga. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Revisión y lubricación de la manija y sistema de cierre de puerta, con especial atención a puntos de fricción o desgaste.

### Trimestral

- Revisión estructural del tambor, ejes y fijaciones.
- Revisión del sistema de aislamiento térmico y eléctrico.
- Verificación del estado de las chavetas y bridas.
- Limpieza de filtros de entrada de vapor. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Verificación de estanqueidad de la puerta. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Limpieza de sifones del dosificador.
- Lubricación de bisagras y cierres de puerta. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Ajustar los pernos de anclaje. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Mantenimiento Preventivo Unimac UW125PV / UW125)**
- Inspección estructural de la carcasa, base y fijaciones, incluyendo chapas sueltas o vibraciones anómalas durante el centrifugado.

### **Semestral**

- Verificación de seguridades eléctricas.
- Verificador del programador.
- Verificación del control de temperatura.
- Verificación de consumos del motor.
- Verificación de consumos de la calefacción eléctrica.
- Limpieza de la conducción del desagüe.

### **Anual**

- Parada técnica para revisión integral estructural, mecánica y eléctrica.
- Reacondicionamiento integral del sistema de entrada de productos.
- Renovación de sellos, juntas tóricas y retenes.
- Verificación de elementos de mando.
- Limpieza del colector de entrada de agua.
- Verificación de estanqueidad de los tubos.
- Verificación de funcionamiento del embrague.
- Revisión de nivelación del grupo flotante.
- Revisión de amortiguadores.

#### **4.1.6.3.4 Mantenimiento correctivo:**

##### **Juntas**

- Fugas de vapor o pérdida de estanqueidad: reemplazo inmediato de la junta.
- Uso de junta Klingersil 1.5 mm o junta original. Limpieza previa de superficies y prueba de presión posterior.

##### **Tornillos y fijaciones**

- Ante aflojamiento, corrosión o rotura de rosca: reemplazo por tornillos inoxidables estándar.
- Corrección de roscas con insertos helicoidales si es necesario. Uso de freno rosca o arandela grower.

##### **Correas y Poleas**

- En caso de rotura, desgaste o deslizamiento: reemplazo inmediato de correas.
- Cambio de poleas si hay desgaste excesivo o juego anormal. Revisar chavetas y fijaciones.

##### **Rodamientos**

- Reemplazo al detectar falla o rotura.

##### **Amortiguadores**

- Reemplazo de los amortiguadores al detectarse falencias considerables.

#### **Motores y componentes eléctricos**

- Ante fallas graves, sobrecalentamiento o alarmas persistentes, se enviará el motor al servicio técnico. Los contactores, relés térmicos y la plaqueta de control se revisarán y reemplazarán si presentan fallas.
- Reemplazo de plaqueta electrónica si tiene historial de fallas.

#### **Otros**

- Reemplazo de cualquier otro componente que presente falencias, poniendo en riesgo el nivel de servicio de la máquina y la calidad de su funcionamiento.

### **4.1.6.4 Plan de mantenimiento para la Calandra grande**

#### **4.1.6.4.1 Objetivo del plan**

Reducir las detenciones no planificadas y mejorar las condiciones de seguridad para el operario.

#### **4.1.6.4.2 Resumen del Historial de Fallas**

- **Total de fallas:** 10
- **Días sin uso por fallas:** 24 sobre 218 (11% de inactividad)
- **Principales causas inmediatas:**
  - **Junta rotativa:** fallas constantes y pérdida de agua.

#### **4.1.6.4.3 Mantenimiento preventivo:**

La frecuencia de las actividades programadas son las propuestas por los autores de este TP final, de manera inicial, y están sujetas a modificación en base al análisis, control y ajuste que se irá realizando con la experiencia. Las acciones recomendadas por el fabricante, con sus frecuencias correspondientes, serán resaltadas en paréntesis.

#### **Diaria**

- Verificación del sistema de seguridad para las manos. *Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)*
- Verificación del paro de emergencia. *Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)*

#### **Semanal**

- Limpieza de las rejillas de ventilación del motor. *Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)*

- Limpieza del sistema de accionamiento de las bandas desarrugadoras. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)***
- Limpieza de los separadores. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)***
- Chequeo y limpieza del filtro de pelusas y el filtro de cubierta con dispositivo de aspiración. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)***

#### Quincenal

- Verifique que el aislamiento esté intacto y que todas las conexiones eléctricas estén seguras. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)***
- Eliminar el polvo del exterior de la máquina ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)***

#### Mensual

- Limpieza de motores con aire comprimido ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)***
- Limpieza de la regulación termostática y de las zapatas de seguridad contra el sobrecalentamiento ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)***
- Limpieza de los componentes electrónicos con aire comprimido.
- Inspección de las correas. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)***
- Revisión de mangueras de vapor y juntas por fugas y control de la presión del sistema de purgado. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)***

#### Trimestral

- Revisión del sistema de aislamiento térmico y eléctrico.
- Limpieza de filtros de entrada de vapor. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)***
- Revisión y lubricación de las cadenas del sistema de movimiento. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)***
- Inspección visual de estanqueidad de la junta rotativa, comprobando si hay pérdidas de vapor o humedad excesiva.

#### Semestral

- Limpieza del sistema de escape. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)***
- Chequeo del estado de las bandas de planchado y de sus grapas. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)***
- Verificación de seguridades eléctricas.

- Verificación de consumos de los motores y lubricación.
- Revisión y lubricación del embrague. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)**
- Limpieza y lubricación del Motorreductor. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)**
- Chequeo de la junta rotativa. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)**
- Lubricación de los rodamientos y ruedas dentadas. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Calandra Electrolux)**

#### **A anual**

- Parada técnica para revisión integral estructural, mecánica y eléctrica.
- Verificación de elementos de mando.

#### **4.1.6.4.4 Mantenimiento correctivo:**

##### **Juntas**

- Fugas de vapor o pérdida de estanqueidad: reemplazo inmediato de la junta.
- Cambio de la junta rotativa de ingreso y egreso de vapor.
- Uso de junta Klingersil 1.5 mm o junta original. Limpieza previa de superficies y prueba de presión posterior.

##### **Tornillos y fijaciones**

- Ante aflojamiento, corrosión o rotura de rosca: reemplazo por tornillos inoxidables estándar.
- Corrección de roscas con insertos helicoidales si es necesario. Uso de freno rosca o arandela grower.

##### **Rodamientos**

- Reemplazo al detectar falla o rotura.

##### **Correas o cadenas de transmisión**

- Reemplazo de correas por rotura, deformación o alargamiento.

##### **Motores y componentes eléctricos**

- Ante fallas graves, sobrecalentamiento o alarmas persistentes, se enviará el motor al servicio técnico. Los contactores, relés térmicos y la plaqueta de control se revisarán y reemplazarán si presentan fallas.

##### **Otros**

- Reemplazo de cualquier otro componente que presente falencias, poniendo en riesgo el nivel de servicio de la máquina y la calidad de su funcionamiento.

#### **4.1.6.5 Plan de mantenimiento para la Calandra chica**

##### **4.1.6.5.1 Objetivo del plan**

Evitar las detenciones no planificadas, de modo que el equipo pueda operar en todo el período de utilización sin averías o la menor cantidad posible.

##### **4.1.6.5.2 Resumen del Historial de Fallas**

Dado que no se registra un historial de fallas, el plan de mantenimiento estará basado en el manual propuesto por el fabricante.

##### **4.1.6.5.3 Mantenimiento preventivo:**

La frecuencia de las actividades programadas son las propuestas por los autores de este TP final, de manera inicial, y están sujetas a modificación en base al análisis, control y ajuste que se irá realizando con la experiencia. Las frecuencias diarias, semanales y mensuales corresponden para el período de uso. Las acciones recomendadas por el fabricante, con sus frecuencias correspondientes, serán resaltadas en paréntesis.

##### **Diaría**

- Verificación del sistema de seguridad para las manos. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)***
- Verificación del paro de emergencia. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)***

##### **Semanal**

- Limpieza de las rejillas de ventilación del motor. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)***
- Limpieza del sistema de accionamiento de las bandas desarrugadoras. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)***
- Limpieza de los separadores. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)***
- Chequeo y limpieza del filtro de pelusas y el filtro de cubierta con dispositivo de aspiración. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)***

##### **Quincenal**

- Verifique que el aislamiento esté intacto y que todas las conexiones eléctricas estén seguras. ***Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)***

- Eliminar el polvo del exterior de la máquina. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)**
- Revisar y limpiar filtros de vapor. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)**

#### Mensual

- Limpieza de motores con aire comprimido. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)**
- Lubricar y revisar las cadenas de transmisión, piñones, pistas de rodamientos, coronas dentadas y soportes de rodillos. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)**
- Limpieza de la regulación termostática y de las zapatas de seguridad contra el sobrecalentamiento **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)**
- Limpieza de los componentes electrónicos con aire comprimido. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)**
- Revisión de mangueras de vapor y juntas por fugas y control de la presión del sistema de purgado. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)**
- Revisar cintas de desprendimiento de ropa. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)**

#### Anual

Como la calandra chica se utiliza solamente en la temporada de verano, se debe realizar la puesta en marcha. Dicha tarea incluye:

- Revisión integral estructural, mecánica y eléctrica.
- Verificación de elementos de mando.
- Lubricación de los rodamientos y demás partes móviles. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)**
- Revisar el estado de la tornillería. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)**
- Comprobar los consumos.
- Revisar resguardos mecánicos, masas eléctricas y sistemas de seguridad eléctricos. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)**
- Revisión de las bandas en general. **Sugeridas por el fabricante (Manual de Funcionamiento Girbau – Calandra)**

#### 4.1.6.5.4 Mantenimiento correctivo:

##### Juntas

- Fugas de vapor o pérdida de estanqueidad: reemplazo inmediato de la junta.

