

**Estructuración de Plan de Mantenimiento para Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales (PTAR) de la Empresa Diaco S.A.**

Jerson Duván Melo Martínez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Mecánico

Directora:

Yennifer Yuliana Ríos Díaz

Doctora en Ciencias, Especialidad Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicomecánicas

Escuela de Mecánica

Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2025

Tabla de contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Objetivos	15
1.1 Objetivo General	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. Marco contextual	16
2.1 Aspectos generales de la empresa.....	16
2.1.1 Reseña histórica	16
2.1.2 Ubicación	16
2.1.3 Misión	17
2.1.4 Visión.....	17
2.1.5 Organigrama	17
3. Marco teórico	18
3.1 Antecedentes en la solución del problema.....	18
3.1.1 Antecedentes internacionales.....	18
3.1.2 Antecedentes nacionales	18
3.1.3 Antecedentes locales	19
3.2 Fundamentos teóricos	20
3.2.1 Gestión del mantenimiento	20
3.2.1.1 Mantenimiento	20

3.2.1.2	Gestion del Matenimiento Correctivo	20
3.2.1.3	Mantenimiento Correctivo no Programado	21
3.2.1.4	Mantenimiento Correctivo Programado	21
3.2.1.5	Gestión del Mantenimiento Preventivo	21
3.2.2	Análisis de Criticidad.....	22
3.2.3	Indicadores de gestión de mantenimiento.....	25
3.2.3.1	Cumplimiento de la Programación de las OT's.....	26
5.2.4	Ordenes de trabajo de mantenimiento.....	26
3.2.4	Fichas técnicas	28
4.	Metodología	30
4.1	Tipo de Investigación.....	30
4.2	Materiales.....	30
4.3	Desarrollo de objetivos	31
4.3.1	Identificar y catalogar los equipos	31
4.3.1.1	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).	32
4.3.1.2	Descripción General de la Planta (PTAR) de Diaco S.A.....	32
4.3.1.3	Trampa de grasas (GT-001)	34
4.3.1.4	Birreactor móvil MBBR	34
4.3.1.5	Sedimentador	35
4.3.2	Descripción de cada equipo	36

4.3.2.1 Bomba de Succión (CP-001)	36
4.3.2.2 Bomba de Coagulante (DP-001).....	36
4.3.3.3 Bomba de Flocculante (DP-002)	36
4.3.3.4 Bomba Neumática (PNP-001)	37
4.3.3.5 Bomba de Evacuación Final (CP-001)	37
4.3.3.6 Soplador del MBBR (B-001).....	37
4.3.3.7 Soplador de Productos Químicos.....	37
4.3.3.8 Compresor Kaeser.....	37
4.3.3.9 Filtro Prensa (FP-001).....	38
4.3.3.10 Filtro UV (UV-001).....	39
4.3.3.11 Filtro de Arena (F-001).....	40
4.3.3.12 Tanque de Lodos (TK-001)	40
4.3.3.13 Tanque de Agua Clarificada (TK-002).....	40
4.3.3.14 Tablero Eléctrico.....	40
4.3.4 Jerarquización de equipos	40
4.3.4.1 Catalogación de equipos según el flujo de tratamiento de agua	41
4.2.4.2 Catalogación de equipos	41
4.2.4.2.1 Catalogación de equipos según la taxonomía de la empresa.....	42
4.3.5 Análisis de criticidad los Equipos de la PTAR.....	44
4.3.5.1 Análisis y Representación de la Criticidad de Equipos	50

4.3.6 Desarrollar procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo	52
4.3.6.1 Fichas técnicas	52
4.3.6.2 Actividades de Mantenimiento	55
4.3.4.4 Prueba piloto de mantenimiento	57
4.3.5 Implementar un sistema de gestión de mantenimiento utilizando el software SAP	64
4.3.5.1 Ingreso de Equipos al Sistema SAP	64
4.3.5.2 Creación de ordenes de mantenimiento en SAP	69
4.3.5.3 Seguimiento de los planes de mantenimiento	75
5. Conclusiones	79
Referencias Bibliográficas	81
Apéndices	83

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Equipos principales planta de tratamiento	43
Tabla 2. Factores de frecuencia de falla.....	45
Tabla 3. Factores de costos de mantenimiento	45
Tabla 4. Factores de impacto operacional.....	46
Tabla 5. Factores de impacto a la flexibilidad operacional	46
Tabla 6. Factores de impacto a la seguridad y medio ambiente	47
Tabla 7. Factores de impacto a la calidad	48
Tabla 8. Formato de evaluación de criticidad equipos principales de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas.....	49
Tabla 9. Valor de consecuencia para cada equipo de la PTAR.	50

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la Empresa.	17
Figura 2. Matriz de Criticidad.....	23
Figura 3. Ciclo de Gestión de una Orden de Trabajo	28
Figura 4. Plano sistema de tratamiento de aguas residuales	33
Figura 5. Trampa de Grasas (Gt-001).....	34
Figura 6. Birreactor de Lecho Móvil MBBR-001	35
Figura 7. Sedimentador Secundario.....	35
Figura 8. Unidad Compresión de Aire	38
Figura 9. Filtro Prensa de Placas.....	38
Figura 10. Unidad Ultravioleta	39
Figura 11. Taxonomía Según la Norma ISO 14224	41
Figura 12. Matriz de criticidad.....	51
Figura 13. Formato de ficha técnica utilizado en Diaco S.A.	53
Figura 14. Actividades de mantenimiento compresor KAESER.....	56
Figura 15. Formato de creación de actividades de mantenimiento.....	57
Figura 16. Orden de mantenimiento preventiva	58
Figura 17. Inspección de componentes de compresor	59
Figura 18. Mirilla de nivel de aceite compresor	60
Figura 19. Ajuste de tornillería componentes compresor	61
Figura 20. Sistema de transmisión por correas	62

Figura 21. Filtro de succión de aire	62
Figura 22. Control Sigma horas de trabajo de compresor	63
Figura 23. Pantalla de inicio SAP-PM -Crear Ubicación Técnica.....	65
Figura 24. Creación de ubicación técnica sistema SAP.....	66
Figura 25. Creación de ubicación técnica dentro del sistema SAP.....	67
Figura 26. Ubicación estructurada para equipo y componente dentro de SAP.	68
Figura 27. Crear plan de mantenimiento.....	70
Figura 28. Configuración de Estrategia de Programación - Basada en Calendario.....	71
Figura 29. Ingreso de Datos del Mantenimiento para el Compresor Kaeser	72
Figura 30. Selección del Equipo en SAP	72
Figura 31. Creación de actividades de mantenimiento con frecuencia.....	73
Figura 32. Puesta en Marcha del Plan de Mantenimiento en SAP	74
Figura 33. Seguimiento de actividades de mantenimiento	76
Figura 34. Tratamiento de ordenes	77
Figura 35. Verificación de Cierre Técnico del Compresor Kaeser en SAP.....	78
Figura 36. Ficha Técnica Compresor KAESER	83
Figura 37. Ficha Técnica de Compresor Agitador	84
Figura 38. Ficha Técnica Soplador MBBR.....	85
Figura 39. Ficha Técnica Unidad Ultravioleta.....	86
Figura 40. Ficha Técnica Bomba Dosificación Coagulante	87
Figura 41. Ficha Técnica Dosificación Floculante	88
Figura 42. Ficha Técnica Dosificación Cal.....	89
Figura 43. Ficha Técnica Bomba Neumática.....	90

Figura 44. Ficha Técnica Bomba Envió Final	91
Figura 45. Mantenimiento Tablero Eléctrico.....	93
Figura 46. Mantenimiento Tablero Eléctrico Termografías.	94
Figura 47. Mantenimiento Compresor Kaeser - Cambio de Filtros.....	95
Figura 48. Mantenimiento Soplador Productos Químicos.....	96
Figura 49. Mantenimiento Bombas de suministro de Productos Químicos.....	96
Figura 50. Formato de actividades de mantenimiento Eléctricas	97
Figura 51. Formato de actividades de mantenimiento Mecánicas	98

Lista de Apéndices

Apéndices A. Fichas técnicas	83
Apéndice B. Actividades de Mantenimiento Realizadas.....	92
Apéndice C. Formato Actividades de Mantenimiento.....	97

Resumen

Título: Estructuración de Plan de Mantenimiento Preventivo para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la Empresa Diaco S.A.

Autor: Jerson Duván Melo Martínez.

Palabras Clave: Mantenimiento, Preventivo, Gestión, Criticidad, Indicadores.

El presente proyecto de grado aborda la estructuración de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos más críticos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la empresa Diaco S.A., ubicada en Tuta, Boyacá. La importancia de este proyecto radica en garantizar el cumplimiento de la política de cero vertimientos mediante el uso eficiente y confiable de los recursos hídricos en los procesos industriales. Actualmente, la planta carece de una gestión de mantenimiento estructurada que permita la prevención de fallas, lo cual genera paradas no programadas y disminuye la eficiencia operativa de los equipos.

El objetivo principal fue desarrollar un plan de mantenimiento fundamentado en la criticidad y la confiabilidad de los equipos, utilizando un enfoque basado en normas internacionales y experiencia técnica. Para ello, se realizó un análisis de criticidad semi cuantitativo de los equipos, identificando los más relevantes para el proceso, como bombas de captación, tableros eléctricos y compresores. Se diseñaron rutinas de inspección, cronogramas de mantenimiento e implementaron formatos digitales para el registro y análisis de las intervenciones realizadas.

Durante la evaluación, se analizaron indicadores clave como el índice de atendimento a la programación del mantenimiento, lo que permitió identificar mejoras tanto en el plan preventivo como en las actividades realizadas en los equipos. Los resultados preliminares muestran un aumento en la confiabilidad operativa, la optimización del tiempo de intervención y una reducción de costos asociados a fallas no planificadas.

Se recomienda continuar con la implementación de herramientas de gestión tecnológica y explorar metodologías avanzadas de mantenimiento predictivo para maximizar el desempeño de los activos.

*Trabajo de Grado

**Facultad de Ingeniería Físicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica Directora: Yennifer Yuliana Ríos Díaz Doctora en Ciencias, Especialidad Ingeniería Eléctrica.

Abstract

Title: Structuring a Preventive Maintenance Plan for the Wastewater Treatment Plant (PTAR) of Diaco S.A.

Author: Jerson Duvan Melo Martínez.

Key words: Maintenance, Preventive, Management, Criticality, Indicators.

This graduation project focuses on structuring a preventive maintenance plan for the most critical equipment of the Wastewater Treatment Plant (PTAR) of Diaco S.A., located in Tuta, Boyacá. The significance of this project lies in ensuring compliance with the zero-discharge policy by promoting efficient and reliable use of water resources in industrial processes. Currently, the plant lacks a structured maintenance management system capable of preventing failures, leading to unplanned shutdowns and reduced operational efficiency of the equipment.

The main objective was to develop a maintenance plan based on equipment criticality and reliability, using an approach grounded in international standards and technical expertise. A semi-quantitative criticality analysis was conducted to identify the most essential equipment for the process, such as intake pumps, electrical panels, and compressors. Inspection routines, maintenance schedules, and digital formats for recording and analyzing interventions were designed and implemented.

During the evaluation phase, key indicators, such as the maintenance schedule adherence index, were analyzed, enabling the identification of improvements in the preventive plan and equipment-related activities. Preliminary results show increased operational reliability, optimized intervention time, and reduced costs associated with unplanned failures.

It is recommended to continue implementing technological management tools and exploring advanced predictive maintenance methodologies to maximize asset performance.

*Bachelor Thesis

**Facultad of Physicomechanicalh Engineering, School of Mechanical Engineering. Director: Yennifer Yuliana Ríos Díaz, Ph.D. in Science, Specialty in Electrical Engineering.

Introducción

En la actualidad, el mantenimiento desempeña un papel fundamental en la garantía de la continuidad operativa, la seguridad y la eficiencia en las operaciones industriales. Además, asegura el correcto funcionamiento de los equipos en los procesos productivos, alineándose con normativas ambientales que promueven prácticas sostenibles para minimizar el impacto ambiental y favorecer la sostenibilidad de las actividades productivas Soto et al.(2019).

En una empresa como Diaco S.A., que utiliza recursos naturales que a su vez son insumos energéticos como agua, oxígeno, gas natural, y aire comprimido en sus procesos, es fundamental garantizar la disponibilidad continua de cada uno de estos recursos. La falta de disponibilidad de alguno de estos insumos puede provocar paradas no planificadas, lo que conlleva a un aumento relevante de los costos operativos y posibles impactos en la producción, además de afectar la política de cero vertimientos adoptada por la empresa.

Actualmente, en Diaco S.A. se captan al mes 32,000 metros cúbicos de agua del río Chicamocha. Esta agua es utilizada en diversos procesos industriales, como el enfriamiento de equipos y las torres de enfriamiento. Una parte del agua es enviada a la atmósfera mediante evaporación durante los distintos procesos, mientras que otra parte se destina al consumo interno y otros procesos que se realizan en la planta.

La necesidad de implementar planes de mantenimiento que permitan la disponibilidad de los equipos, además de contribuir con el uso adecuado del agua hace que surja la pregunta ¿Cómo puede la estructuración de un plan de mantenimiento mejorar la eficiencia operativa y garantizar

el buen manejo de los equipos en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Diaco S.A.?