- Cambio de la junta rotativa de ingreso y egreso de vapor.
- Uso de junta Klingersil 1.5 mm o junta original. Limpieza previa de superficies y prueba de presión posterior.

#### **Tornillos y fijaciones**

- Ante aflojamiento, corrosión o rotura de rosca: reemplazo por tornillos inoxidable estándar.
- Corrección de roscas con insertos helicoidales si es necesario. Uso de freno rosca o arandela grower.

#### **Rodamientos**

- Reemplazo al detectar ruidos o vibraciones anormales.

#### **Correas o cadenas de transmisión**

- Reemplazo por rotura, deformación o alargamiento

#### **Motores y componentes eléctricos**

- Ante fallas graves, sobrecalentamiento o alarmas persistentes, se enviará el motor al servicio técnico. Los contactores, relés térmicos y la plaqueta de control se revisarán y reemplazarán si presentan fallas.

#### **Otros**

- Reemplazo de cualquier otro componente que presente fallencias, poniendo en riesgo el nivel de servicio de la máquina y la calidad de su funcionamiento.

### **4.1.6.6 Plan de mantenimiento para las Secadoras**

#### **4.1.6.6.1 Objetivo del plan**

Reducir las detenciones no planificadas, mantener la correcta disponibilidad del equipo y extender la vida útil de componentes críticos.

#### **4.1.6.6.2 Mantenimiento Preventivo**

El presente plan ha sido elaborado en base a las recomendaciones técnicas provistas por el fabricante Electrolux Professional para el modelo de secadora industrial T5675, dado que la empresa no cuenta con un historial de fallas documentado. Las actividades se estructuran exclusivamente en función de la experiencia del fabricante y las condiciones de uso esperadas en el entorno operativo del lavadero. La frecuencia de las actividades programadas están sujetas a modificación en base al análisis, control y ajuste que se irá realizando con la experiencia.

## Diario

- Verificación del paro de emergencia. **Sugeridas por el fabricante (Manual Electrolux Professional – Secadora industrial T5675)**
- Verificar el correcto funcionamiento del sistema de bloqueo de puerta. Ante cualquier detección de funcionamiento con la puerta abierta, inmovilizar el equipo y solicitar intervención técnica. **Sugeridas por el fabricante (Manual Electrolux Professional – Secadora industrial T5675)**
- Efectuar limpieza superficial de:
  - Puerta, cristal de puerta y junta perimetral.
  - Superficies externas del equipo.

## **Sugeridas por el fabricante (Manual Electrolux Professional – Secadora industrial T5675)**

- Retirar y limpiar el filtro de pelusa. En caso de daño o deformación, proceder a su reemplazo. **Sugeridas por el fabricante (Manual Electrolux Professional – Secadora industrial T5675)**
- Eliminar acumulaciones de polvo o pelusa en el entorno inmediato de la máquina. **Sugeridas por el fabricante (Manual Electrolux Professional – Secadora industrial T5675)**

## Semanal

- Retirar el panel protector del filtro y limpiar la superficie inferior con aspiradora o paño húmedo. **Sugeridas por el fabricante (Manual Electrolux Professional – Secadora industrial T5675)**
- Verificar que la entrada de aire fresco posterior no presente obstrucciones o acumulación de residuos. **Sugeridas por el fabricante (Manual Electrolux Professional – Secadora industrial T5675)**

## Mensual

- Inspeccionar el estado del sistema de ventilación, con especial atención a la presencia de pelusa en los conductos de aire. **Sugeridas por el fabricante (Manual Electrolux Professional – Secadora industrial T5675)**

## Trimestral (o cada 400 horas de funcionamiento):

- Realizar limpieza química del tambor utilizando ácido cítrico, especialmente en unidades equipadas con sistema de control de humedad residual (RMC). **Sugeridas por el fabricante (Manual Electrolux Professional – Secadora industrial T5675)**
- Eliminar restos de suavizantes, detergentes o sedimentos adheridos al tambor mediante esponja no abrasiva. **Sugeridas por el fabricante (Manual Electrolux Professional – Secadora industrial T5675)**

## Anual (o cada 1600 horas de funcionamiento)

Esta intervención debe ser ejecutada por personal técnico calificado e incluye:

- Limpieza profunda de:
  - Ventilador centrífugo
  - Conducto de extracción de aire
  - Entrada de aire fresco
  - Compartimientos adyacentes al tambor
  - Motores

***Sugeridas por el fabricante (Manual Electrolux Professional – Secadora industrial T5675)***

- Verificación de integridad, tensión y alineación de la correa de transmisión. Reemplazar en caso de desgaste. ***Sugeridas por el fabricante (Manual Electrolux Professional – Secadora industrial T5675)***

#### **4.1.6.6.3 Mantenimiento Correctivo**

Ante la ausencia de registros de fallas, las acciones correctivas quedarán circunscritas a las eventuales fallas detectadas durante la ejecución de rutinas preventivas o mediante monitoreo operativo.

#### **Intervenciones Correctivas Posibles:**

- Reemplazo del filtro de pelusa dañado o deformado.
- Sustitución de correa de transmisión en caso de deslizamiento, rotura o fatiga por uso.
- Reparación o ajuste del sistema de cierre y sensor de puerta ante mal funcionamiento.
- Intervención sobre el sistema de ventilación por obstrucciones o pérdida de eficiencia.
- Mantenimiento correctivo del sistema RMC en caso de lecturas erróneas o detección de residuos en sensores.

#### **4.1.6.7 Plan de mantenimiento para la Caldera de vapor**

##### **4.1.6.7.1 Objetivo del plan**

Conseguir una marcha de la caldera confiable y reducir las detenciones no planificadas, y así, mantener la correcta alimentación de vapor al lavadero.

##### **4.1.6.7.2 Mantenimiento Preventivo**

El presente plan ha sido elaborado en base a las recomendaciones técnicas provistas por el fabricante, dado que la empresa no cuenta con un historial de fallas documentado. La frecuencia de las actividades programadas están sujetas a modificación en base al análisis, control y ajuste que se irá realizando con la experiencia.

#### **Diario**

- Verificar visualmente la integridad de todos los elementos de seguridad y control.

- Purgar la columna de agua del medidor visual de nivel, verificar que el nivel descienda y vuelva a subir.
- Efectuar las purgas de fondo, energéticas y de corta duración, como sea indicado por el fabricante.
- Controlar la purga de superficie.
- Verificar si hay fugas de agua en alguna parte de la Caldera, si hay fuga de gases, si hay fugas en válvulas, bridas, o cañerías.

### Semanal

- Se deben controlar las seguridades por bajo nivel, muy bajo nivel, sobrepresión, falta de llama.
- Controlar visualmente la totalidad de la Caldera y equipos asociados, observar si hay desniveles, deformaciones, si hay cañerías desplazadas de sus soportes.
- Controlar si hay puntos calientes anormales en la cubierta de la Caldera o salida de gases de combustión a través de grietas en la cubierta.
- Controlar el funcionamiento de los sopladores de hollín.
- Ablandar de agua con sal gruesa, disminuyendo su ph para evitar la formación de sarro.

### Mensual

- Inspeccionar el estado del sistema de ventilación, con especial atención a la presencia de pelusa en los conductos de aire.
- Hacer circular ácido sulfúrico, tanto en la alimentación de la caldera como en el circuito de purgado, para evitar taponamientos.

### Anual

- Revisión de los sellos de la Bomba Grundfos.
- Como la Caldera ha cumplido 30 años desde su fabricación debe realizarse una evaluación de Vida Remanente. Básicamente se evalúa el daño por creep en paredes de agua, sobrecalentadores de vapor y colectores, y desnudando tanto como sea posible la Caldera se busca en todos sus componentes indicios de daños por corrosión o fatiga.

Estos controles necesitan que la Caldera sea sacada de servicio, se deben efectuar todos los bloqueos efectivos necesarios que aseguren que ningún fluido pueda ingresar a la Caldera y que ningún componente vaya a ponerse en marcha.

Antes de cerrar el cuerpo de presión para poner la Caldera nuevamente en servicio se debe asegurar que todas las partes en contacto con el agua estén perfectamente limpias y libres de cualquier material extraño.

La cámara de combustión y todos los pasajes de gases deben estar limpios, sin obstrucciones, y los dampers deben poder accionarse con facilidad.

- Se llamará a un especialista tercerizado para realizar el chequeo de la rampa de gas.

Lista de comprobación y limpieza:

- Soplante y guía de humos
- Clapeta de aire
- Servomotor
- Cabeza de combustión y pletina deflectora
- Filtro de gas
- Dispositivo de encendido
- Sonda de llama

Lista de comprobación del funcionamiento:

- Control de estanqueidad de la rampa de gas
- Purga de la rampa de gas (en caso de cambio, ver p. 5.3)
- Ajuste de la cámara de mezcla
- Arranque quemador y secuencia de funcionamiento
- Encendido
- Presostato de aire
- Presostato de gas
- Control de la llama
- Realizar el control de la combustión y, en caso necesario reajustar el quemador

#### **4.1.6.7.3 Mantenimiento Predictivo**

- Control de vibraciones de los motores de los ventiladores y de las bombas de agua de alimentación.
- Efectuar un control termográfico para detectar el eventual deterioro de los revestimientos refractarios y la eventual pérdida de estanqueidad de los cerramientos de la Caldera

#### **4.1.6.7.4 Mantenimiento Correctivo**

- Revisión y reparación de CCM, tableros de control y seguridad, transmisores, sensores, niveles ópticos, bujías.
- Revisión, reparación y calibración de las válvulas de seguridad obligadamente todos los años.
- Revisión y reparación de las válvulas de bloqueo, de retención, reguladoras, de sopladores, etc.
- Revisión y reparación de quemadores, bombas, ventiladores, dampers actuadores.
- Revisión limpieza y reparación del skid de fuel oil, sus cañerías y sistema de calentamiento.
- Reemplazo de tubos que se hayan encontrado deteriorados.
- Reemplazo de refractarios.
- Reemplazo de sellos de la bomba Grundfos, en caso de ser necesario.

## 4.2 Gestión de stock. Política de inventario.

En este capítulo se busca definir las políticas de inventario para así poder gestionar eficientemente el stock de repuestos. Comienza con un relevamiento de los repuestos de cada equipo para luego realizar un análisis ABC para luego establecer la política de inventario para cada grupo de repuestos.

### 4.2.1 Política de inventario

Para establecer las políticas de inventario, se comenzará realizando una clasificación de los repuestos de cada equipo, considerado como crítico, según la técnica ABC. Una vez determinados los elementos de cada zona, se establecerán las políticas de inventario para cada una. Los criterios de selección para cada zona serán los siguientes:

Grupo A: Repuestos de gran importancia y costos, de muy baja frecuencia de recambio y que necesitan mayor supervisión.

Grupo B: Repuestos de importancia media y costos moderados.

Grupo C: Repuestos de importancia y costos bajos, alta frecuencia de recambio, necesitan menos supervisión.

Para el caso de la Calandra chica, que solo debe realizarse una puesta en marcha para la temporada de verano, no se realizará dicha clasificación ya que se planificará una inspección anual general y luego se cambiarán los repuestos que presenten desgaste o fallas. La inspección se programará para el mes de junio, donde el Hotel presenta muy baja ocupación, de la cual se estimarán los tiempos de reparación y la compra de insumos, en caso de ser necesaria, de tal manera que la puesta en marcha finalice para el mes de diciembre.

#### 4.2.1.1 Lavadora 3

Tabla N° 18: Clasificación ABC para lavadora 3. Fuente: elaboración propia

Grupo A	Grupo B	Grupo C
Rodamientos	Correas	Remaches pop de aluminio
Amortiguador de fricción	Pul. hongo encl.3SB10	Niples, codos, cuplas
Motor (lavado)	Manguera Balflex Mult de ¾"	Terminales pre aislados
Polea de motor de lavado	Relés térmicos	Lubricante NLGI 2 base litio
Motor MBT 132 SC (centrif.)	Minirruptor (para el deseq.)	Sella rosca hidro3, teflón ¾"
Poleas	Contactores	Precintos, abrazaderas
Bridas	Bloque contactor auxiliar	WD-40
Muelle o resorte de suspensión	Plancha de 1.5 X 2 metros x 3 mm, C-4243	Tornillos, arandelas, tuercas
	Termoactuador	Borneras para conexión
		Juntas tóricas, Retenes
		Anillos de guías
		Filtros de agua

#### 4.2.1.2 Lavadora 4 y 5

Tabla Nº 19: Clasificación ABC para lavadoras 4 y 5. Fuente: elaboración propia

Grupo A	Grupo B	Grupo C
Motor de accionam. 7.5 HP Variador de frecuencia PowerFlex 40 Poleas Rodamiento de tambor (Kits delantero y trasero) Válvula de desagüe Electroválvula de bola	Pul. hongo encl.3SB10 Cable Ribbon 16 y 26 vías Disjuntor 2A Solenoide de cierre puerta Sensor nivel de agua Kit válvula 4 vías 220V Interruptor magnético puerta Electroválvula DIN 220V Correa de transmisión BX108 Junta de puerta Manguera Balflex Mul. de ¾" Cerradura mec. y eléctrica Relé de control 220V Contactor NX208 Resist. de 220V para calent. C-4243 de 1.5 X 2 m x 3 mm	Fusibles Ventilador muffin 220V Lubricante NLGI 2 base litio WD-40 Precintos plásticos Filtro de agua Remaches pop de aluminio Niples, codos, cuplas Terminales pre aislados Teflón alta densidad de ¾" Sella rosca hidro3 Tornillos, arandelas, tuercas Borneras para conexión Juntas tóricas, Retenes Anillos de guías Abrazaderas

#### 4.2.1.3 Calandra Grande

Tabla Nº 20: Clasificación ABC para calandra grande. Fuente: elaboración propia

Grupo A	Grupo B	Grupo C
Interruptor principal de 25A Motor 0.37 KW para conj. de succión y ventilación Cola satélite de eje Variador de frec. AC ATV12 Rodamientos + porta rodam. Embrague del conj. de mov. Motor con engranaje inverso y control manual del conjunto de movimiento (el manual no aclara características) Motorreductor 0.25Kw 1/50 Junta rotativa	Sensores de temperatura Rueda dentadas Piñon de enlace Cadenas de transmisión (el manual no aclara medidas) Interruptor de prox. induct. Termomagnética bipolar 6A x 2u para el gabinete eléctrico Contactor de 6A 24VDC del gabinete eléctrico Plancha de 1.5 X 2 metros x 3 mm, C-4243 (para juntas de vapor) Pul. hongo encl.3SB10	Lubricante NLGI 2 base litio Tornillos, arandelas, tuercas Abrazaderas O'ring 15mm Fusible de 1.6A 220V x 2u para el gabinete eléctrico Teflón de alta densidad de ¾" Sella rosca hidro3 Precintos plásticos Niples, codos, cuplas, de conexión, etc (½, ¾ y 1") Tornillos punta mecha T1 Terminales pre aislados

#### 4.2.1.4 Secadoras

Tabla Nº 21: Clasificación ABC para secadoras. Fuente: elaboración propia

Grupo A	Grupo B	Grupo C
Rodamiento + porta rodamiento x 2u del conjunto del Tambor (sin medidas en el manual) Polea del conj. del Motor Rodamientos de bolas x 2u del conjunto del Motor Motor 400-440V 60Hz 3AC Motor 230-240V 50Hz 1AC para la unidad de ventilación	Pul. hongo encl.3SB10 Interruptor prin 3 polos 70A Sensor de humedad Correas de trans (sin medidas en el manual) Fuente de tensión (el manual no aclara las características) Transformadores Elementos para calentamiento de 8 Kw Termostatos Sensores de temperatura Contactores Relé de arranque Capacitores Ventilador 290X67	Lubricante NLGI 2 base litio Tornillos, arandelas, tuercas para fijación Abrazaderas Bisagras para conjunto de puertas y filtro de pelusa Filtro para pelusa Porta fusible Fusibles

#### 4.2.1.5 Caldera de vapor

Tabla Nº 22: Clasificación ABC para caldera de vapor. Fuente: elaboración propia

Grupo A	Grupo B	Grupo C
Bomba multietapa Grundfos CR3-19 A-FGJ-E-HQQE MODELO a96516663p11017	Plancha de 1.5 X 2 metros x 3 mm, C-4243 Válvulas antirretorno de seguridad de 2" Presostato Aire/gas Con Corte Na/c Marca Dungs Presostato kpi36 Danfoss de rango: 4 a 12 bar Termómetros Manómetros Elementos de conexión de hierro negro de 2" Ventilador 290X67	Teflón alta densidad de ¾" Sella rosca hidro3 Ácido sulfámico x 25Kg Líquido antiincrustante FPS Calderas x 20Kg