La siguiente investigación se enfocará en la mejora del plan de mantenimiento actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Diaco S. A ubicada en Tuta-Boyacá. Actualmente este mantenimiento es netamente correctivo y la PTAR se ha visto afectada por paradas no programadas debido a daños recurrentes en sus equipos. Este trabajo permitirá mostrar mejoras a largo plazo en la operación de la PTAR lo que puede contribuir en los siguientes aspectos:

En cuanto al aporte ambiental, el buen funcionamiento de la PTAR puede evitar la generación de vertimientos, debido a que la empresa Diaco S.A. opta por no generar vertimientos a cuerpos de agua, y en su lugar, el agua tratada es recirculada al proceso, por lo que, un agua no tratada o tratada inadecuadamente no podría ser recirculada.

En cuanto al proceso productivo, la disponibilidad de la PTAR evita que el agua recirculada provoque daños en equipos, los cuales pueden llegar a materializar problemas de corrosión, incrustaciones o acumulación de minerales, abrasión y desgaste mecánico en los componentes por la presencia de partículas sólidas, fallas en sistemas de enfriamiento debido a obstrucción, entre otros.

Respecto al aspecto económico, tener un plan de mantenimiento preventivo disminuye los costos asociados al mantenimiento correctivo de los equipos, además de evitar daños en componentes y maquinas que puedan llegar a generar costos mayores.

Este proyecto beneficiará a la empresa debido a la continuidad operativa de los equipos, además de ir de la mano con su política de cero vertimientos y aprovechamiento correcto de los

recursos, del mismo modo, servirá de guía para la planificación de tareas preventivas para diversos procesos que se implementan en Diaco S.A.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Estructurar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Diaco S.A.

1.2 Objetivos Específicos

Identificar y catalogar los equipos y sistemas críticos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Diaco S.A.

- Catalogar los equipos de la PTAR conforme a la norma **ISO 14224:2016** para asegurar una correcta clasificación y gestión de los datos de cada equipo.
- Realizar un análisis de criticidad de los equipos de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante el modelo **semicuantitativo** basado en experiencia de expertos.

Diseñar procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo específicos para los equipos de la PTAR.

Implementar un sistema de gestión de mantenimiento utilizando el software SAP que permita la creación y seguimiento de órdenes para los equipos de la PTAR,

2. Marco contextual

2.1 Aspectos generales de la empresa

2.1.1 Reseña histórica

Según Alarcón et al. (2005), la trayectoria de la compañía en Colombia se inicia en 1961, cuando la empresa azucarera Mayagüez, perteneciente a la familia Holguín, adquiere acciones en la Siderúrgica del Pacífico S.A. Posteriormente, en 1972, se establece formalmente Diaco como una comercializadora dentro del entonces conocido Grupo Siderúrgico Mayagüez. En esta etapa inicial, sus actividades se centraban exclusivamente en la laminación de palanquilla. Sin embargo, con el cambio de siglo y la caída del mercado de aceros, la empresa fue adquirida en 2005 por el grupo siderúrgico brasileño Gerdau, marcando un hito en su evolución.

Tras la compra, Gerdau modernizó y expandió las operaciones de Diaco, estableciendo su centro administrativo en Bogotá y gestionando plantas de acopio dedicadas al reciclaje de chatarra, incluyendo vehículos en desuso y armas incautadas o inservibles en colaboración con las Fuerzas Militares. Desde 2018, Gerdau Diaco ha fundido cerca de 200,000 armas, reutilizando el acero en proyectos de vivienda de interés social en línea con su compromiso social y ambiental. Con siete plantas en Colombia, la empresa sigue siendo un referente en el reciclaje y producción de acero en la región.

2.1.2 Ubicación

Diaco S.A. es líder en el segmento de aceros largos en el continente y se destaca como una de las principales proveedoras de aceros largos especiales a nivel mundial. En Colombia, cuenta con plantas productivas estratégicamente ubicadas en Muña, Yumbo, Tocancipá y Tuta. Además, dispone de plantas de servicio al constructor en varias ciudades del país, incluidas Cota, Cartagena,

Santa Marta, Barranquilla, Bucaramanga, Pereira, Medellín, Duitama, Ibagué, Manizales, Neiva, Montería, Villavicencio, Pasto y nuevamente en Yumbo y Tocancipá..

2.1.3 Misión

La empresa tiene como misión generar valor a los clientes, accionistas, colaboradores y a la sociedad, y a su vez actuando en la industria del acero en forma sostenible.

2.1.4 Visión

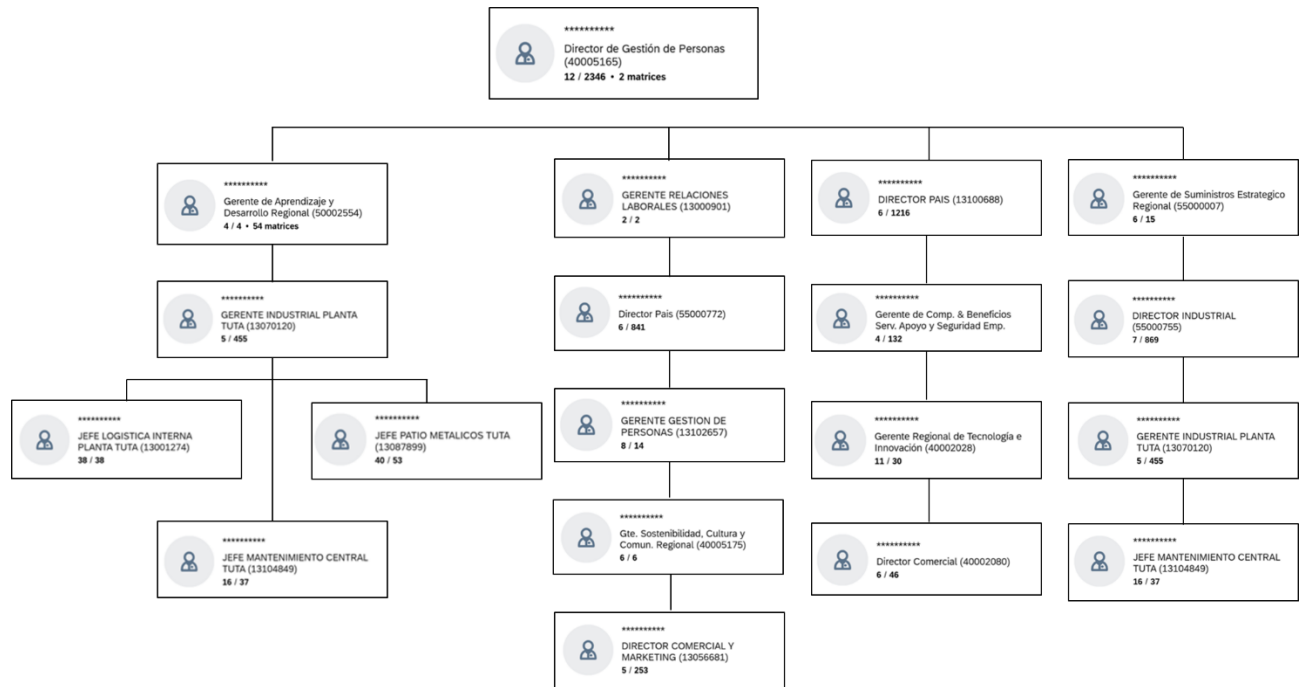
La visión de la empresa es ser global y referente en los negocios en los que actúa.

2.1.5 Organigrama

La estructura jerárquica de la empresa y de sus empleados tiene la siguiente forma .

Figura 1

Organigrama de la Empresa.



Nota. Esta información es tomada de la empresa Diaco S.A.

3. Marco teórico

3.1 Antecedentes en la solución del problema

3.1.1 Antecedentes internacionales

García (2023) estableció parámetros clave para definir acciones de mantenimiento enfocadas en minimizar los paros no programados, optimizando la limitada disponibilidad de activos y reduciendo así el impacto económico en la empresa. Además, su trabajo incluyó el diseño de estrategias para priorizar actividades de mantenimiento crítico, maximizando la eficiencia operativa y asegurando un adecuado equilibrio entre costos y desempeño.

Estos aportes son de gran utilidad para este proyecto, ya que proporcionan un enfoque práctico para la planificación y priorización de las actividades de mantenimiento en la planta de tratamiento de aguas residuales. La optimización de recursos y la reducción de paros no programados son aspectos esenciales para garantizar la confiabilidad de los equipos críticos, cumpliendo con la política de cero vertimientos y asegurando la continuidad de los procesos operativos.

3.1.2 Antecedentes nacionales

Contreras (2022) llevó a cabo un análisis detallado del estado actual de la maquinaria de una planta industrial, con el objetivo de estructurar un plan de mantenimiento preventivo. Este estudio incorporó una evaluación de los equipos críticos y propuso estrategias destinadas a minimizar paradas no programadas y reducir los mantenimientos correctivos. Los resultados obtenidos evidenciaron que la implementación de un plan preventivo mejora la confiabilidad operativa y optimiza los recursos disponibles. Estos enfoques metodológicos resultan aplicables al

presente proyecto, ya que proporcionan lineamientos clave para garantizar la continuidad de los procesos en la planta de tratamiento de aguas residuales, considerando sus particularidades operativas y su política de cero vertimientos.

Marín (2024) desarrolló un plan de mantenimiento integral para una planta de embotellado, con el propósito de implementar estrategias preventivas y de lubricación en la línea de producción. Este trabajo utilizó metodologías de mantenimiento total productivo para optimizar la eficiencia operativa y garantizar la continuidad de los procesos productivos. Los enfoques empleados destacan la importancia de la lubricación en los componentes clave para reducir el desgaste y prolongar la vida útil de los equipos. Estos aspectos son aplicables al presente proyecto, ya que permiten mejorar el desempeño de los equipos en la planta de tratamiento de aguas residuales, asegurando su funcionamiento eficiente bajo condiciones exigentes.

3.1.3 Antecedentes locales

Bernal Caro (2021), en su análisis sobre la optimización del plan de mantenimiento preventivo de la Empresa de Fosfatos de Boyacá S.A. para la PTAR, desarrolló una fase de mejora continua basada en la aplicación de técnicas de mantenimiento predictivo y preventivo. El enfoque principal fue aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los procesos de la planta (p. 10). Entre las acciones realizadas, se destacan la creación y actualización de formatos de hojas de vida de los equipos, junto con la organización de las fichas técnicas en los archivos internos de la empresa. Además, se implementaron sistemas de medición orientados a la detección temprana de fallos en las máquinas y se analizaron indicadores clave para fomentar la mejora continua y garantizar un monitoreo eficiente del estado de los equipos.

Garzón y Espejo (2023) realizaron un análisis de criticidad en el proceso de deshidratación de lodos en un sistema de tratamiento de aguas residuales como parte de la estructuración de un

plan de mantenimiento. Este análisis permitió implementar estrategias basadas en la criticidad de los equipos y evaluar el desempeño del mantenimiento mediante indicadores de disponibilidad, mantenibilidad y fiabilidad. Además, desarrollaron formatos específicos para el seguimiento continuo de los equipos, garantizando un adecuado funcionamiento. El enfoque en la criticidad desarrollado en este trabajo es de gran utilidad para este proyecto, ya que permite identificar y priorizar los equipos más relevantes en la planta de tratamiento de aguas residuales, facilitando la implementación de un plan de mantenimiento enfocado en la optimización de recursos y en la mejora de la confiabilidad del sistema.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Gestión del mantenimiento

3.2.1.1 Mantenimiento

Rondón (2021), da una definición acerca del mantenimiento como una serie de acciones que deben realizar las personas encargadas de este departamento o área, con la finalidad de que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucrados dentro de un proceso industrial estén en las condiciones requeridas de funcionamiento para lo que fue diseñado, construido, instalado y puesto en operación (pág. 21).

3.2.1.2 Gestión del Mantenimiento Correctivo

El enfoque comúnmente utilizado en Sudamérica, también conocido como reactivo, se centra en la reparación de máquinas o equipos únicamente cuando presentan fallas o averías. Este método incluye dos variantes principales: el correctivo no programado, que se realiza de forma inmediata tras la falla, y el correctivo programado, que se planifica con antelación para minimizar interrupciones operativas y optimizar recursos.

3.2.1.3 Mantenimiento Correctivo no Programado

Cuando un equipo presenta una falla inesperada, se procede a realizar acciones correctivas que implican la reparación o sustitución del componente averiado para restablecer su funcionamiento. Este tipo de intervención, conocida como correctivo no programado, busca minimizar el tiempo de inactividad del sistema y reducir el impacto negativo en la operación. Sin embargo, debido a su naturaleza reactiva, suele implicar mayores costos asociados a repuestos, mano de obra en emergencia y posibles pérdidas de producción. Por esta razón, es fundamental combinar este enfoque con estrategias preventivas que permitan anticipar y evitar fallas, garantizando así una mayor confiabilidad en los equipos.

3.2.1.4 Mantenimiento Correctivo Programado

Se llevan a cabo los reemplazos necesarios de repuestos cuando se identifica que algún componente de la máquina está próximo a fallar. Esto ocurre al detectar daños incipientes en el equipo, los cuales pueden ser identificados mediante inspecciones realizadas por los operarios. Estas inspecciones permiten anticipar posibles fallas, asegurando una intervención oportuna que minimice el impacto en la operación y evite mayores daños en el sistema. Este enfoque, además, contribuye a optimizar la vida útil de los equipos y a reducir los costos asociados a reparaciones más complejas.

3.2.1.5 Gestión del Mantenimiento Preventivo

La gestión del mantenimiento preventivo se refiere a la planificación y ejecución de actividades de mantenimiento para evitar las fallas en equipos antes de que ocurran. Se caracteriza por ser un mantenimiento proactivo y por la intervención periódica y programada de los equipos.

El mantenimiento preventivo implica desarrollar e implementar un plan integral, esto incluye criterios de inspección, crear listas de verificación, establecer intervalos y asignar tareas y

responsabilidades a los técnicos, este tipo de mantenimiento va de la mano con departamentos de producción y operaciones.