#### 4.2.1.6 Políticas de Inventario

En función de la clasificación de los repuestos anteriormente realizada para cada uno de los equipos, se establecen las siguientes políticas de inventario:

- **Grupo A:**

Dado que son repuestos de gran costo e importancia para el equipo y cuyas reposiciones se pueden realizar desde los 2 o 3 años en adelante, se establece una política sin stock anual ni de seguridad. Serán realizadas inspecciones y acciones preventivas necesarias de manera tal de anticiparse al fin de la vida útil y al momento de hacer su pedido, se tendrá en cuenta el *lead time* sumado al tiempo del proceso interno de compra para que el repuesto llegue a tiempo para su reposición. Para estimar la cantidad a pedir de estos repuestos supondremos lo siguiente:

La demanda (D) es menor a 1 debido a que son repuestos que se cambian superados los 2 o 3 años; el costo de mantenimiento anual de inventario (H) es elevado ya que como los precios de los repuestos también son elevados, almacenarlos representan altos costos oportunidad para la empresa que deja de invertir ese dinero transformado en inventario, aunque en el hotel no se pagan seguros ni se rentan almacenes para el inventario; para el costo de realizar el pedido (S) los únicos costos asociados considerables son el capital para la compra del producto en sí y los de transporte en el caso de pagar un seguro de repuesto, ya que los costos administrativos y de recepción y manejo son despreciables en comparación.

Es por ello, que en la fórmula N°7, el numerador al estar multiplicado por la demanda D que es menor a 1 y dividido por H que es un número alto, la cantidad a pedir resultará menor a 1. Redondeando, resulta que la cantidad económica a pedir es de 1 unidad de cada repuesto de éste grupo.

- **Grupo B:**

Como los repuestos de este grupo presentan costos medios y cuya rotación se puede dar entre uno y tres años, no se establecerá un stock anual ni de seguridad.

Del mismo modo que el Grupo A, la demanda anual D es menor a 1, los costos de almacenamiento H son moderadamente altos, por lo que de la ecuación N°7 también resulta que la cantidad económica a pedir es de 1 unidad, por lo que se pedirá una unidad de cada repuesto multiplicado la cantidad de unidades del repuesto que lleve cada equipo.

- **Grupo C:**

Los repuestos de este grupo están constituidos por consumibles, puesto que se consumen durante las acciones de mantenimiento. Es por ello, que se utilizará el Modelo de la cantidad de pedido fija para poder determinar el punto de reorden y sin inventario de seguridad.

Respecto de los costos de mantenimiento del inventario (H) y de realizar el pedido (S): debido a que el costo unitario de los repuestos de este grupo son bajos y tienen una rotación medianamente alta por ser consumibles y los costos de servicio de inventario, riesgo y de alquiler del almacén se desprecian por ser muy bajos, el costo de mantenimiento del inventario (H) resulta ser bajo. Para el costo de realizar el pedido (S), al tratarse de repuestos de bajo precio unitario es conveniente reducir la cantidad

de pedidos al año, aumentando la cantidad de unidades a pedir de modo de distribuir los costos asociados a todas las unidades, ya que, además, al ser el costo de mantenimiento del inventario (H) bajo nos permite almacenar mayor cantidad.

Para calcular el punto de reorden se necesita conocer la demanda diaria y el *lead time*, y dado que no hay un registro de stock en la empresa, durante el primer año se deberá registrar el stock utilizado para obtener la demanda anual de cada consumible y así estimar la demanda diaria. Para abastecerse en ese primer año, se utilizarán los planes de Mantenimiento para estimar la cantidad de unidades anuales demandadas de cada consumible y se la dividirá en 12 para así realizar pedidos mensuales, tomando los registros del *lead time* de cada pedido para realizar luego un promedio y ser utilizado para el cálculo del punto de reorden o repedido. De esta manera, se reducen los costos financieros de mantener un inventario excesivo hasta que se puedan realizar estimaciones de inventario más precisas.

Después del primer año, como la gran mayoría de los repuestos de este grupo son comunes para todos los equipos, serán pedidos todos juntos, teniendo así un surtido y con un único *lead time* para todos esos repuestos. Finalmente, se realiza el cálculo del punto de reorden de cada repuesto, utilizando la fórmula N°8 y el pedido será realizado cuando el nivel de stock de alguno de ellos haya llegado a dicho punto.

Para mantener el inventario actualizado, los técnicos anotarán en las órdenes de trabajo la cantidad de cada repuesto utilizado en cada acción de mantenimiento junto con inspecciones semanales del inventario.

## 4.3 Información Documentada

En dicho capítulo se determina qué información es necesaria documentar, mantener y actualizar periódicamente.

### 4.3.1 Información documentada

La información documentada es esencial para un Sistema de Gestión de Mantenimiento porque estandariza los procedimientos y garantiza la consistencia en las reparaciones. Permite la trazabilidad del historial de los equipos, crucial para el análisis de fallas y la optimización de repuestos. Además, es indispensable para el cumplimiento normativo, la seguridad del personal y la capacitación, asegurando la continuidad operativa y la eficiencia del sistema de gestión.

La norma ISO 14224:2016 establece principios clave para la recopilación de datos de confiabilidad y mantenimiento, los cuales se combinan aquí con una estructura práctica y funcional adaptada al contexto del lavadero.

La estructura documental propuesta se organiza en cuatro bloques principales:

- Identificación y caracterización de activos: incluye documentos como el catastro de equipos y las planillas de mantenimiento.
- Gestión de la operación y del mantenimiento: contempla las órdenes de trabajo, el registro de cumplimiento y el registro de fallas.
- Medición y control del desempeño: incorpora el tablero de indicadores y reportes asociados.
- Gestión de repuestos e inventarios: abarca el control de insumos, planillas de stock y control de inventarios.

A continuación, se presenta la documentación que se considera necesaria generar, con la descripción de su contenido mínimo y el sistema de codificación a establecer.

### 4.3.2 Identificación y caracterización de activos

La gestión del mantenimiento se fundamenta en una identificación clara y precisa de los activos, que permita su trazabilidad a lo largo de todo el ciclo de vida. Contar con un catastro detallado de los equipos asegura que cada intervención pueda asociarse a un activo específico, facilitando el seguimiento de su historial, el análisis de desempeño y la planificación de rutinas preventivas.

En este bloque se desarrolla el Catastro de equipos, documento maestro que centraliza la información técnica y operativa de cada activo del lavadero, constituyendo la base sobre la cual se apoyan los demás registros del sistema de información documentada.

#### 4.3.2.1 Catastro de equipos

El catastro de equipos constituye el documento maestro que registra de manera única cada activo del lavadero.

**Contenido mínimo:**

- ID del equipo (código único)
- Clase del equipo (lavadora, secadora, calandra, etc.)
- Marca / Modelo / Número de serie
- Fabricante y proveedor
- Fecha de instalación
- Ubicación funcional (zona del lavadero)
- Especificaciones técnicas principales
- Frecuencia de uso o carga operativa estimada
- Repuestos específicos y consumibles asociados
- Historial de intervenciones técnicas

#### **Disparador:**

Instalación o detección de un equipo nuevo.

#### **Responsables:**

- **Quién lo completa:** Jefe de mantenimiento junto al técnico responsable del área.
- **Cuándo:** En la instalación de un nuevo equipo o al detectar un activo no registrado.
- **Cómo:** Planilla digital estandarizada (Excel/Google Sheets).

#### **Flujo de información:**

1. **Alta inicial** → Jefe de mantenimiento releva datos técnicos.
2. **Validación** → Se verifica información con fabricante/proveedor.
3. **Carga en planilla** → Registro digital único en la base documental.
4. **Almacenamiento** → Carpeta específica en servidor/Drive y nombre del archivo.
5. **Uso posterior** → Documento de referencia para órdenes de trabajo, planillas de mantenimiento y registro de fallas.

### **4.3.3 Gestión de la operación y mantenimiento**

La gestión de la operación y el mantenimiento requiere de documentos que aseguren la correcta planificación, ejecución y trazabilidad de las intervenciones realizadas sobre los equipos. Estos registros permiten organizar las tareas preventivas y correctivas, asignar responsabilidades, dejar constancia de las rutinas cumplidas y documentar las fallas detectadas.

En este bloque se incluyen tres documentos fundamentales: las Órdenes de trabajo, las Planillas de mantenimiento y el Registro de fallas, los cuales en conjunto permiten articular el trabajo diario del área de mantenimiento y constituyen la base de información para el análisis de desempeño y confiabilidad de los equipos.

#### **4.3.3.1 Órdenes de trabajo**

Las órdenes de trabajo constituyen el documento operativo utilizado para comunicar al personal técnico las tareas de mantenimiento preventivo, correctivo o predictivo.