Para implementar un plan de mantenimiento preventivo se deben tener en cuenta los siguientes aspectos, identificación de los equipos, planificación del mantenimiento, programación y asignación de tareas, limpieza y calibración, reemplazo de componentes, documentación y registro, formación y capacitación y mejora continua.

3.2.2 Análisis de Criticidad

De acuerdo con Mendoza (s.f.), el análisis de criticidad es una herramienta metodológica diseñada para priorizar procesos, sistemas y equipos, lo cual permite tomar decisiones más efectivas. Este enfoque se orienta a dirigir los recursos y esfuerzos hacia los elementos de mayor importancia para optimizar la confiabilidad operacional. Esta confiabilidad está influida por cuatro factores principales: confiabilidad humana, del proceso, del diseño y del mantenimiento. Sin embargo, las limitaciones de recursos económicos y humanos hacen que no siempre sea posible abordar todos estos aspectos de manera simultánea. El análisis de criticidad responde a interrogantes como cuáles son los equipos o sistemas más críticos y qué criterios deben emplearse para su evaluación. A partir de esto, se genera una clasificación jerarquizada en niveles de criticidad alta, media y baja, basada en factores como seguridad, impacto ambiental, costos operativos, frecuencia de fallas y tiempos de reparación. Este listado ponderado se convierte en una base sólida para la elaboración de estrategias dirigidas a mejorar la confiabilidad de los elementos más relevantes dentro de la organización.

Entre los modelos utilizados para realizar análisis de criticidad destaca el enfoque semicuantitativo, que se apoya en la experiencia y opinión de expertos. Este modelo permite asignar valores numéricos a distintos factores de evaluación, como la seguridad, el impacto

ambiental, los costos operativos, la frecuencia de fallas y los tiempos de reparación. Dichos valores se integran en una fórmula ponderada que calcula un índice de criticidad para cada sistema, equipo o proceso analizado. Este índice facilita la priorización y jerarquización de los elementos críticos, optimizando el uso de recursos y enfocándolos en las áreas clave que aseguren la confiabilidad de la operación.

Por su parte, Gutiérrez, Agüero e Ivanaska (2019) indican que el análisis de criticidad utiliza rangos relativos para evaluar tanto las probabilidades como las frecuencias de ocurrencia de eventos y sus posibles consecuencias. Estos parámetros se organizan en una matriz que emplea un código de colores para representar de manera visual la intensidad del riesgo, desde niveles bajos hasta los más altos. Una representación gráfica de este tipo de matriz se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Matriz de Criticidad

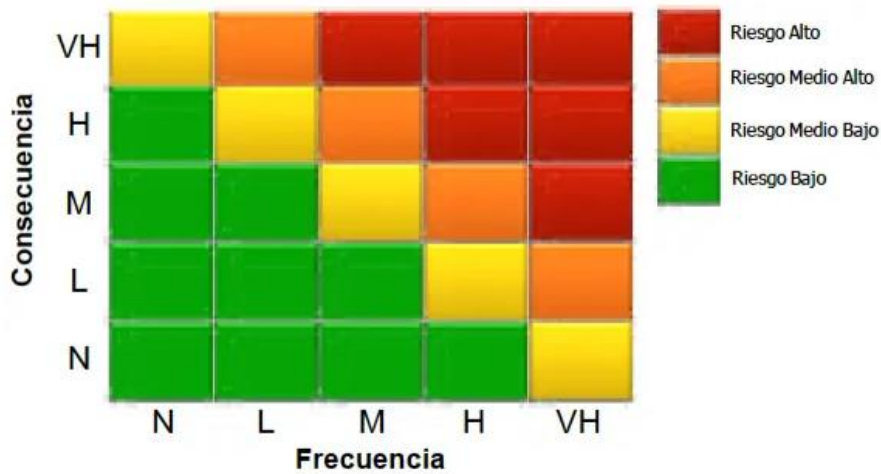


Figura 1. Matriz de Criticidad

Nota. Matriz de criticidad relación consecuencia y frecuencia. Adoptado de *Análisis de Criticidad* [Figura], por Gutiérrez, Agüero, & Ivanaska, 2019.

El modelo semicuantitativo es ampliamente utilizado en el análisis de criticidad, ya que combina criterios cualitativos y cuantitativos para proporcionar una evaluación más precisa y objetiva del riesgo asociado a los equipos, sistemas o procesos dentro de una planta. Este enfoque permite que las opiniones de expertos, respaldadas por datos específicos, se traduzcan en valores ponderados que facilitan la priorización de elementos críticos. Su principal ventaja radica en su flexibilidad, ya que puede adaptarse a distintos entornos industriales y necesidades específicas.

La criticidad, dentro de este modelo, se define como el producto entre la frecuencia de fallas y la consecuencia, representada matemáticamente como:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de Fallas} \times \text{Consecuencia}$$

En este contexto, la frecuencia mide la probabilidad de ocurrencia de fallas en un período determinado, mientras que la consecuencia se calcula como la suma de diversos factores que reflejan el impacto global de dichas fallas. La fórmula de la consecuencia puede expresarse como:

$$\text{Consecuencia} = (\text{IO} \times \text{FO}) + \text{CM} + \text{SHA} + \text{IC}$$

Cada uno de estos criterios tiene un significado particular que permite evaluar el nivel de criticidad:

- Frecuencia de Fallas (FF): Indica la confiabilidad del equipo o sistema, al reflejar cuántas veces ocurre una falla en un período determinado.
- Impacto Operacional (IO): Representa las pérdidas de eficiencia en el proceso productivo ocasionadas por fallas, expresadas como un porcentaje de la capacidad o rendimiento del sistema afectado. Este criterio mide directamente cómo las fallas afectan los objetivos de producción.

- Flexibilidad Operacional (FO): Evalúa la capacidad del sistema para adaptarse o continuar operando ante fallas o interrupciones. Se considera si existen unidades de respaldo que puedan asumir las funciones del equipo en falla, así como los tiempos mínimos necesarios para la reparación e instalación.
- Costo de Mantenimiento (CM): Incluye todos los gastos relacionados con el mantenimiento correctivo y preventivo, como mano de obra, materiales y tiempos de inactividad.
- Impacto a la Seguridad, Higiene y Medio Ambiente (SHA): Considera los riesgos potenciales para la seguridad de las personas y el medio ambiente en caso de fallas.
- Impacto a la calidad (IC): Mide las repercusiones de una falla sobre la calidad del producto o servicio, afectando estándares y especificaciones.

Este enfoque proporciona una visión integral que permite clasificar los equipos y sistemas según su nivel de criticidad, lo que facilita la asignación de recursos y la definición de estrategias específicas para mitigar riesgos y optimizar la confiabilidad operativa.

3.2.3 Indicadores de gestión de mantenimiento

Según Rondón (2021) de acuerdo con las características propias de cada industria, como el sector económico, complejidad de los procesos, instalaciones físicas y tipos de equipos o máquinas, estas desarrollan indicadores de gestión específicos. El propósito de estos indicadores es evaluar el grado de desviación respecto a las metas establecidas y, con base en ello, realizar ajustes que permitan alcanzar los objetivos propuestos. Uno de los objetivos de estos indicadores es identificar las oportunidades de mejora continua respecto a las metas de cada organización, así como los aspectos positivos que se deben mantener en el tiempo.

Existen indicadores ampliamente reconocidos que pueden ser utilizados como referencia para alcanzar los objetivos organizacionales, independientemente del tipo de procesos productivos que se gestionen. Estos indicadores permiten medir y evaluar el desempeño de los equipos y sistemas, facilitando la toma de decisiones informadas y oportunas. Algunos de estos indicadores clave incluyen el cumplimiento de la programación de las órdenes de trabajo (OT), la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos, entre otros.

3.2.3.1 Cumplimiento de la Programación de las OT's.

Este indicador evalúa qué porcentaje de las órdenes de trabajo planificadas se completaron en el periodo establecido, permitiendo medir la eficiencia en la ejecución del plan de mantenimiento.

Fórmula:

$$\text{Cumplimiento Programación OT's} = \frac{\text{OT de Trabajo cerradas en el ciclo}}{\text{OT programadas en el ciclo}} \times 100$$

Un alto porcentaje indica que la planificación está alineada con la capacidad de ejecución, mientras que valores bajos reflejan problemas en la programación o ejecución de las tareas.

5.2.4 Ordenes de trabajo de mantenimiento

Según Vedan (2025), las órdenes de trabajo son herramientas esenciales para las compañías, ya que permiten ahorrar tiempo y dinero al formalizar las operaciones relacionadas con mantenimiento y actividades operativas. Estas órdenes, independientemente del sector en el que se apliquen, se diseñan con el objetivo de estandarizar y detallar los procedimientos necesarios para llevar a cabo las tareas de manera eficiente. Además, representan un recurso valioso para la

planificación y ejecución organizada de las labores de mantenimiento, asegurando que los trabajos se realicen bajo parámetros claros y definidos.

Entre los elementos principales que deben incluirse en una orden de trabajo se encuentran:

- Fecha de emisión.
- Número de orden.
- Datos de contacto del cliente, como el nombre y la ubicación del equipo.
- Tipo de intervención, ya sea correctiva, preventiva, de inspección, entre otras.
- Descripción detallada de las actividades y procedimientos a realizar.
- Costos asociados al inventario y a la mano de obra.
- Fecha de inicio y de entrega estimada.
- Observaciones relevantes.
- Asignación de un responsable para la ejecución de las tareas.

En la siguiente Figura 3, se ilustra el ciclo completo de una orden de trabajo, desde su solicitud inicial hasta su cierre final.

Figura 3*Ciclo de Gestión de una Orden de Trabajo*

Nota. Flujo de trabajo de orden de mantenimiento. *Adoptado de Orden de trabajo en mantenimiento,[Figura]:Importancia y seguimiento, por Vedan, 2025.*

3.2.4 Fichas técnicas

Las fichas técnicas son documentos esenciales en la gestión del mantenimiento, ya que recopilan información detallada sobre las máquinas o equipos, facilitando su revisión y el registro de hallazgos, resultados y novedades. Estas herramientas no solo permiten un seguimiento efectivo de las condiciones de los equipos, sino que también optimizan la planificación y ejecución de las actividades de mantenimiento. Entre los elementos más importantes que incluye una ficha técnica se encuentran:

- Datos generales del equipo: como el nombre, código de identificación, marca, modelo, número de serie y ubicación.

- Características técnicas: especificaciones como potencia, capacidad, dimensiones, peso, entre otros parámetros relevantes.
- Historial de mantenimiento: registros de intervenciones realizadas, incluyendo actividades preventivas, correctivas e inspecciones.
- Condiciones de operación: indicaciones sobre el uso adecuado del equipo, límites operativos y requerimientos ambientales.
- Observaciones: espacio para anotar hallazgos, recomendaciones y novedades detectadas durante las inspecciones o mantenimientos.

4. Metodología

4.1 Tipo de Investigación

La presente investigación se desarrolla con un enfoque mixto, integrando tanto el análisis cuantitativo como cualitativo. En la parte cuantitativa, se llevará a cabo un inventario detallado de los equipos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), evaluando su estado actual, tiempos de servicio, paradas operativas y otros indicadores clave para medir su rendimiento. De manera complementaria, el enfoque cualitativo permitirá recopilar información mediante entrevistas y observaciones con el personal, con el objetivo de comprender sus percepciones sobre el desempeño de los equipos y los procedimientos técnicos, lo que contribuirá a una mejora integral del plan propuesto.

4.2 Materiales

Los materiales que se utilizarán para la estructuración de plan de mantenimiento de la PTAR de la empresa Diaco S. A son los siguientes:

- Software para la gestión de procesos SAP.
- Asesoría del ingeniero encargado del proyecto.
- Asesoría del director de proyecto.
- Inventario de equipos e instrumentos de la PTAR.
- Historial de mantenimientos y manuales de los fabricantes de equipos.
- Equipo de cómputo.
- Licencia del software para la gestión de procesos SAP.

4.3 Desarrollo de objetivos

4.3.1 Identificar y catalogar los equipos

Para evaluar los objetivos planteados, el primer paso consiste en catalogar e identificar los equipos críticos del sistema de tratamiento de aguas residuales, así como sus principales fallas y condiciones actuales de operación. Este proceso se llevó a cabo mediante una auditoría realizada en colaboración con los encargados de la planta de tratamiento.

Información que se anexará la cual será de gran importancia con el fin de saber el estado actual de la planta de tratamiento.

Gestión actual del mantenimiento

- Realizar inspecciones para identificar equipos y sistemas críticos de la PTAR.
- Revisar documentación técnica de equipos mediante bancos de información suministrados por Diaco S.A.
- Catalogar los equipos identificados mediante la norma **ISO 14224-2016** para recolección e intercambio de datos.
- Se llevará a cabo una evaluación colaborativa que incluye la participación de expertos de diferentes áreas clave dentro de la PTAR, como operadores, técnicos de mantenimiento, y supervisores con conocimiento técnico de los equipos y su impacto en los procesos.
- Determinar la criticidad de cada equipo en la PTAR, proporcionando un valor aproximado de criticidad que permita priorizar las tareas de mantenimiento.
- Elaborar análisis de criticidad de equipos de la PTAR e interpretación de los resultados.

Para la elaboración de las actividades se lleva a cabo el levantamiento de información del sistema de tratamiento de aguas residuales, describiendo detalladamente el proceso, los equipos que lo conforman y la función específica de cada uno dentro del sistema. Esta actividad se realiza durante la primera fase del proyecto, con el objetivo de obtener una comprensión integral del funcionamiento del sistema y su interacción con los procesos industriales, lo que permitirá identificar áreas clave para la estructuración del plan de mantenimiento.

Mediante las inspecciones técnicas en sitio se levantó información del proceso de tratamiento de agua desde su captación hasta su recolección en tanque de agua clarificada, por medio de manuales se conocieron aspectos importantes de tratamiento además de los equipos principales que conforman la planta de tratamiento el proceso de tratamiento se elaboró y se muestra a continuación:

4.3.1.1 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

Una planta de tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos; en su forma más sencilla el tratamiento consiste en evacuar sólidos, reducir la materia orgánica y los contaminantes, así como restaurar la presencia de oxígeno la cual es importante para favorecer la actividad biológica de microorganismos. La reducción de materia orgánica es llevada a cabo mediante bacterias y microorganismos los cuales consumen la carga orgánica. (Troconis, 2010, p.1).

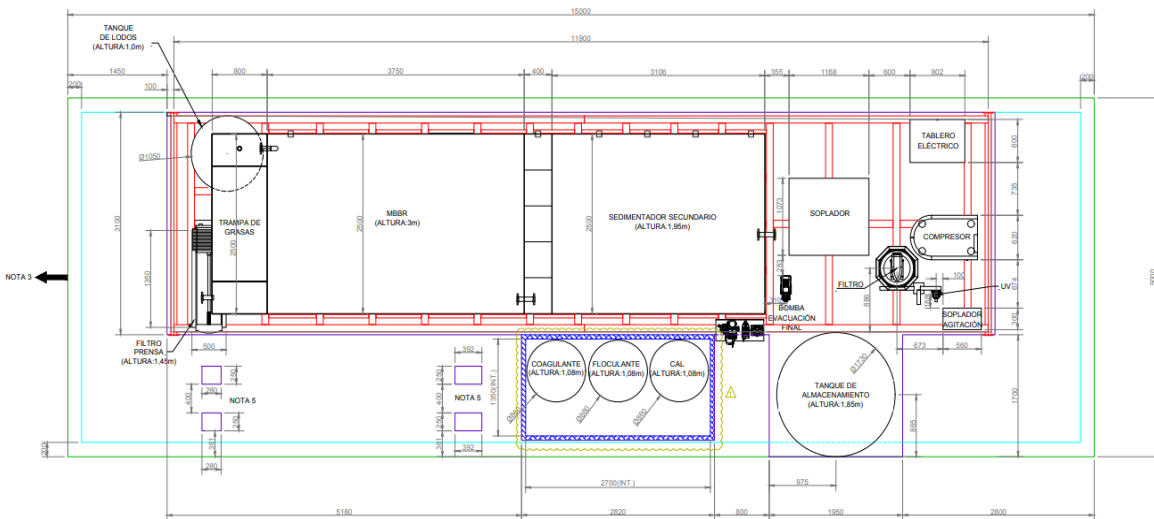
4.3.1.2 Descripción General de la Planta (PTAR) de Diaco S.A.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas de Diaco, está diseñada para tratar un caudal de 4 m³/h durante 24 horas al día. Esta planta opera mediante un proceso que incluye diversas etapas: inicialmente el agua pasa por una trampa de grasas (GT-001), donde se separan grasas no emulsificadas y sólidos sedimentables. Posteriormente, el flujo es conducido por

gravidad hacia un biorreactor de lecho móvil (MBBR-001), en el que microorganismos adheridos a soportes plásticos degradan la materia orgánica con la ayuda de aire suministrado por un soplador. El agua tratada continúa hacia un sedimentador secundario (SC-001) para separar biomasa, y luego pasar al tanque de agua clarificada (TK-002), desde donde es enviada a un filtro de clinoptilolita (F-001) y a una unidad ultravioleta (UV-001) para su desinfección. El agua final puede ser reutilizada en riego, en el proceso o utilizada en las torres de enfriamiento. Además, el sistema cuenta con un proceso de deshidratación de lodos que incluye un tanque de lodos (TK-001) y un filtro prensa (FP-001), asegurando una disposición adecuada del lodo generado.

Figura 4

Plano sistema de tratamiento de aguas residuales



Nota. La figura representa el plano de los equipos que se encuentran dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales de Diaco S.A Tomado de *Diaco Plot sistema de tratamiento de aguas residuales*, 2019.

4.3.1.3 Trampa de grasas (GT-001)

En la trampa de grasa se dan las condiciones hidráulicas para que la grasa no emulsifica flote. La flotación ocurre por la diferencia de densidad entre la grasa y el agua: siendo la densidad de la grasa menor que la del agua, y dado que la grasa no es soluble en el agua, tiende a flotar de manera natural.

Figura 5

Trampa de Grasas (Gt-001)



4.3.1.4 Birreactor móvil MBBR

El MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) por sus siglas en Ingles es un sistema biológico aerobio de lecho dinámico en el que los microorganismos encargados de la remoción de la materia orgánica, se encuentran adheridos a unos soportes plásticos que se mantienen fluidizados con la ayuda del aire que provee el oxígeno para la biomasa.

Figura 6

Birreactor de Lecho Móvil MBBR-001

**4.3.1.5 Sedimentador**

En este equipo se separan las partículas sólidas suspendidas en el agua mediante la acción de la gravedad.

Figura 7

Sedimentador Secundario



4.3.2 Descripción de cada equipo

4.3.2.1 Bomba de Succión (CP-001)

Transporta el agua clarificada desde el tanque de almacenamiento (TK-002) hacia el filtro (F-001). Garantiza un flujo constante y adecuado para mantener la eficiencia en la filtración de sólidos suspendidos.

4.3.2.2 Bomba de Coagulante (DP-001)

Dosifica coagulante químico en el flujo de agua antes de llegar al sedimentador secundario (SC-001). Esto promueve la formación de partículas más grandes que facilitan la separación de sólidos suspendidos.

4.3.3.3 Bomba de Floculante (DP-002)

Introduce floculante químico para reforzar la cohesión de los flóculos formados, optimizando la sedimentación en el sedimentador secundario y mejorando la claridad del agua.

4.3.3.4 Bomba Neumática (PNP-001)

Encargada de transportar el lodo acumulado en el tanque de lodos (TK-001) hacia el filtro prensa (FP-001), asegurando una gestión eficiente de los sólidos generados en el proceso.

4.3.3.5 Bomba de Evacuación Final (CP-001)

Moviliza el agua tratada desde el tanque de agua clarificada (TK-002) hacia el filtro de arena (F-001), asegurando un flujo continuo y controlado hacia las etapas finales del tratamiento.

4.3.3.6 Soplador del MBBR (B-001)

Proporciona el aire necesario para mantener en movimiento los soportes plásticos del biorreactor de lecho móvil (MBBR-001). Este flujo de aire garantiza la oxigenación y favorece la actividad biológica de los microorganismos que degradan la materia orgánica.

4.3.3.7 Soplador de Productos Químicos

Suministra el aire requerido para mezclar y dosificar correctamente los productos químicos (coagulante y floculante) que se añaden al sistema. Su función asegura una distribución homogénea de los químicos en el flujo de agua.

4.3.3.8 Compresor Kaeser

El compresor alimenta la bomba neumática, la cual, a su vez, se encarga de compactar los lodos en el filtro prensa. Este sistema constituye una unidad fundamental para la disposición adecuada de los lodos generados durante el proceso de tratamiento, asegurando su manejo eficiente y conforme a los estándares operativos de la PTAR.

Figura 8*Unidad Compresión de Aire***4.3.3.9 Filtro Prensa (FP-001)**

Deshidrata el lodo biológico mediante la compactación entre placas con telas filtrantes. Este equipo reduce significativamente el volumen de lodo, facilitando su manejo y disposición final.

Figura 9*Filtro Prensa de Placas*

4.3.3.10 Filtro UV (UV-001)

Desinfecta el agua tratada mediante radiación ultravioleta, afectando el ADN de microorganismos para impedir su reproducción. Este proceso garantiza la calidad microbiológica requerida para su vertimiento o reutilización.

Figura 10

Unidad Ultravioleta



4.3.3.11 Filtro de Arena (F-001)

Retiene los sólidos suspendidos remanentes utilizando un lecho filtrante de granulometría fina. Incluye un sistema de retro lavado para restaurar la capacidad operativa del filtro al eliminar los sólidos retenidos.

4.3.3.12 Tanque de Lodos (TK-001)

Almacena el lodo generado en los procesos de sedimentación y filtración. Desde este tanque, el lodo es bombeado al filtro prensa para su deshidratación.

4.3.3.13 Tanque de Agua Clarificada (TK-002)

Sirve como reservorio temporal para el agua tratada tras su paso por el sedimentador secundario. Desde este tanque, el agua es impulsada hacia las etapas finales del tratamiento.

4.3.3.14 Tablero Eléctrico

Es el centro de control y distribución eléctrica de los equipos de la planta. Coordina y suministra energía a las bombas, sopladores, filtros y demás componentes. Incluye dispositivos de protección, monitoreo y control que garantizan el funcionamiento seguro y continuo del sistema.

4.3.4 Jerarquización de equipos

La jerarquización de equipos desempeña un papel fundamental en la gestión eficiente de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Este proceso permite priorizar las intervenciones y los recursos necesarios para el mantenimiento en función de la criticidad de los equipos, asegurando que aquellos que tienen un impacto significativo en la operación, la seguridad, el medio ambiente y los costos reciban atención prioritaria. Al establecer una jerarquía clara, se mejora la confiabilidad de los equipos y se optimiza el desempeño global de la planta, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos operativos y ambientales.

4.3.4.1 Catalogación de equipos según el flujo de tratamiento de agua

Para garantizar un manejo adecuado de los equipos, es esencial realizar su catalogación considerando las etapas del flujo del tratamiento de agua. Cada equipo se asocia a una fase específica del proceso, desde la captación y pretratamiento hasta la disposición final de los lodos. Esta clasificación permite identificar su ubicación y función dentro del sistema, facilitando su mantenimiento, supervisión y análisis de criticidad. Además, la catalogación asegura que los datos relacionados con cada equipo sean accesibles y organizados para una mejor gestión.

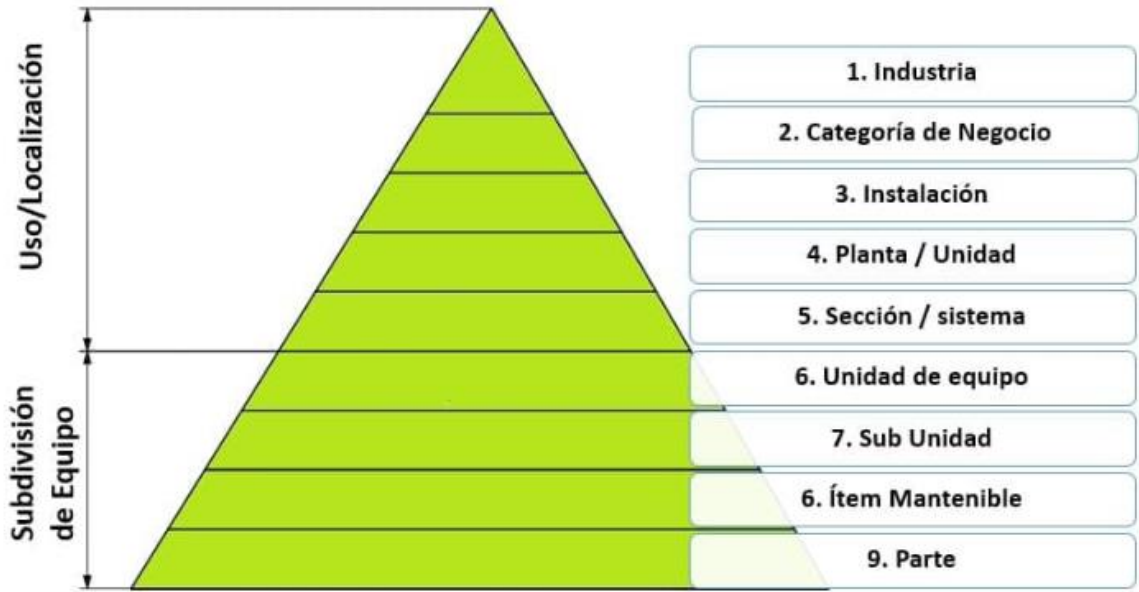
4.2.4.2 Catalogación de equipos

La norma ISO 14224 proporciona un marco estructurado para la clasificación taxonómica de instalaciones y equipos, basándose en factores como uso, ubicación y subdivisión funcional. Este estándar sirve como guía para la especificación, recopilación y validación de datos, asegurando su calidad y facilitando el análisis de la confiabilidad de los equipos. Derivado del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), ISO 14224 establece principios que permiten identificar fallas y mejorar el desempeño de los activos en función de su ubicación dentro del proceso.

Una taxonomía bien definida resulta fundamental para la gestión de activos empresariales, ya que permite separar costos, priorizar intervenciones y orientar esfuerzos hacia la mejora continua de los sistemas. En el siguiente Figura 11, se muestra una disposición detallada de la taxonomía aplicada a los equipos, lo que facilita su identificación y administración dentro del contexto del mantenimiento industrial.

Figura 11

Taxonomía Según la Norma ISO 14224



Nota. Adoptado de taxonomía de activos [Figura], por Solex, 2024, taxonomía según ISO 14224

(<https://www.solex.biz/noticias/taxonomia-para-la-gestion-de-activos/>).