#### **Contenido mínimo:**

- Número de OT

- Fecha de emisión y ejecución
- ID del equipo
- Tipo de mantenimiento (preventivo / correctivo / predictivo)
- Descripción de la tarea a realizar
- Responsable asignado
- Recursos y repuestos requeridos
- Resultado de la intervención (solucionado / no solucionado)
- Tiempo de intervención
- Observaciones

#### **Disparador:**

La necesidad de realizar una intervención de mantenimiento (preventiva programada o correctiva por falla detectada).

#### **Responsables:**

- **Quién lo completa:** Emisión a cargo del jefe de mantenimiento; ejecución y cierre a cargo del técnico asignado.
- **Cuándo:** La emisión se realiza previo a la intervención y el cierre al finalizar la tarea.
- **Cómo:** Planilla digital estandarizada (Excel/Google Sheets).

#### **Flujo de información:**

1. **Emisión de OT** → El jefe de mantenimiento genera la orden con la tarea a ejecutar.
2. **Ejecución** → El técnico asignado realiza la tarea y registra actividades, tiempos y repuestos utilizados.
3. **Cierre** → El técnico completa la OT y el jefe valida el resultado de la intervención.
4. **Almacenamiento** → Carpeta digital "Órdenes de trabajo" en servidor/Drive, con respaldo físico si corresponde.
5. **Uso posterior** → Alimenta indicadores de cumplimiento, costos de mantenimiento y registros de fallas.

#### **4.3.3.2 Rutina de mantenimiento**

La Rutina de mantenimiento constituye el documento utilizado para registrar el cumplimiento de las tareas programadas en cada equipo, con el fin de asegurar la continuidad operativa y la trazabilidad de las intervenciones. Asimismo, permiten vincular cada tarea con el uso de insumos o repuestos, lo que facilita la gestión del stock técnico.

#### **Contenido mínimo:**

- ID del equipo
- Rutina (actividad técnica concreta)
- Frecuencia (diaria, semanal, mensual, etc.)
- Fecha prevista
- ¿Realizada? (Sí / No)
- Responsable
- Observaciones técnicas

- Insumos utilizados (código, cantidad, unidad)

**Disparador:**

La llegada de la fecha prevista de la rutina de mantenimiento establecida en el plan maestro.

**Responsables:**

- **Quién lo completa:** Técnico de mantenimiento.
- **Cuándo:** Cada vez que se ejecuta una rutina programada (según frecuencia establecida).
- **Cómo:** Planilla impresa para registro en campo y firma → luego cargada en planilla digital (Excel/Google Sheets).

**Flujo de información:**

1. **Programación** → El jefe de mantenimiento define las rutinas y frecuencias.
2. **Ejecución** → El técnico registra en la planilla si la tarea fue realizada, observaciones e insumos utilizados.
3. **Validación** → El jefe de mantenimiento revisa y aprueba el cumplimiento.
4. **Digitalización** → Se cargan los datos en la base digital de mantenimiento.
5. **Almacenamiento** → Carpeta “Rutinas de Mantenimiento” en servidor/Drive, con archivo físico de respaldo.
6. **Uso posterior** → Trazabilidad de tareas preventivas, consumo de insumos y alimentación de indicadores de cumplimiento.

#### 4.3.3.3 Registro de fallas

El registro de fallas constituye el documento utilizado para consignar de manera estructurada las averías ocurridas en los equipos, junto con sus causas, consecuencias y acciones correctivas. Es fundamental para realizar análisis de confiabilidad, identificar patrones de falla y alimentar indicadores como el MTBF o la disponibilidad técnica.

**Contenido mínimo:**

- Fecha y hora de la falla
- Código de equipo (EQP)
- Tipo de falla (FLL)
- Descripción detallada de la falla
- Modo de falla (MDF)
- Causa raíz (si fue identificada)
- Consecuencia de la falla (leve, media, grave)
- Tiempo fuera de servicio
- Acción correctiva aplicada (ACC)
- Responsable de la intervención
- Observaciones

**Disparador:**

La ocurrencia de una avería en un equipo durante la operación o el mantenimiento.

### Responsables:

- **Quién lo completa:** Técnico que detecta o atiende la falla.
- **Quién valida:** Jefe de mantenimiento, quien revisa la clasificación, la causa raíz y el tiempo fuera de servicio.
- **Cuándo:** Inmediatamente después de ocurrida la falla y al finalizar la intervención correctiva.
- **Cómo:** Formulario digital (Excel/Google Form) o planilla impresa en campo que luego se carga en el sistema digital.

### Flujo de información:

1. **Detección de la falla (Disparador)** → El técnico identifica la avería durante la operación o intervención.
2. **Registro inicial** → El técnico consigna la información básica: equipo, hora, tipo de falla, descripción preliminar.
3. **Intervención correctiva** → Se completa con acción realizada, tiempo fuera de servicio y observaciones.
4. **Validación** → El jefe de mantenimiento revisa y aprueba el registro, completando la causa raíz y la clasificación de la falla. Una vez identificada la causa raíz, se define y ejecuta la acción correctiva aplicada (ACC), con el fin de eliminar la causa y evitar la recurrencia de la falla.
5. **Almacenamiento** → Carpeta digital “Registro de Fallas” en servidor/Drive, con respaldo físico si se usa planilla impresa.
6. **Uso posterior** → La información registrada alimenta el análisis de confiabilidad y la elaboración de indicadores técnicos (MTBF, disponibilidad, patrones de falla). Asimismo, los datos de falla se vinculan con los documentos FLL (tipos de falla estandarizados) y MDF (modos de falla), mientras que las acciones derivadas del análisis se documentan cómo ACC (acciones correctivas) en el sistema de mantenimiento.

### 4.3.4 Gestión de repuestos e inventarios

Las tareas de control de inventarios y registro de movimientos de repuestos e insumos serán asumidas por los propios técnicos de mantenimiento, bajo la supervisión directa del jefe de mantenimiento. Esta modalidad busca asegurar la trazabilidad de los materiales críticos, evitando faltantes y garantizando la disponibilidad oportuna de insumos necesarios para las intervenciones.

A continuación, se detallan los documentos que integran esta gestión:

- Control de movimientos de repuestos e insumos
- Planilla de control de inventarios

Cada uno de estos documentos se describe con su contenido mínimo, responsables y flujo de información correspondientes.

#### 4.3.4.1 Control de movimientos de repuestos e insumos

El control de repuestos e insumos se registra en una planilla específica que asegura la trazabilidad de los materiales críticos utilizados en mantenimiento. Este documento permite verificar la disponibilidad de repuestos, asociar consumos a órdenes de trabajo y gestionar los niveles de stock.

##### Contenido mínimo:

- Fecha de solicitud
- Código del insumo o repuesto (INS o REP)
- Tipo de movimiento: Ingreso (ING) o egreso (EGR)
- Cantidad
- Fecha de pedido (Corresponde solo en ingreso)
- OT asociada (Corresponde solo en egreso)
- Stock final
- Observación

##### Disparador:

Movimiento de materiales en el almacén de mantenimiento (solicitud, recepción o salida de insumo/repuesto).

##### Responsables:

- **Quién lo completa:** Operario de mantenimiento asignado a la tarea.
- **Quién valida:** Jefe de mantenimiento (para consumos críticos y control de stock mínimo).
- **Cuándo:** En cada operación de entrada o salida de repuestos/insumos.
- **Cómo:** Planilla digital compartida (Excel/Google Sheets) para registrar movimientos en tiempo real.

##### Flujo de información:

1. **Movimiento detectado (Disparador)** → Solicitud de repuesto, recepción de materiales o egreso vinculado a una OT.
2. **Registro** → El encargado de almacén anota el movimiento en la planilla (código, cantidad, proveedor/OT asociado).
3. **Validación** → El jefe de mantenimiento revisa consumos críticos y confirma la trazabilidad de materiales vinculados a OT.
4. **Actualización de stock** → La planilla ajusta el stock final tras cada movimiento.
5. **Almacenamiento** → Carpeta digital “Movimientos de Insumos/Repuestos” en servidor/Drive, con copias de seguridad periódicas.
6. **Uso posterior** → Seguimiento de consumos por equipo/OT, control de stock mínimo, planificación de compras y costos de mantenimiento.

#### 4.3.4.2 Planilla de control de inventarios

La planilla de control de inventarios constituye el documento destinado a gestionar el stock de repuestos, insumos y consumibles empleados en las tareas de mantenimiento. Su objetivo es asegurar la disponibilidad oportuna de materiales y garantizar la trazabilidad de los movimientos de stock.

##### Contenido mínimo:

- Código del insumo o repuesto (INS o REP)
- Descripción del ítem
- Unidad de medida (ej. unidad, litro, metro, etc.)
- Stock inicial registrado (Teórico)
- Stock físico relevado (Físico del conteo)
- Diferencia (ajuste positivo o negativo)
- Fecha del conteo
- Punto de reposición (stock mínimo recomendado)
- Observaciones

##### Disparador:

Necesidad de realizar un conteo físico programado o la actualización periódica del stock para verificar existencias y reponer materiales.