4.2.4.2.1 Catalogación de equipos según la taxonomía de la empresa

Se adaptó un sistema de catalogación existente en la empresa para aplicarlo a los equipos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Este sistema se basa en un código estructurado: **1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1**, donde cada segmento tiene un significado específico, permitiendo una clasificación clara y ordenada. Este código se ajustó para categorizar de manera eficiente cada equipo dentro del flujo de tratamiento de agua, facilitando su identificación y administración. A continuación, se describe el significado de cada componente

del código:

- 1000 – Planta Tuta: Representa la ubicación física de la planta, indicando que pertenece al complejo industrial de Tuta.
- UT1 – Utilidades: Agrupa a los equipos pertenecientes a las áreas de servicios generales y de soporte a las operaciones principales.

- UGS1 – Utilidades Generales: Define los sistemas de soporte que brindan servicios comunes a toda la planta, como suministro de aire o agua tratada.
- STA01 – Sistema de Tratamiento de Aguas: Identifica el sistema específico encargado del tratamiento de aguas dentro de las utilidades generales.
- PTR1 – Planta de Tratamiento de Aguas Residuales 1: Se refiere a la unidad operativa que gestiona el tratamiento de aguas residuales generadas en el proceso industrial.

Este esquema de catalogación, alineado con la norma ISO 14224, facilita la identificación rápida y precisa de los equipos, lo que optimiza su gestión y mantenimiento. En la Tabla 1, se presenta la catalogación utilizada para clasificar cada equipo dentro de la PTAR, con el objetivo de su posterior ingreso al sistema SAP. Esta estructura permite establecer una jerarquización clara y estandarizada, alineada con los requerimientos de la gestión de activos empresariales.

Tabla 1

Equipos principales planta de tratamiento

ÍTEM	Nombre del equipo	Función del equipo	Código
1	Compresor Kaeser	Suministra aire a bomba neumática para filtro prensar los lodos	1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1-COM1
2	Soplador agitador	Mezcla los químicos mediante la inyección de aire	1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1-SPA1
3	Soplador MBBR	Suministra aire al sistema con el fin de	1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1-SPA2
4	Bomba de evacuación final	Envía el agua tratada al tanque de almacenamiento	1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1-BEF1
5	Unidad ultravioleta	Desinfecta el agua por medio de luz ultravioleta	1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1-UUV1

6	Bomba dosificadora de Coagulante	Dosifica el coagulante	1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1-BDC1
7	Bomba dosificación Floculante	Dosifica el floculante	1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1-BDF1
8	Bomba dosificadora de Cal	Dosifica la cal	1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1-BDC1
9	Bomba neumática filtro prensa	Suministra aire al filtro prensa	1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1-BFP1
11	Filtro prensa	Compacta los lodos	1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1-FLP1
10	Bomba de captación	Capta el agua en tanque de almacenamiento	1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1-BDC1
11	Filtro de arena	Clarifica el agua	1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1-FLA1

Nota. En la tabla se muestra la nomenclatura dispuesta para cada uno de los equipos de la PTAR.

4.3.5 Análisis de criticidad los Equipos de la PTAR.

Para llevar a cabo el estudio de criticidad en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la empresa Diaco S.A., fue necesario recopilar información clave suministrada por el encargado de la planta y del personal del área de mantenimiento, quienes aseguran la operación de manera continua. Este análisis tiene como propósito establecer un método de jerarquización de los equipos, y el análisis se realiza utilizando la ecuación de criticidad mencionada en el marco teórico.

Se elaboró una matriz según las consideraciones del personal encargado de la operación de la planta, donde se desglosan una serie de aspectos para cada parámetro, los cuales, a su vez, tienen asignado un puntaje específico con valores de 1 de a 10 dependiendo del parámetro. A continuación, se relacionan los parámetros y los puntajes asignados:

A continuación, se presentan las tablas correspondientes a cada factor, donde se especifican los criterios utilizados para determinar su relevancia y su impacto en la operación de la planta:

Frecuencia de fallas: Esta tabla describe los rangos de recurrencia de fallas y los valores asignados a cada rango.

Tabla 2

Factores de frecuencia de falla

Factor	Descripción	Puntaje
Frecuencia de Fallas	Frecuente: Mayor de 2 fallas /año	4
	Promedio: 2 fallas/año	3
	Bueno: 1 falla/año	2
	Excelente: 0 fallas /año	1

Costo de mantenimiento: Se detallan los componentes evaluados, como costos de repuestos, mano de obra y otros recursos necesarios.

Tabla 3

Factores de costos de mantenimiento

Factor	Descripción	Puntaje
Costo de Mantenimiento	Mayor a \$5.500.000	4
	Entre \$ 2.500.000 y \$5.500.000	3
	Entre \$ 1.000.000 y \$2.500.000	2
	Menos de \$1.000.000	1

Impacto operacional: Se enlistan los aspectos considerados para medir la afectación en los procesos principales de la planta.

Tabla 4*Factores de impacto operacional*

Factor	Descripción	Puntaje
Impacto Operacional (Para a Planta o Empresa)	Perdidas de eficiencia en el proceso de tratamiento de la PTAR superiores al 75%	10
	Perdidas de eficiencia en el proceso de tratamiento de la PTAR entre el 50% y el 75%	7
	Perdidas de eficiencia en el proceso de tratamiento de la PTAR entre el 25% y el 50%	5
	Perdidas de eficiencia en el proceso de tratamiento de la PTAR entre el 10% y el 25%	3
	Perdidas de eficiencia en el proceso de tratamiento de la PTAR menor al 10%	1

Impacto en la flexibilidad operacional: La tabla identifica los criterios que reflejan cómo una falla limita la capacidad de adaptación de la planta.

Tabla 5*Factores de impacto a la flexibilidad operacional*

Factor	Descripción	Puntaje
	No cuenta con unidades de respaldo para la operación de la PTAR.	4

Impacto por flexibilidad operacional	Cuenta con unidades de respaldo parcial para la operación de la PTAR.	2
	Cuenta con equipos en línea y tiempos mínimos de reparación y logística.	1

Impacto en seguridad, salud y ambiente (SHA): Incluye los riesgos asociados a la seguridad de los trabajadores, el medio ambiente y la salud pública.

Tabla 6

Factores de impacto a la seguridad y medio ambiente

Factor	Descripción	Puntaje
Impacto en la seguridad, medio ambiente y las personas (SAH)	Riesgo alto de pérdidas de vida, daños graves a la salud del personal incidente ambiental (catastrófico) que exceden los límites permitidos.	4
	Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, incidente ambiental de difícil restauración.	3
	Riesgo mínimo de pérdida de vida y afectación a la salud (recuperación en el corto plazo) incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.	2
	No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afectación a la salud, ni daños ambientales.	1

Impacto en la calidad: Describe los aspectos relacionados con el cumplimiento de los estándares de calidad del agua tratada.

Tabla 7*Factores de impacto a la calidad*

Factor	Descripción	Puntaje
Impacto en la Calidad	Presenta afectación en la calidad del servicio.	4
	Presenta afectación mínima a la calidad del servicio.	3
	La calidad del servicio no se ve afectada.	2

Se procedió, con la colaboración de los técnicos encargados, William Cendales, responsable del análisis de laboratorio de la planta de tratamiento, y Nairo Granados, encargado de las tareas relacionadas con la planta, a realizar el análisis semicuantitativo de la criticidad para cada componente de la PTAR. En primer lugar, se llevó a cabo una evaluación detallada en sitio de cada equipo, lo que permitió recopilar información precisa y relevante. Para evaluar cada equipo, se utilizó la tabla 8, que sirvió como guía para asignar los valores correspondientes a los criterios definidos en el análisis. Posteriormente, se asignaron estos valores a la matriz de criticidad con base en los resultados obtenidos, siguiendo la ecuación de criticidad previamente establecida en el marco teórico. Este procedimiento garantizó un análisis riguroso y fundamentado, contribuyendo así a la estructuración del plan de mantenimiento.

Tabla 8

Formato de evaluación de criticidad equipos principales de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas

GUIA DE CRITICIDAD				EQUIPOS DE LA PTAR													
Tabla factores ponderados de evaluación.				COMPRESOR	SOPLADOR AGITADOR-QUIMICOS	SOPLADOR ABRIR	BOMBA DE EVACUACION FINAL	UNIDAD ULTRAVIOLETA	BOMBA DOSIFICADOR COAGULANTE	BOMBA DOSIFICADOR FLOCULANTE	BOMBA DOSIFICADOR SAL	BOMBA NEUMATICA FILTROPRENSA	FILTRO PRENSA	FILTRO DE ARENA	TABLERO ELECTRICO	BOMBA CAPTACION	
Factor	Descripción	Puntaje	Responsable														
<i>Frecuencia de Fallas</i>	Frecuente: Mayor de 2 fallas/año	4	Practicante														
	Promedio: 2 fallas/año	3															
	Buena: 1 falla/año	2															
	Excelente: 0 fallas/año	1															
<i>Costo de Mantenimiento</i>	Mayor a \$3.500.000	4	Encargado de mantenimiento(Federico Salcedo)														
	Entre \$1.500.000 y \$3.500.000	3															
	Entre \$500.000 y \$1.500.000	2															
	Menos de \$500.000	1															
<i>Impacto operacional (Para la planta o empresa)</i>	Perdidas de eficiencia en el proceso de tratamiento de la PTAR superiores al 75%	10	Encargado de mantenimiento(Nairo Granados)														
	Perdidas de eficiencia en el proceso de tratamiento de la PTAR entre el 50% y el 75%	7															
	Perdidas de eficiencia en el proceso de tratamiento de la PTAR entre el 25% y el 50%	5															
	Perdidas de eficiencia en el proceso de tratamiento de la PTAR entre el 10% y el 25%	3															
	Perdidas de eficiencia en el proceso de tratamiento de la PTAR menor al 10%	1															
<i>Impacto por flexibilidad operacional</i>	No cuenta con unidades de respaldo para la operación de la PTAR.	4	Encargado de mantenimiento(Nairo Granados)														
	Cuenta con unidades de respaldo parcial para la operación de la PTAR.	2															
	Cuenta con equipos en línea y tiempos mínimos de reparación y logística.	1															
<i>Impacto en la seguridad, medio ambiente y las personas</i>	Riesgo alto de pérdidas de vida, daños graves a la salud del personal incidente ambiental (catastrófico) que exceden los límites permitidos.	4	Encargado de mantenimiento(Nairo Granados)														
	Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, incidente ambiental de difícil restauración.	3															
	Riesgo mínimo de pérdida de vida y afectación a la salud(recuperación en el corto plazo) incidente ambiental menor(controlable)), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.	2															
	No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afectación a la salud, ni daños ambientales.	1															
<i>Impacto en la Calidad</i>	Presenta afectación en la calidad del servicio.	3	Encargado del proceso y laboratorio(William Cendalez)														
	Presenta afectación mínima a la calidad del servicio.	2															
	La calidad del servicio no se ve afectada.	1															

Nota. En la tabla se observan los factores evaluados para el análisis de criticidad de cada equipo dentro de la PTAR, el formato se debe llenar marcando con X en los cuadros en blanco según su importancia dentro de tratamiento de agua.

4.3.5.1 Análisis y Representación de la Criticidad de Equipos

Para cada equipo identificado en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), se evaluaron los factores relevantes mediante una ponderación de criticidad. Estos factores fueron integrados en una ecuación que permitió calcular un valor numérico para la **consecuencia**, representando el impacto potencial de una falla.

Tabla 9

Valor de consecuencia para cada equipo de la PTAR.

	Frecuencia de Fallas	Costo de Mantenimiento	Impacto operacional (Para la planta o empresa)	Impacto por flexibilidad operacional	Impacto en la seguridad Ambiental y las personas	Impacto en la Calidad	Consecuencia
Compresor	1	4	10	4	1	3	48
Soplador Agitador-Químicos	1	3	5	4	1	2	26
Soplador MBBR	2	4	10	2	3	3	30
Bomba De Evacuación Final	4	3	10	1	1	3	17
Unidad Ultravioleta	1	2	7	4	3	2	35
Bomba Dosificador Coagulante	2	3	7	2	1	3	21
Bomba Dosificador Floculante	2	3	7	2	1	3	21

Bomba Dosificador Sal	2	3	7	2	1	3	21
Bomba Neumática Filtro Prensa	4	3	7	2	3	2	22
Filtro Prensa	1	2	5	4	2	2	26
Filtro De Arena	2	4	7	4	2	3	37
Tablero Eléctrico	4	3	10	4	3	3	49
Bomba Captación	4	4	10	2	3	2	29

Los resultados de esta evaluación se organizaron en una tabla que muestra los valores calculados de consecuencia para cada equipo, junto con su correspondiente frecuencia de falla. Esta tabla constituye un insumo clave para analizar la criticidad de los equipos.

Posteriormente, los valores de **frecuencia de falla** y **consecuencia** se representaron gráficamente en la **Matriz de Criticidad**. Esta matriz facilita la identificación de los equipos más críticos al relacionar ambas variables de manera visual. La Figura 12 presenta esta matriz y los resultados obtenidos.

Figura 12

Matriz de criticidad

Frecuencia	4	MC	Bomba Captación	Bomba de evacuacion Final	Bomba neumática	Tablero eléctrico
	3	MC	MC	MC	MP	MP
	2	NC	NC	Bomba, Coagulante, Flocculante, Cal, Soplador MBBR	MP	MP
	1	NC	NC	Soplador agitador,	Filtro de arena, Unidad ultravioleta	Compresor
Frecuencia / consecuencia		10	20	30	40	50
		Consecuencia				

Nota. En la figura se evidencia la disposición de equipos dentro de Matriz de criticidad obtenida para PTAR, donde NC=No crítico, MC=Mantenimiento Correctivo, y MP=Mantenimiento Predictivo, el formato de matriz fue elaborado por autor.

Según los resultados obtenidos por la matriz de criticidad, se pudo observar que los equipos con mayor criticidad son los que tiene una frecuencia de falla alta, equipos de como el compresor no tienen una frecuencia alta pero los factores que componen la consecuencia lo hacen ser un componente crítico, demás equipos se encuentran dentro de un rango correctivo y el soplador agitador lo encontramos como equipo no critico debido a que cuenta con unidad de respaldo.


4.3.6 Desarrollar procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo

4.3.6.1 Fichas técnicas

Durante el proceso de catalogación y jerarquización de los equipos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se desarrolló un formato de ficha técnica para consolidar información clave, garantizar una gestión adecuada y facilitar el mantenimiento de los equipos. Este formato se elaboró a partir de inspecciones en sitio y manuales de los fabricantes, asegurando datos precisos que reflejan las condiciones actuales de los equipos. En la figura 13 se presenta el formato, destacando su estructura y elementos esenciales para optimizar la trazabilidad y gestión de los activos de la planta.

Figura 13

Formato de ficha técnica utilizado en Diaco S.A.

		FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS			Código Versión	000	
Sección Planta	Utilidades-PTARD			Modelo			
Centro de Costo	Mantenimiento Central			Proveedor			
Equipo				Ubicación			
Marca				Fabricante			
Tipo				Serie			
Fecha de Recepción				Fecha ult. Revisión			
Fecha de Instalación				Revisado por			
Proveedor			E-Mail		Cel.		
Características Generales							
Peso		Altura		Ancho		Longitud	
Características Técnicas				Imagen Equipo			
Datos de operación							
Mantenimiento							
Repuestos y/o consumibles							
Observaciones				Aplicación del equipo			

Nota. Formato de ficha técnica utilizado en Diaco S.A. para la gestión de equipos de la planta de tratamiento de aguas residuales. El formato incluye información como código, ubicación, características técnicas y generales, repuestos, observaciones y la aplicación del equipo.

Este documento permite realizar un mantenimiento efectivo, identificar repuestos con mayor precisión y garantizar la correcta operación de cada equipo. A continuación, se detallan los aspectos que conforman el formato:

- Código: Es el identificador único del equipo según la taxonomía empleada en la planta.
- Sección de la planta: Indica la ubicación funcional del equipo, como “Utilidades PTAR”.
- Centro de costo: Refleja los costos asociados al mantenimiento del equipo, asignados al área correspondiente.
- Equipo: Nombre específico del equipo.
- Marca: Muestra la marca o referencia del fabricante.
- Tipo: Define la categoría del equipo, por ejemplo, si es de aireación o hidráulico.
- Fecha de recepción: Fecha en que el equipo fue recibido en la planta.
- Fecha de instalación: Momento en que el equipo fue instalado en su ubicación final.
- Modelo: Modelo específico del equipo.
- Proveedor: Empresa o entidad que suministró el equipo.
- Ubicación: Lugar exacto donde se encuentra el equipo dentro de la planta.
- Fabricante: Nombre del fabricante del equipo.
- Serie: Número de serie que identifica al equipo.
- Fecha de última revisión: Fecha en que se realizó la última inspección o mantenimiento preventivo.
- Características generales: Información sobre dimensiones y propiedades físicas del equipo, como peso, altura, ancho y longitud, útiles para la planificación de mantenimientos o cambios.

- Características técnicas: Detalles operativos, como potencia, torque, capacidad y especificaciones adicionales relevantes.
- Datos de operación: Rango en el que opera el equipo, incluyendo presión, temperatura y otras condiciones relevantes.
- Repuestos: Lista de repuestos necesarios para el equipo.
- Observaciones: Espacio para registrar comentarios o notas adicionales relacionadas con el equipo.
- Aplicación: Función específica del equipo dentro de la PTAR.
- Imagen: Fotografía que facilita la identificación visual del equipo.

Este formato estandarizado proporciona una visión integral del estado y las necesidades de los equipos.

4.3.6.2 Actividades de Mantenimiento

Se llevaron a cabo actividades de mantenimiento correctivo y preventivo en la planta de tratamiento, diseñadas con base en los manuales de los fabricantes y el conocimiento de los encargados de mantenimiento, respaldados por la cédula de utilidades. Además, gracias a la matriz de criticidad, se identificó la importancia de cada equipo dentro del sistema de tratamiento de agua, asignando actividades específicas según las recomendaciones del manual y la experiencia de los mantenedores.

A partir de los manuales de fabricantes suministrados por la empresa, se definieron las actividades de mantenimiento requeridas para cada equipo, estableciendo frecuencias estimadas y programando dichas intervenciones. Por ejemplo, en la figura 14, se detallan las actividades

asociadas al compresor KAESER AIR TOWER 7.5C, actividades descritas por el manual de fabricante.

Figura 14

Actividades de mantenimiento compresor KAESER

Frecuencia	Labor de mantenimiento	Vea el capítulo
Semanalmente	Verifique el nivel del aceite de enfriamiento.	10.14
	Tablero eléctrico: Revise el manto filtrante	10.3
	Revise el drenaje de condensado.	10.20
Hasta las 1,000 h	Hágale mantenimiento al intercambiador de calor.	10.4
	Opción K3: Revise el manto filtrante.	10.6
Hasta las 3,000 h	Opción K3: Cambie el manto filtrante.	10.6
	Tablero eléctrico: Cambie el manto filtrante.	10.3
Hasta las 6,000 h Por lo menos cada 2 años	El condensado se drena: Cambie el módulo de servicio.	10.20.2

Nota. En la figura se observan actividades de mantenimiento según manual del fabricante. Tomado de Manual de Servicio-Compresor de Tornillo BSD Sigma Control 2 (p.67) KAESER COMPRESOR SE., *Adoptado de sistema de información Diaco mantenimiento central,2024.*

Con las actividades de mantenimiento de los manuales y con el apoyo de los mantenedores de la célula de utilidades, se estructuró un plan de mantenimiento específico para cada equipo. Estas actividades se registraron en una tabla de Excel, proporcionada por la empresa, que sirve como base para la creación de planes de mantenimiento.

Asimismo, en la Figura 15 se muestran algunas de las actividades junto con su frecuencia. Sin embargo, debido a las políticas de tratamiento de datos de la empresa, no se puede evidenciar la tabla en su totalidad, preservando así la confidencialidad de la información técnica.

Figura 15

Formato de creación de actividades de mantenimiento

OP	Descripción de Operación	DUR.	UM	Ub. Técnica a 6° Nivel	COD.	Actividad	Descripción	Frecuencia
10	Compresor Kaeser PTAR		MIN	1000-UT1-UGS1-STAO1-PTR1-COM1	1	Limpieza general	Realizar la limpieza del cuarto y del compresor utilizando sopladora y aspiradora.	Mensual
20	Compresor Kaeser PTAR		MIN	1000-UT1-UGS1-STAO1-PTR1-COM1	2	Boqueo de energías	Coordinar con electricista para desenergizar el equipo	Mensual
30	Compresor Kaeser PTAR		MIN	1000-UT1-UGS1-STAO1-PTR1-COM1	3	Revisión Eléctrica	Verificar estado de contactores/Verificar funcionamiento protección térmica/anclaje y acoplamiento al motor, Estado panel de control, ajustar o cambiar piezas de ser necesario.	Mensual
40	Compresor Kaeser PTAR		MIN	1000-UT1-UGS1-STAO1-PTR1-COM1	4	Revisión Mecánica	Verificar estado de tornillería, limpieza de filtro de aire, nivel de aceite, estructura en general, estado de válvulas manuales	Mensual
50	Compresor Kaeser PTAR		MIN	1000-UT1-UGS1-STAO1-PTR1-COM1	5	Drenaje automático	Verificar estado y funcionamiento	Mensual
60	Compresor Kaeser PTAR		MIN	1000-UT1-UGS1-STAO1-PTR1-COM1	6	Prueba de funcionamiento	Coordinar con el electricista para energizar el compresor, asegurando que la presión de trabajo y el vacío estén en correcto funcionamiento.	Mensual

Nota. Formato Excel para la creación de actividades de mantenimiento dentro la empresa Diaco S.A. Adoptado de sistema de información Diaco mantenimiento central, 2024.

4.3.4.4 Prueba piloto de mantenimiento

Con el objetivo de evaluar las actividades propuestas en el mantenimiento, se llevó a cabo una prueba piloto. Para su implementación, se creó una orden de mantenimiento preventivo en el sistema SAP, lo que permitió que los encargados de la planta ejecutaran dichas actividades.

Dado que en su momento no existía un plan de mantenimiento formal en el sistema SAP para la planta de tratamiento, se generó una orden específica para el compresor KAESER AIR TOWER 7.5 C. En esta orden se incluyeron tareas como la inspección del estado del aceite lubricante, la limpieza de filtros, la revisión de conexiones eléctricas, la verificación de los niveles

de presión y temperatura y ajuste de tornillería, limpieza de filtro de aire y estructura en general. Además, se verificaron las horas de trabajo del compresor a través del sistema de control, asegurando que las actividades se realizaran de acuerdo con los intervalos recomendó. En la figura 16 se observa la orden de mantenimiento preventiva creada la cual se asignará al encargado de mantenimiento en ese caso en la realizará el técnico German León Valencia.

Figura 16

Orden de mantenimiento preventiva

The screenshot shows the SAP 'Modificar Preventiva 3061519: Datos operación generales' form. The form is divided into several sections: 'Notificación', 'Compras', and 'Actividad'. The 'Notificación' section includes fields for 'Notificación' (799377), 'Sin tbjo.rest.' (checkbox), 'Trabajo real' (0 MIN), and 'Pronóst.trabajo' (0). The 'Compras' section includes fields for 'Sol.pedido' (10085403), 'Res./SolPed' (Inmediatamente), 'Ctd.EM' (0,000), and 'Existe pedido' (checkbox). The 'Actividad' section includes fields for 'Actividad', 'Componentes', and 'Rel.ordenación'. The form also has a navigation bar at the top with tabs for 'Datos cab.', 'Operaciones', and 'Componentes'.

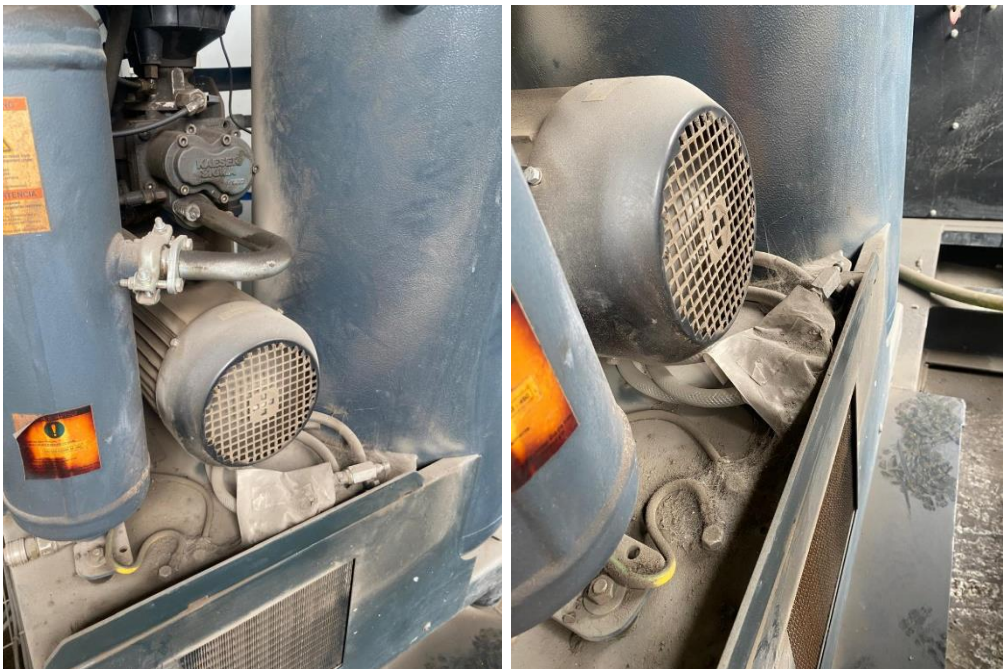
Nota. Orden de mantenimiento preventiva dentro del sistema SAP. *Adoptado de sistema de información Diaco mantenimiento central,2024.*

Estas actividades se llevaron a cabo conforme al plan de mantenimiento establecido para el compresor KAESER AIR TOWER 7,5. Se evidenció que, hasta ese momento, no se había llevado a cabo ningún mantenimiento previo. Durante la intervención, se observó una acumulación

significativa de polvo en diferentes componentes del equipo, lo cual comprometía su funcionamiento óptimo. Este hallazgo se encuentra documentado y puede observarse en la Figura 17, donde se evidencia el estado inicial del compresor antes de la ejecución de las actividades de mantenimiento.

Figura 17

Inspección de componentes de compresor



Nota. En la figura se evidencia el estado actual de los componentes del compresor, acumulación de polvo.

Posteriormente, se llevó a cabo la limpieza del compresor conforme a las actividades programadas en el plan de mantenimiento. Entre las tareas realizadas se incluyó la verificación del nivel de aceite refrigerante, el cual, al ser inspeccionado, se encontró en un nivel bajo, indicando

la necesidad de reposición para garantizar el correcto funcionamiento del equipo. En la figura 18, se evidencia el bajo nivel de aceite refrigerante identificado durante esta actividad.

Figura 18

Mirilla de nivel de aceite compresor



Nota. En la figura se observa el bajo nivel de aceite de los componentes internos del compresor, alarma por bajo nivel de aceite.

Se realizó el cambio de aceite según el manual de fabricante, el cual se cambió totalmente y se llevó a nivel adecuado toda esta intervención la realizó el mantenedor con la experiencia en compresores.