##### Responsables:

- **Quién lo completa:** Operario de mantenimiento asignado a la tarea.
- **Quién valida:** Jefe de mantenimiento (control de stock mínimo y análisis de diferencias).
- **Cuándo:** En cada control periódico (ej. mensual, trimestral).
- **Cómo:** Planilla impresa para el conteo físico → luego consolidada en archivo digital (Excel/Google Sheets).

##### Flujo de información:

1. **Inicio del conteo (Disparador)** → Se programa el relevamiento físico del inventario.
2. **Relevamiento físico** → El encargado de almacén registra cantidades reales de cada insumo/repuesto.
3. **Consolidación** → Los datos del conteo se cargan en la planilla digital, comparando los datos relevados con el stock teórico registrado.
4. **Validación** → El jefe de mantenimiento revisa y analiza las diferencias detectadas, realizando los ajustes necesarios en los saldos teóricos. Estos ajustes deben registrarse como ingresos (ING) o egresos (EGR) en el "Control de movimientos de repuestos e insumos", con la observación "AJUSTE DE INVENTARIO".

5. **Almacenamiento** → Carpeta digital “Inventarios Mantenimiento” en servidor/Drive, con respaldo físico firmado.

**Uso posterior** → Planificación de compras, control de stock crítico, trazabilidad de movimientos y elaboración de reportes de gestión.

#### 4.3.5 Sistema de codificación

El sistema de codificación tiene como objetivo organizar, estandarizar y facilitar la trazabilidad de todos los elementos involucrados en la gestión del mantenimiento, incluyendo equipos, fallas, actividades, repuestos, indicadores e insumos. Esta estructura permite una lectura rápida, un análisis eficiente y la reducción de errores en el registro de datos.

##### a) Estructura general del código

Cada código está compuesto por un prefijo alfanumérico que identifica la categoría del elemento, seguido por un número correlativo de tres cifras.

Ejemplo: EQP-001, FLL-007, KPI-002

Tabla N° 23: Prefijos para codificación. Fuente: elaboración propia

Prefijo	Descripción	Ejemplo
EQP	Equipos registrados en el catastro	EQP-001 = Lavadora 1
RUT	Rutinas de mantenimiento	RUT-002 = Revisión de correas
FLL	Tipos de falla estandarizados	FLL-005 = Fuga en válvula
MDF	Modos de falla (desgaste, rotura, sobrecarga, etc.)	MDF-003 = Corrosión
ACC	Acciones correctivas aplicadas	ACC-004 = Reemplazo de componente
INS	Insumos generales	INS-001 = Grasa industrial
REP	Repuestos específicos	REP-012 = Filtro bomba secadora
KPI	Indicadores clave de desempeño	KPI-001 = MTTR
EGR	Movimiento de egreso de insumo o repuesto	EGR-045 = Egreso de REP-012 el 05/07
ING	Movimiento de ingreso al inventario	ING-027 = Ingreso de INS-001 el 10/07
OT	Órdenes de trabajo emitidas	OT-153 = Mantenimiento preventivo LAV01

## 4.4 Indicadores, tableros y lineamientos para la mejora continua.

En este capítulo se establecen qué indicadores se necesitan crear para mantener controlado el sistema de gestión y un tablero de comando que permita visualizar de forma clara y eficiente el rendimiento, cumplimiento y mejora del sistema de gestión.

### 4.4.1 Indicadores a utilizar

Para garantizar la mejora continua del sistema de mantenimiento propuesto, se plantea la implementación de un sistema integrado de tableros que combina un tablero de comando en el nivel estratégico y tableros de control en los niveles táctico y operacional.

Las métricas seleccionadas surgen del análisis de fallas históricas, los tiempos de intervención y la disponibilidad técnica de los equipos críticos. Su seguimiento en los distintos niveles jerárquicos permitirá identificar desvíos en la planificación, anticipar necesidades operativas y justificar acciones de mejora o inversiones.

Los principales KPIs definidos son los siguientes:

- KPI-001 – Disponibilidad General (%)
- KPI-002 – Costo Total de Mantenimiento vs. Presupuesto
- KPI-003 – Índice de Mantenimiento Correctivo vs. Preventivo
- KPI-004 – MTBF (Mean Time Between Failures)
- KPI-005 – MTTR (Mean Time To Repair)
- KPI-006 – Cumplimiento del plan de mantenimiento (%)
- KPI-007 – Disponibilidad técnica (%)
- KPI-008 - Nivel de capacitación del personal de mantenimiento (%)
- KPI-009 - Efectividad de acciones correctivas (%)
- KPI-010 - Tasa de reincidencia de fallas (%)

Este conjunto de medidas se integrará en tableros actualizados periódicamente, lo que permitirá realizar comparaciones intermensuales, detectar tendencias y facilitar tanto el control operativo como la toma de decisiones estratégicas en materia de mantenimiento, gestión de stock y capacitación del personal.

### 4.4.2 KPIs e información documentada

A continuación se detallan los distintos KPIs seleccionados y la información documentada relacionada a la confección de dicho KPI

Tabla N° 24: KPIs. Fuente: elaboración propia

Código KPI	Nombre del Indicador	Fórmula	Fuente de Información Documentada
KPI-001	Disponibilidad General (%)	Promedio de la disponibilidad de cada equipo	Calculado a partir de KPI-007
KPI-002	Costo Total de Mantenimiento vs. Presupuesto	Costo total Mant / Costo propuesto	Control de repuestos e insumos y Órdenes de trabajo
KPI-003	Índice de Mantenimiento Correctivo vs. Preventivo	Hs mant correctivo / Hs mant preventivo	Planillas de mantenimiento y Órdenes de trabajo
KPI-004	MTBF (Mean Time Between Failures)	Tiempo total de buen funcionamiento / N° de fallas	Registro de fallas y Planillas de mantenimiento
KPI-005	MTTR (Mean Time To Repair)	Tiempo total de reparación / N° de fallas	Registro de fallas y Órdenes de trabajo
KPI-006	Cumplimiento del plan de mantenimiento (%)	Tareas realizadas / Tareas programadas × 100	Planillas de mantenimiento
KPI-007	Disponibilidad técnica (%)	$MTBF / (MTBF + MTTR) \times 100$	Calculado a partir de KPI-004 y KPI-005
KPI-008	Nivel de capacitación del personal de mantenimiento (%)	$(\text{Horas de capacitación realizadas} / \text{Horas planificadas}) \times 100$	Por implementar: registro de capacitaciones
KPI-009	Efectividad de acciones correctivas (%)	$(\text{Acciones correctivas que eliminaron la causa raíz} / \text{Total de acciones correctivas implementadas}) \times 100$	Registro de fallas y Acciones correctivas (ACC)
KPI-010	Tasa de reincidencia de fallas (%)	$(\text{N° de fallas repetidas} / \text{N° total de fallas registradas}) \times 100$	Registro de fallas (clasificación de fallas repetitivas)

### 4.4.3 Tablero de Indicadores

El **tablero de indicadores** constituye un sistema integrado de visualización que combina un tablero de comando de carácter estratégico y tableros de control de nivel táctico y operativo, de acuerdo con las necesidades de información de cada nivel jerárquico. Su propósito es transformar los datos generados por el sistema de mantenimiento en información relevante para la toma de decisiones, facilitando la detección de desviaciones, el análisis de tendencias y la planificación de acciones correctivas o preventivas en el marco del ciclo PDCA.

En concordancia con el enfoque del Balanced Scorecard (BSC) desarrollado por Kaplan y Norton —ya abordado en el marco teórico—, los indicadores del sistema de mantenimiento se agrupan en cuatro perspectivas que permiten equilibrar los resultados económicos con la capacidad de aprendizaje y mejora continua del área.

Cada grupo de indicadores se relaciona directamente con los objetivos estratégicos definidos para el sistema de mantenimiento, y se actualiza con la información proveniente de los registros operativos (órdenes de trabajo, registros de fallas, rutinas, inventarios, etc.). Esta estructura facilita el seguimiento continuo del desempeño técnico y económico, alineando la gestión operativa con los objetivos de mejora y sostenibilidad del sistema.

#### Nivel 1: Tablero Estratégico (Para la Gerencia del Hotel)

Este tablero debe ser visual, simple y mostrar los indicadores de alto nivel que impactan directamente en el negocio. El objetivo es que un gerente pueda entender el estado del área en corto tiempo.

- **Objetivo:** Informar sobre el rendimiento general, los costos y el impacto en la operación del hotel.
- **Frecuencia de actualización:** Semanal o mensual.
- **KPIs Recomendados:**
  1. **Disponibilidad General (%):** la *Disponibilidad General* incide directamente en la continuidad del servicio hotelero y en la experiencia del huésped, ya que un mayor nivel de disponibilidad asegura estándares de calidad y confiabilidad en la operación.
    - **Visualización:** Un velocímetro, un indicador grande (verde/amarillo/rojo) o gráfico combinado de barras y línea.
  2. **Costo Total de Mantenimiento vs. Presupuesto:** el KPI *Costo Total de Mantenimiento vs. Presupuesto* refleja la eficiencia en la gestión de recursos y su alineación con los objetivos económicos de la organización.
    - **Visualización:** Un gráfico de barras o una barra de progreso.
  3. **Índice de Mantenimiento Correctivo vs. Preventivo:** el *Índice de Mantenimiento Correctivo vs. Preventivo* permite evaluar la eficacia de los procesos de gestión de activos, identificando el grado en que se logra anticipar y prevenir fallos en lugar de reaccionar ante ellos.