Adicionalmente, se realizó el ajuste de la tornillería para evitar vibraciones; durante esta tarea, se observó que los tornillos ubicados en el lado del ventilador del motor estaban sueltos, por lo que se procedió a su ajuste. En la figura 19, se evidencia esta intervención.

Figura 19

Ajuste de tornillería componentes compresor



Nota. La figura muestra el ajuste de elementos de fijación del compresor, el ajuste evita vibraciones y daño en componentes.

Además, se verificaron las correas de transmisión, las cuales, según las especificaciones del manual del fabricante, requerían reemplazo. Por ello, se llevó a cabo el cambio utilizando la referencia correcta de correa. La figura 20 muestra el procedimiento realizado.

Figura 20

Sistema de transmisión por correas



Nota. En la figura se encuentra mediante sistema de protección las correas de transmisión.

Por otro lado, los filtros de succión presentaban una acumulación significativa de suciedad, lo que hacía necesaria su limpieza. Esta actividad se efectuó conforme a las recomendaciones del fabricante y se evidencia en la figura 21.

Figura 21

Filtro de succión de aire



Nota. En la figura se evidencia la acumulación de polvo en el tubo de succión de aire además del filtro.

Finalmente, se verificó la pantalla Sigma Control, la cual indicaba un total de 10,664 horas de trabajo del compresor, superando las 8000 horas recomendadas por el fabricante para realizar el mantenimiento. Este hecho resaltó la importancia de ejecutar estas actividades de manera inmediata, como se muestra en la figura 22.

Figura 22

Control Sigma horas de trabajo de compresor



Nota. En la figura se observa las condiciones de operación como temperatura y presión además de las horas de trabajo del equipo.

Dentro de los anexos, se encuentran documentados los mantenimientos realizados a los demás componentes principales de la planta de tratamiento. Estos registros incluyen tanto las actividades llevadas a cabo como las observaciones y evidencias correspondientes, brindando un respaldo detallado de cada intervención realizada durante el desarrollo del proyecto.

4.3.5 Implementar un sistema de gestión de mantenimiento utilizando el software SAP

Esta metodología se realizó mediante la creación de ubicación técnica de los equipos, además de, llevar información relevante de los componentes principales sirve como guía de mantenimiento, control de repuestos y actividades programadas realizadas al equipo en general.

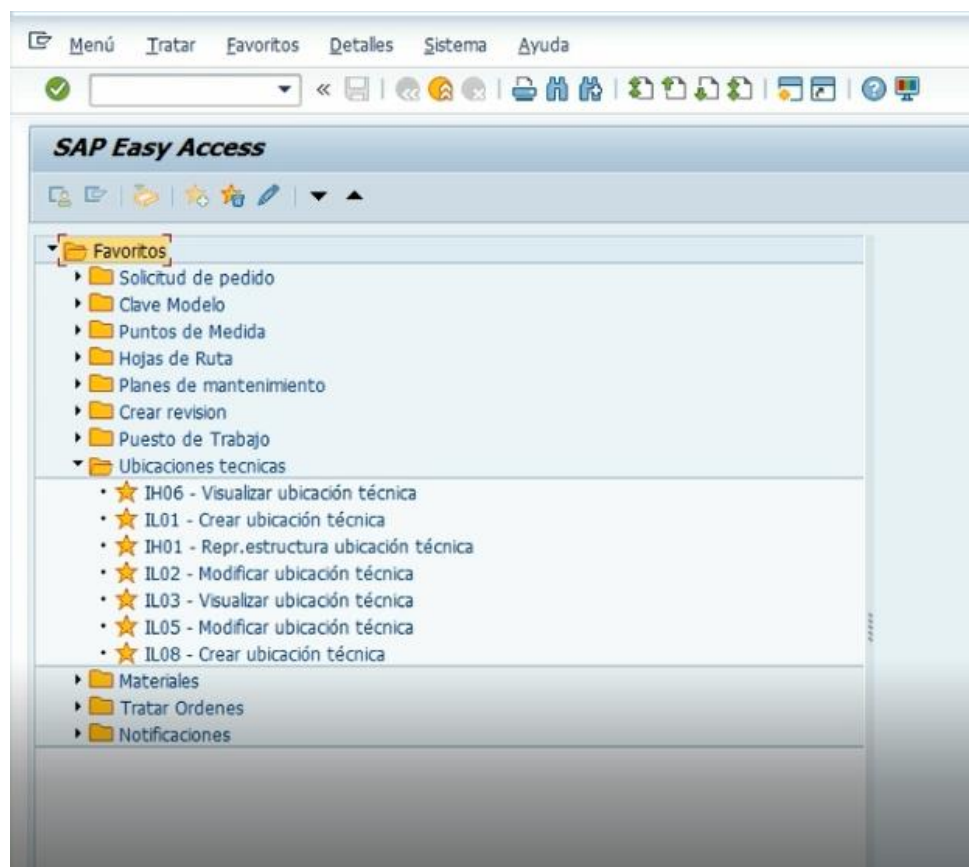
4.3.5.1 Ingreso de Equipos al Sistema SAP

Para garantizar una gestión eficiente y centralizada del mantenimiento, los equipos identificados en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) fueron registrados en el sistema SAP. Este proceso permite integrar información clave de los equipos con el módulo de mantenimiento, facilitando la programación de actividades preventivas y correctivas, así como el control de costos y recursos asociados.

El ingreso de los equipos en SAP se realizó siguiendo un procedimiento ordenado, asegurando la precisión y uniformidad de los datos. A continuación, se describe el paso a paso para el registro de la ubicación técnica de los equipos de la PTAR en el sistema SAP.

Figura 23

Pantalla de inicio SAP-PM -Crear Ubicación Técnica



Nota. Creación de la ubicación técnica de los equipos dentro del sistema de la planta, se realiza mediante la transacción IL01 "Crear Ficha Ubicación Técnica". *Adoptado de sistema de información Diaco mantenimiento central,2024.*

En el sistema SAP-PM, la creación de códigos permite diferenciar equipos, incluso si tienen la misma marca o nombre. Estos códigos también facilitan el seguimiento de aspectos clave, como los repuestos asociados y el estado actual de cada equipo.

El proceso de creación comienza con la definición de la ubicación técnica del equipo. En el caso de la planta de tratamiento, esta ubicación técnica ya está configurada en el sistema; sin embargo, aún no se han ingresado los componentes que la conforman. Para proceder, es necesario utilizar el código taxonómico correspondiente a la ubicación técnica de la PTAR. Este procedimiento se observa en la siguiente figura 24.

Figura 24

Creación de ubicación técnica sistema SAP

Nota. Creación de equipo dentro del sistema SAP correspondiente a la ubicación técnica de la PTAR. *Adoptado de sistema de información Diaco mantenimiento central, 2024.*

Una vez se ingresa el nombre correspondiente al equipo en el sistema, se procede a registrar los datos específicos del componente. La planta utiliza un sistema de nomenclatura estructurado desde el cuarto hasta el sexto nivel, lo que define el grado de libertad para asignar un nombre único a cada equipo dentro del sistema. Además, es necesario especificar la ubicación de mantenimiento a la que pertenece el equipo. En este caso, se asigna al área de Utilidades, y el mantenimiento queda a cargo de los responsables eléctricos del área. En la Figura 25 se muestra el procedimiento detallado para esta asignación.

Figura 25

Creación de ubicación técnica dentro del sistema SAP

Ubicación técnica Iratr Pasar a Detalles Estructuración Entorno Sistema Ayuda

Crear ubicación técnica: Datos maestros

Resumen clases PtosMedida/Contador Origen de datos

Ubic. técn. 1000-UT1-DGS1-STA01-PTR1-SPA1 Tipo Sistema técnico - Est.
Denominación COMPRESOR SOPLADOR AGITADOR
Status CREA

General Emplazamiento **Organización** Estructura

Datos de emplazamiento

Ce.emplazam. 1000 CO-ML-Tuta
Emplazamiento ZGTFRD0005 Laminación
Local
Área de empresa ZUT UTILIDADES
Puesto trabajo UT1-E1
Indicador ABC A Maxima
Campo clasif.

Dirección

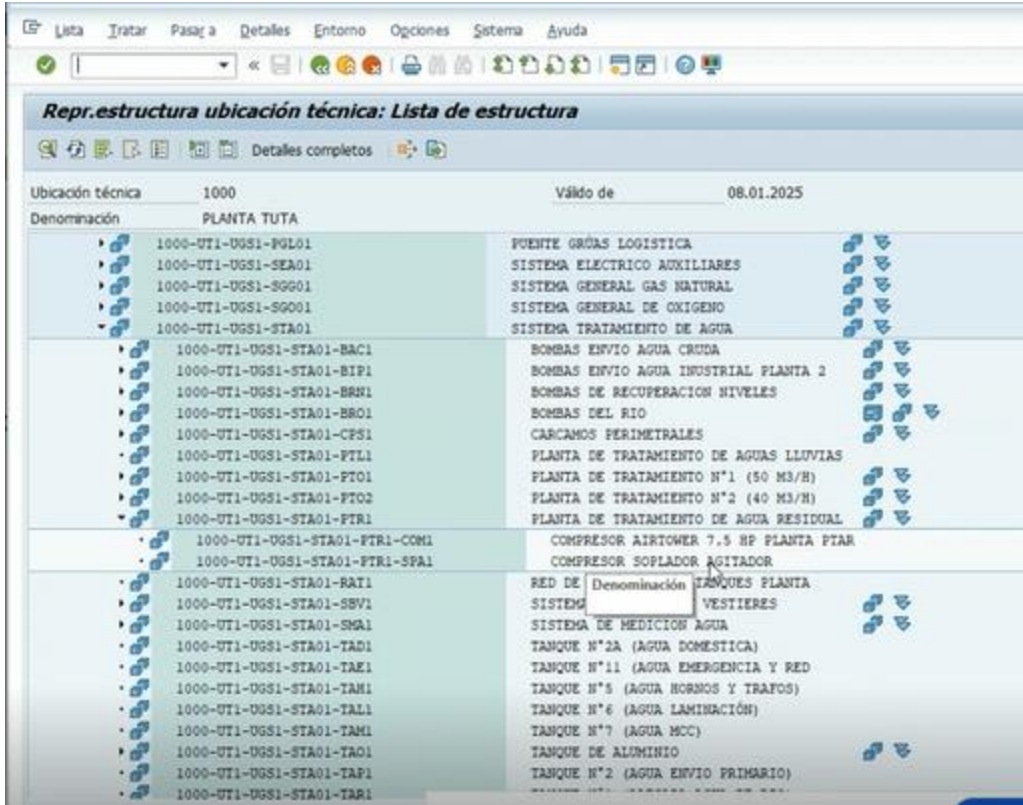
Nombre
Calle
Población
Teléfono Fax

Nota. Ingreso del componente al sistema SAP correspondiente a la planta de tratamiento PTAR, *Adoptado de sistema de información Diaco mantenimiento central, 2024.*

Una vez se detalla las características de cada componente se procede a detallar la ubicación dentro de la estructura general de la planta y la creación del equipo dentro del sistema este correctamente ingresada. En la figura 26 se observa el despliegue de ventanas y se observa la ubicación del equipo creado.

Figura 26

Ubicación estructurada para equipo y componente dentro de SAP.



Nota. Ingreso de componentes principales de la PTAR en el sistema SAP, Adoptado de sistema de información Diaco mantenimiento central,2024.

La clasificación de los componentes principales dentro de un sistema, facilita el tratamiento de datos ayudando a los mantenedores, cada subsistema contiene información relevante suministrada por los fabricantes que especifica características

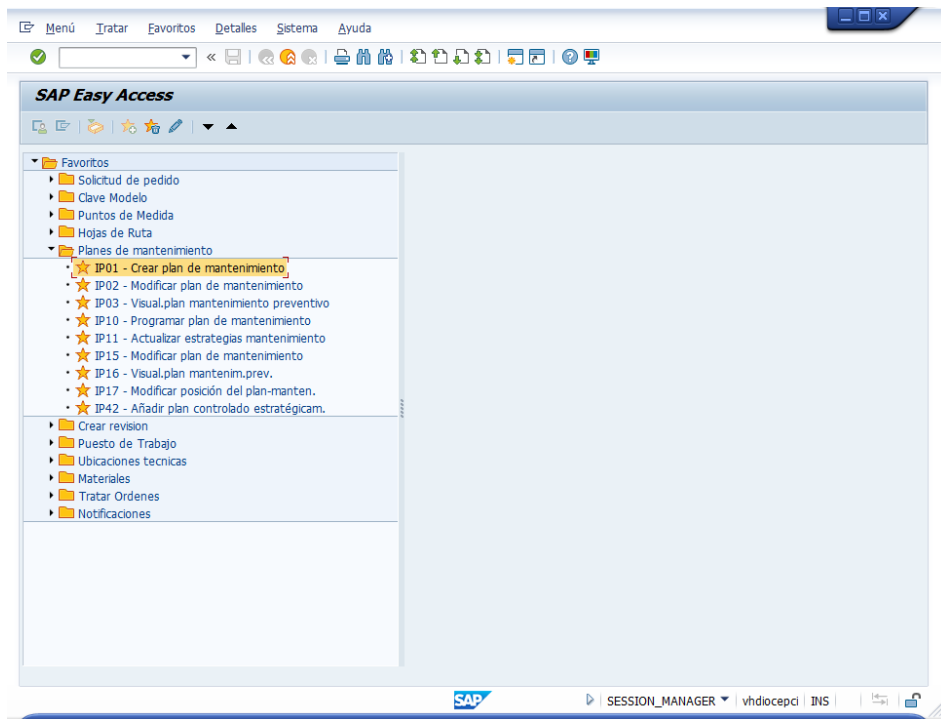
4.3.5.2 Creación de ordenes de mantenimiento en SAP

Una vez creada la ubicación técnica para cada equipo , se procedió a la creación de planes de mantenimiento dentro del sistema SAP, en los cuales se describen las actividades para cada componente la frecuencia de mantenimiento, el encargado del área en realizar el mantenimiento.