- **Visualización:** Un gráfico de barras o una barra de progreso.
- 4. **Nivel de Capacitación del Personal de Mantenimiento (%)**  
Mide la proporción del personal que ha recibido capacitación técnica o de seguridad en el período. Un alto nivel de capacitación contribuye a reducir fallas, mejorar la eficiencia y fortalecer la cultura de mejora continua.
  - **Visualización:** gráfico de barras o indicador de progreso.

El tablero estratégico constituye la representación de alto nivel del área de mantenimiento, alineando los resultados técnicos y económicos con los objetivos generales del hotel. Al integrar indicadores de disponibilidad, costos y equilibrio entre mantenimiento preventivo y correctivo, este nivel del tablero de indicadores permite a la gerencia evaluar el impacto del mantenimiento en la operación global y orientar la toma de decisiones en concordancia con la estrategia organizacional.

### **Nivel 2: Tablero Táctico (Para el Jefe de Mantenimiento)**

Este tablero es para la gestión del día a día del departamento. Es más detallado y orientado a la optimización de los procesos de mantenimiento.

- **Objetivo:** Monitorear la eficiencia del equipo de mantenimiento, gestionar recursos y detectar tendencias para la toma de decisiones.
- **Frecuencia de actualización:** Diaria o semanal.
- **KPIs Recomendados:**
  1. **MTBF por Equipo Crítico:** Utilizado para medir la fiabilidad y se recomienda ver una tendencia ascendente.
    - **Visualización:** Un gráfico de líneas mostrando la evolución del MTBF en los últimos 6 meses para cada máquina clave.
  2. **MTTR por Equipo Crítico:** Utilizado para medir la mantenibilidad, se recomienda ver una tendencia descendente.
    - **Visualización:** Un gráfico de líneas similar al de MTBF.
  3. **Cumplimiento del Plan de Mantenimiento Preventivo (%):** Mide cuántas de las tareas preventivas planificadas se completaron a tiempo. Un valor objetivo debería ser superior al 90%.
    - **Visualización:** Un gráfico de barras semanal o mensual.
  4. **Disponibilidad:** Determina el porcentaje de tiempo en el cual el equipo estuvo disponible para su uso.
    - **Visualización:** velocímetro o un indicador grande (verde/amarillo/rojo).
  5. **Efectividad de Acciones Correctivas (%):** Mide el porcentaje de acciones correctivas que eliminaron efectivamente la causa raíz de la falla.
    - **Visualización:** gráfico de barras o indicador de progreso.
  6. **Tasa de Reincidencia de Fallas (%):** Evalúa el porcentaje de fallas repetitivas sobre el total de fallas registradas, reflejando la capacidad de aprendizaje del sistema.
    - **Visualización:** gráfico de tendencia o línea temporal.

El tablero táctico permite a la jefatura de mantenimiento monitorear con mayor detalle la confiabilidad de los equipos, la eficiencia de las reparaciones y el cumplimiento de las rutinas planificadas. La incorporación de indicadores como el MTBF, MTTR, la disponibilidad y el cumplimiento del plan preventivo proporciona una base objetiva para gestionar recursos, detectar tendencias y tomar decisiones oportunas. De esta forma, este nivel de tablero se convierte en un instrumento de control esencial para garantizar la continuidad operativa y la mejora progresiva de los procesos de mantenimiento.

### **Nivel 3: Tablero Operacional (Para Técnicos y Operarios)**

Este es un tablero de trabajo. Debe ser claro, directo y enfocado en la acción inmediata.

- **Objetivo:** Organizar las tareas diarias, comunicar prioridades y proporcionar información rápida para la ejecución.
- **Frecuencia de actualización:** En tiempo real o varias veces al día.
- **Información a Mostrar:**
  1. **Listado de Órdenes de Trabajo del Día:** ¿Qué tareas preventivas y correctivas se deben realizar hoy? ¿Quién está asignado?
    - **Visualización:** Una tabla o un tablero Kanban (Por Hacer, En Progreso, Hecho).
  2. **Alertas de Mantenimiento Predictivo:** En caso de existir sensores (ej. de vibración o temperatura), aquí aparecen las alertas en tiempo real.
    - **Visualización:** Indicadores de alerta o una lista de notificaciones.
  3. **Estado de Equipos Críticos:** Un esquema simple del lavadero (layout) con luces de estado (Verde: OK, Amarillo: Alerta, Rojo: Parado).
    - **Visualización:** Un diagrama o mapa de la planta.
  4. **Acceso Rápido a Documentación:** Links o códigos QR para acceder a manuales, procedimientos o historial del equipo en el que se va a trabajar.

El tablero operacional se orienta a la acción inmediata y a la gestión cotidiana de las tareas de mantenimiento. Al centralizar información sobre órdenes de trabajo, alertas predictivas, estado de los equipos y acceso a documentación, facilita la organización y priorización de actividades por parte de los técnicos. Este nivel de tablero cumple un rol clave en la ejecución eficiente del plan, asegurando que las decisiones estratégicas y tácticas definidas en los niveles superiores se materialicen en la práctica diaria de manera efectiva.

### **Herramientas a utilizar para crear los tableros**

Se realizará una implementación por fases:

1. **Fase Inicial (Bajo Costo):** Utilizar **Microsoft Excel o Google Sheets**. Es una herramienta adecuada para recopilar inicialmente datos y crear gráficos básicos. Es manual, pero demuestra el valor del concepto.
2. **Fase Intermedia (Más Profesional):** Usar herramientas de Business Intelligence (BI) como **Power BI de Microsoft**, **Looker Studio de Google** o **Tableau**. Estas herramientas

pueden conectarse a diversas fuentes de datos (como un Excel o una base de datos) y automatizar la actualización de los tableros.

3. **Fase Ideal (Integrada):** Implementar un **Software de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO o CMMS)**. Estos sistemas (como Fiix, MaintainX, Infor EAM) ya vienen con módulos de reportes y dashboards integrados y gestionan todo el ciclo de vida de las órdenes de trabajo y activos.

A continuación, en la figura N° 17 se muestra un posible boceto del Tablero de Comando a diseñar para el 1º Nivel - Estratégico, a presentar a la Dirección. Los datos utilizados son hipotéticos.



Figura N° 17: Tablero de comando 1º nivel. Fuente: elaboración propia

#### 4.4.4 Lineamientos para la mejora continua

Para la gestión del mantenimiento de un lavadero industrial en un hotel de cinco estrellas, la mejora continua no es solo una opción, es una necesidad para garantizar la eficiencia, la calidad del servicio y la rentabilidad. Un sistema de mejora continua busca optimizar constantemente los procesos, equipos y recursos. Es por ello que se establece la siguiente estructura basada en el ciclo PDCA (Planificar - Hacer - Verificar - Actuar), una de las herramientas fundamentales de la mejora continua.

##### 1. Planificar (Plan): Definir el Rumbo

- **Análisis de la Situación Actual (Diagnóstico):**
  - **Inventario y Criticidad de Equipos:** Realizar un inventario completo de todos los equipos del lavadero (lavadoras, secadoras, calandras, etc.). Clasificarlos según su importancia para el proceso.
  - **Historial de Averías:** Recopilar y analizar todos los datos históricos de fallos. Equipos que fallan más, averías más comunes, tiempo de inactividad que generan, etc.
  - **Análisis de Causa Raíz (ACR):** Cuando ocurra una avería importante o recurrente, no quedarse solo en la reparación. Utilizar herramientas como el Diagrama de Ishikawa (Espina de Pescado) o los 5 Porqués para encontrar la verdadera causa del problema.
  - **Costos de Mantenimiento:** Analizar los costos actuales, tanto de mantenimiento correctivo (reparaciones urgentes) como preventivo. Incluye repuestos, mano de obra y costos de oportunidad por paradas.
- **Establecimiento de Objetivos y KPIs (Indicadores Clave de Desempeño):**  
Los objetivos deben ser SMART (Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevantes, con Plazo). KPIs Esenciales:
  - **Disponibilidad de Equipos:** Porcentaje del tiempo que un equipo está disponible para operar.
  - **Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF - *Mean Time Between Failures*):** Mide la fiabilidad de un equipo y se pretende que este número sea lo más alto posible.  
 $MTBF = \text{Número de averías} / \text{Tiempo total de funcionamiento}$
  - **Tiempo Medio para Reparar (MTTR - *Mean Time To Repair*):** Mide la eficiencia en la reparación y se pretende que este número sea lo más bajo posible.  
 $MTTR = \text{Número de averías} / \text{Tiempo total de inactividad por mantenimiento}$
- **Desarrollo del Plan de Mantenimiento:**
  - **Mantenimiento Preventivo:** Definir rutinas de mantenimiento basadas en el tiempo o el uso (ej: lubricar rodamientos cada 200 horas de uso).

- **Mantenimiento Predictivo:** Utilizar técnicas como análisis de vibraciones, termografías o análisis de aceite para predecir cuándo va a fallar un componente.
- **Gestión de Repuestos:** Establecer un sistema para gestionar el stock de repuestos críticos.

## 2. Hacer (Do): Poner el Plan en Marcha

- Implementación del Plan:
  - **Órdenes de Trabajo (OT):** Implementar un sistema de órdenes de trabajo (puede ser digital o en papel al principio) para todas las tareas de mantenimiento. Cada OT debe registrar qué se hizo, quién lo hizo, cuánto tiempo tomó y qué repuestos se usaron.
  - **Capacitación del personal:** Asegurar que tanto los operarios del lavadero como el personal de mantenimiento estén capacitados. Los operarios podrán realizar tareas de mantenimiento autónomo (limpieza, inspecciones básicas) y son la primera línea para detectar problemas.
  - **Registro de Datos:** Es fundamental registrar toda la información. Sin datos, no hay mejora. Registra cada fallo, cada mantenimiento preventivo y cada repuesto utilizado.

## 3. Verificar (Check): Medir y Analizar

- **Seguimiento de KPIs:** Medir regularmente los KPIs definidos en la etapa de planificación. Comparar los resultados actuales con los históricos y con los objetivos propuestos.
- **Reuniones de Revisión:** Realiza reuniones periódicas (semanales o quincenales) con el equipo de mantenimiento y operaciones para revisar los resultados, analizar los problemas y discutir posibles mejoras.

## 4. Actuar (Act): Corregir y Estandarizar

- **Acciones Correctivas:** Si lo medido no cumple con el plan se debe verificar qué estuvo mal en los pasos anteriores y realizar las correcciones correspondientes. Dentro de estas correcciones pueden corresponder a cambio del plan de mantenimiento, modificar una pieza, capacitar mejor al personal, etc.
- **Estandarización:** En caso de que una mejora sea acertada, actualizar los procedimientos de mantenimiento, las listas de verificación y la capacitación para que la mejora se convierta en la nueva forma de trabajar.
- **Comunicación y Reconocimiento:** Comunicar los logros al equipo. Reconocer el buen trabajo y los resultados positivos es clave para mantener la motivación y el compromiso con la mejora continua.

Este ciclo no se detiene nunca. Al finalizar la fase de "Actuar", volver a "Planificar" para establecer nuevos objetivos.

## 5. Conclusiones

El presente Trabajo Final abordó la problemática de la disminución de la confiabilidad de los equipos en el lavadero industrial de un Hotel de 5 estrellas, originada por la ocurrencia frecuente de fallas. Se identificó que el enfoque de mantenimiento puramente reactivo era la causa fundamental de esta situación, lo que resultaba en un aumento de los costos operativos, tiempos de inactividad significativos y un compromiso directo de los estándares de calidad del establecimiento.

Para dar solución a esta problemática, se propuso un sistema integral para la gestión del mantenimiento, diseñado para transformar el enfoque del área desde un modelo reactivo hacia uno proactivo y estratégico. La base de esta propuesta fue sustentada en un análisis detallado de la situación actual, que incluyó la identificación de los equipos críticos a través del estudio de datos históricos de fallas y la aplicación de herramientas de la ingeniería para diagnosticar las causas raíz de la ineficiencia.

Se desarrollaron planes de mantenimiento preventivo y correctivo específicos para cada equipo crítico, utilizando tanto los datos de fallas como las recomendaciones de los fabricantes para anticipar y prevenir averías. Esto fue complementado con una política de inventario estructurada para los repuestos, definida mediante un análisis ABC, con el fin de asegurar la disponibilidad de componentes esenciales y minimizar los tiempos de reparación. Adicionalmente, el proyecto introdujo un sistema estandarizado para la información documentada —incluyendo órdenes de trabajo, registros de fallas y planillas de mantenimiento—, lo cual es crucial para garantizar la trazabilidad y facilitar una toma de decisiones informada y basada en datos.

Finalmente, para asegurar el éxito a largo plazo y la sostenibilidad del sistema, se diseñó un tablero de comando con indicadores clave de desempeño (KPIs). Esta herramienta permitirá a la gerencia y al equipo de mantenimiento monitorear de forma sistemática el rendimiento, identificar desvíos y planificar mejoras, consolidando así una cultura de mejora continua fundamentada en el ciclo PHVA.

En resumen, este trabajo proporcionó un marco de acción robusto, estructurado y aplicable que no solo buscó resolver el problema inmediato de las fallas de los equipos, sino también transformar el rol del departamento de Mantenimiento. Con la implementación de estas propuestas, el hotel puede proyectar un aumento significativo en la disponibilidad y la vida útil de su maquinaria, una reducción de los costos operativos y, fundamentalmente, el sostenimiento consistente de los estándares de calidad y servicio que definen una experiencia de cinco estrellas

## 6. Bibliografía

International Organization for Standardization. (2014). *ISO 14224:2014 Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment*. ISO.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *The Balanced Scorecard: Translating strategy into action*. Harvard Business School Press.

Malhotra, M. K., Krajewski, L. J., & Ritzman, L. P. (2008). *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor*. Pearson Educación.

Montilla Montaña, J. (2019). *Mantenimiento industrial y su administración*. Editorial UTP.

Parmenter, D. (2010). *Indicadores clave de desempeño: KPIs*. Wiley.

Rey Sacristán, M. (2001). *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. Fundación Confemetal.

Summers, D. C. S. (2006). *Administración de la calidad* (Cap. 2, 9 y 10). Pearson Educación.

Waller, M. A., & Esper, T. L. (2017). *Administración de inventarios*. Pearson Educación.


## 7. Anexo

Fichas técnicas de los equipos del Lavadero:


Lavadora n° 1			
Marca y modelo	Marva L-10	Capacidad	10 Kg
Ancho	660 mm	Agua	¾"
Alto	1050 mm	Presión	2 - 3 bar
Profundidad	1480 mm	Caudal	100 l/min
Potencia motor	1.5 HP	Vapor	¾"
Desagüe	2"		




Lavadora n° 2			
Marca y modelo	Girbau LS-312	Presión	0.5 - 6 bar
Ancho	756 mm	Motor	1.1 Kw
Alto	1272 mm	Capacidad	12Kg
Profundidad	905 mm	Caudal	¾"
Altura a puerta	520 mm	Desagüe	2"
Agua	1"	Vapor	½"




Lavadora n° 3			
Marca y modelo	Girbau HS 3055	Presión	0.5 - 6 bar
Ancho	1550 mm	Vapor	¾"
Alto	1900 mm	Motor	6.4 Kw
Profundidad	1480 mm	Capacidad	50 Kg
Altura a puerta	900 mm	Caudal	100 l/ min
Agua	1"	Desagüe	3"




Lavadoras n° 4 y 5			
Marca y modelo	Unimac UW 125	Presión	0.5 - 6 bar
Ancho	1219 mm	Capacidad	50 Kg
Alto	1829 mm	Motor	7.5 Kw
Profundidad	1473 mm	Desagüe	3"
Altura a puerta	737 mm	Vapor	¾"
Conexión de agua	1"		



<b>Calandra grande</b>			
Marca y modelo	Electrolux IC64832	Sonido	73 dB
Ancho	3835 mm	Calent. Eléctrico	54 Kw
Alto	1270 mm	Calent. vapor	2 Kw
Profundidad	950 mm	Vapor	20mm
Condensado	10mm		
Desagüe	2"		

<b>Calandra chica</b>			
Marca y modelo	Girbau PBP 5119	Condensado	10 mm
Ancho	2837 mm	Sonido	< 70 dB
Alto	1630 mm	Potencia Eléctrica	39 Kw
Profundidad	1173 mm	Vapor	20 mm
Altura a puerta	737 mm		
Desagüe	2"		

<b>Secadoras</b>				
Marca y modelo	Electrolux T5675	Altura a puerta	660 mm	
Ancho	961 mm	Capacidad	38 Kg	
Alto	1857 mm	Calent. elect	32 Kw	
Profundidad	1560 mm	Sonido	74 dB	

<b>Caldera de vapor</b>				
Marca y modelo	Sadeca SDE	Prod vap sat	750 Kg/h	
Potencia	480000 Kcal/h	Sup calefacción	18.3 m2	
Presión de prueba	19.5 kg/cm2	Volumen	0.099 m3	
Presión de trabajo	13 kg/cm2	Desagüe	3"	
Categoría	3	Vapor	¾"	
temperatura máx	194 °C			