Para crear el plan de mantenimiento se procede dentro del sistema SAP a la transacción IP01- Crear orden de mantenimiento. En la siguiente figura 27 se muestra la interfaz para la creación

Figura 27

Crear plan de mantenimiento

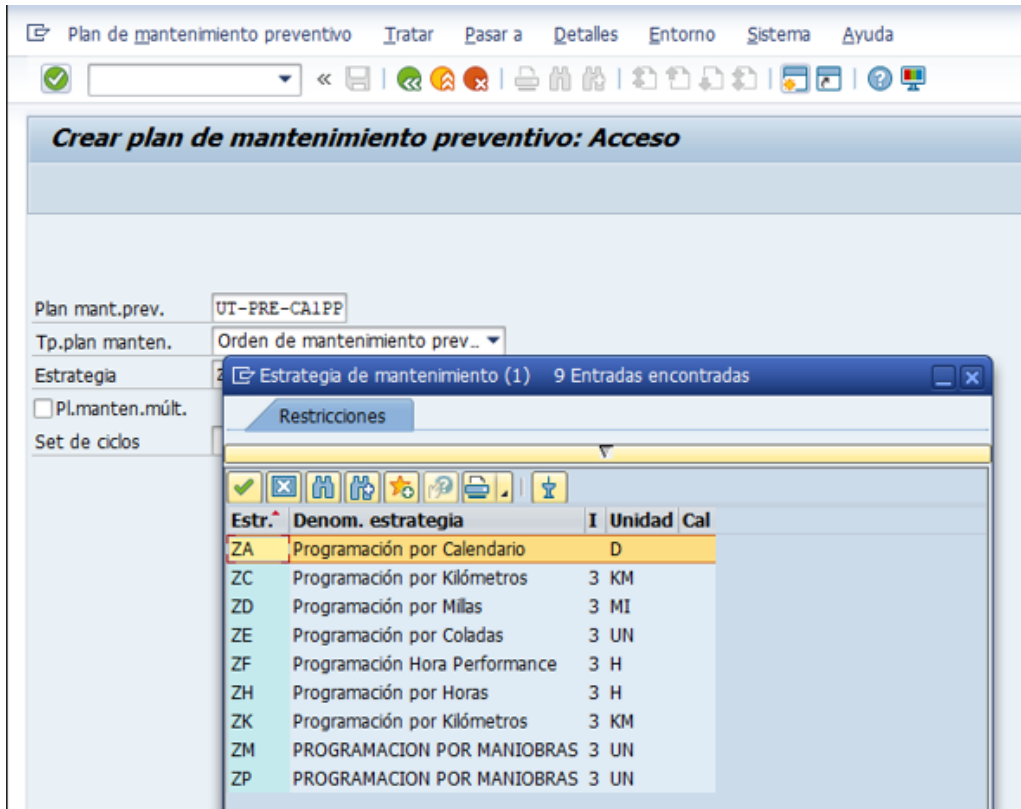


Nota. En la imagen se describe el proceso para crear una orden de mantenimiento utilizando la transacción IP01 en SAP. *Adoptado de sistema de información Diaco mantenimiento central,2024.*

Posteriormente, se definió la estrategia de programación del plan. Se configuró una estrategia basada en el calendario, estableciendo intervalos determinados por días de operación. Esto permitió asegurar que las actividades de mantenimiento se programaran dentro de un marco temporal previamente definido.

Figura 28

Configuración de Estrategia de Programación - Basada en Calendario.

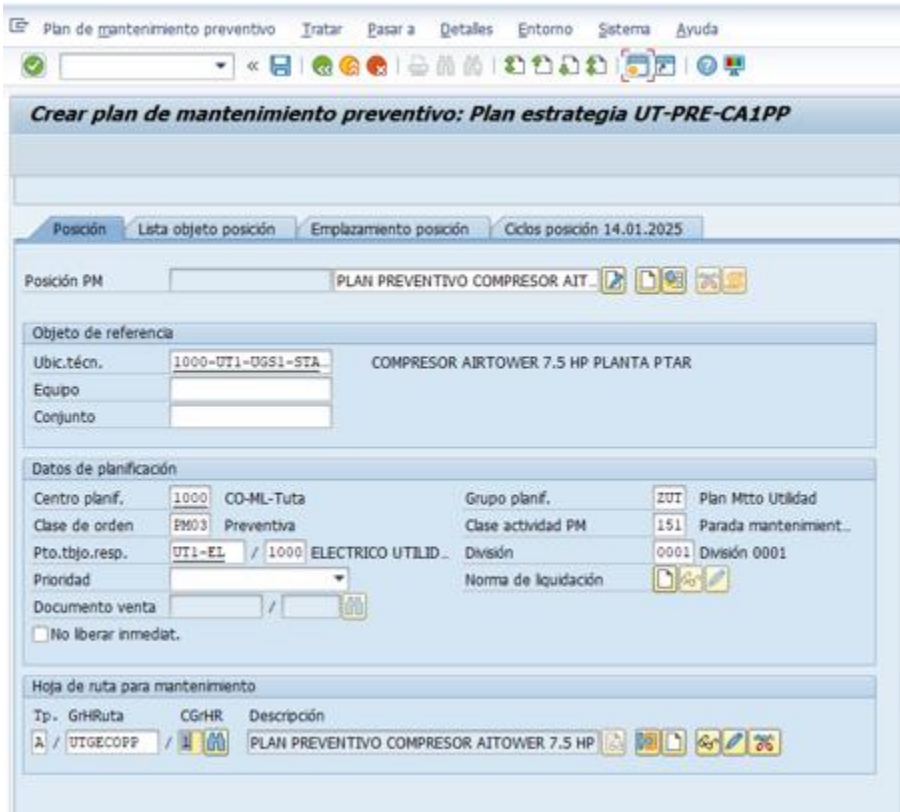


Nota. La figura muestra el tipo de configuración de estrategia. Adoptado de *Procedimientos de Mantenimiento en la PTAR de Diaco S.A.*, por Diaco S.A., 2025.

Continuando, se ingresaron los datos específicos del plan de mantenimiento, como el nombre del mantenimiento. Para este caso de estudio, se configuró un plan de mantenimiento para el Compresor Kaeser, designado como una Orden PM03, correspondiente a planes de mantenimiento específicos. Además, se especificó el uso del enfoque de horizonte de apertura, que asegura que un nuevo plan no se active hasta que se complete la intervención previamente programada.

Figura 29

Ingreso de Datos del Mantenimiento para el Compresor Kaeser

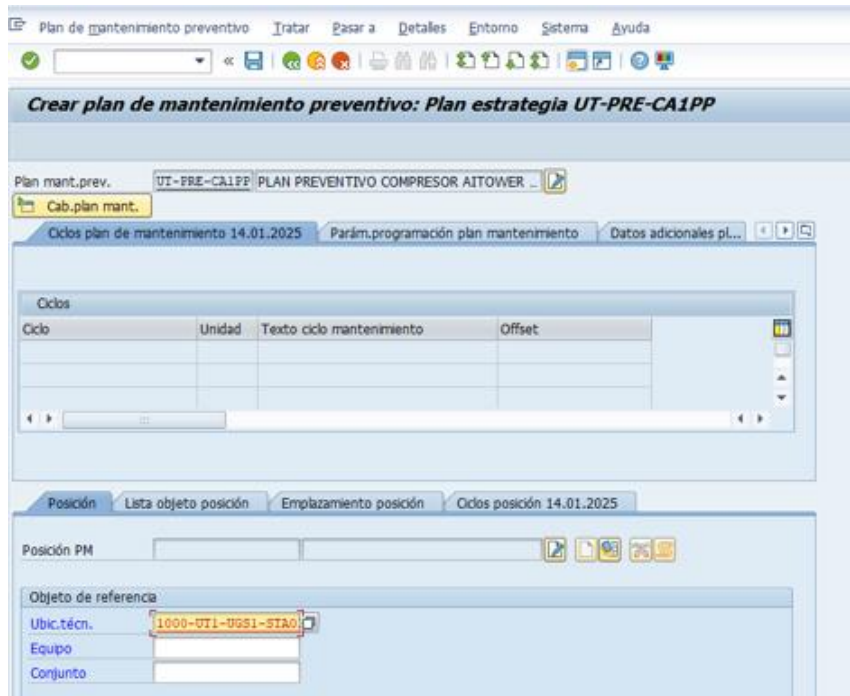


Nota. En la imagen se detalla el ingreso de información específica para la creación del plan de mantenimiento del compresor Kaeser, incluyendo el nombre del mantenimiento, la orden PM03 y la configuración del horizonte de apertura. Adoptado de *Procedimientos de Mantenimiento en la PTAR de Diaco S.A.*, por Diaco S.A., 2025.

Una vez ingresados los datos iniciales para la creación del plan, se procede a seleccionar el equipo al cual se le realizará el mantenimiento. Este paso se realiza dentro de la ubicación técnica correspondiente en SAP, asegurando la trazabilidad del mantenimiento asociado al equipo.

Figura 30

Selección del Equipo en SAP



Nota. En la figura se ilustra el proceso de selección del equipo en SAP para asociarlo al plan de mantenimiento preventivo. Adoptado de *Procedimientos de Mantenimiento en la PTAR de Diaco S.A.*, por Diaco S.A., 2025.

Luego de asociar el equipo, se ingresan las actividades específicas de mantenimiento, detallando cada tarea requerida. Adicionalmente, se define la frecuencia de ejecución para garantizar la periodicidad del plan, adaptándose a los requerimientos técnicos y operativos del equipo.

Figura 31

Creación de actividades de mantenimiento con frecuencia

Op.	SOp	PtoTrb	Ca	Cbl	Descripción operación	T. Trabajo	Un. M	Dur.	Un. C	%	Distrib	Fac	CAAct
0020	UT1-EL	1000	3901		LIQNEZA GENERAL	✓ 3	H	1	H	2	100	L	
0020	UT1-EL	1000	3901		BLOQUEO DE ENERGIAS PELIGROSAS	✓ 5,5	H	1	H	2	100	L	
0030	UT1-EL	1000	3901		REVISIÓN ELECTRICA	✓ 3	H	1	H	2	100	L	
0040	UT1-EL	1000	3901		REVISIÓN MECANICA	✓ 3	H	1	H	2	100	L	
0050	UT1-EL	1000	3901		DRENO AUTOMATICO	✓ 5,5	H	1	H	2	100	L	
0060	UT1-EL	1000	3901		PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO	✓ 5,5	H	1	H	2	100	L	
0070	UT1-EL	1000	3901										
0080	UT1-EL	1000	3901										
0090	UT1-EL	1000	3901										
0100	UT1-EL	1000	3901										
0110	UT1-EL	1000	3901										
0120	UT1-EL	1000	3901										
0130	UT1-EL	1000	3901										
0140	UT1-EL	1000	3901										
0150	UT1-EL	1000	3901										
0160	UT1-EL	1000	3901										
0170	UT1-EL	1000	3901										
0180	UT1-EL	1000	3901										

Nota. En la imagen se describen las actividades y la frecuencia programada para el mantenimiento preventivo, configuradas para su ejecución en SAP. Adoptado de *Procedimientos de Mantenimiento en la PTAR de Diaco S.A.*, por Diaco S.A., 2025.

Finalmente, se accede a la transacción correspondiente para activar el plan de mantenimiento. Este paso asegura que las órdenes de mantenimiento se generen automáticamente según la programación definida, garantizando su implementación dentro de las operaciones de la planta.

Figura 32

Puesta en Marcha del Plan de Mantenimiento en SAP

The screenshot shows a SAP window titled 'Plan de mantenimiento preventivo' with a sub-header 'Programar plan de mantenimiento preventivo: Plan estrategia UT-PRE-CA1'. Below the header, there are navigation buttons: 'Inicio', 'Inicio en el ciclo', 'Iniciar de nuevo', 'Toma de mantenimiento manual', and 'Lista resumen progr.mantenimiento'. A search field contains 'UT-PRE-CA1PP PLAN PREVENTIVO COMPRESOR AITOWER ...'. The main area has tabs for 'Llamadas programadas', 'Llamadas manuales', 'Parám.programación plan mantenimiento', and 'Datos adicional...'. A table titled 'Lista programación' displays the following data:

N...	FechaPrev.	Fecha de toma	Fecha de ...	Paquet.ven...	Cl.programación/Status	Des...	Unidad
1	07.02.2025	01.02.2025		1M	Reanudar ,Espera		
2	14.03.2025	09.03.2025		1M	Programado,Espera		
3	22.04.2025	16.04.2025		1M	Programado,Espera		
4	28.05.2025	23.05.2025		1M	Programado,Espera		
5	03.07.2025	28.06.2025		1M	Programado,Espera		
6	08.08.2025	03.08.2025		1M	Programado,Espera		
7	13.09.2025	08.09.2025		1M	Programado,Espera		
8	18.10.2025	13.10.2025		1M	Programado,Espera		
9	25.11.2025	19.11.2025		1M	Programado,Espera		
10	02.01.2026	27.12.2025		1M	Programado,Espera		

Nota. En la imagen se muestra cómo queda programado el plan de mantenimiento, permitiendo la generación automática de órdenes de mantenimiento. Adoptado de *Procedimientos de Mantenimiento en la PTAR de Diaco S.A.*, por Diaco S.A., 2025.

4.3.5.3 Seguimiento de los planes de mantenimiento

Para verificar la ejecución de las actividades de mantenimiento por parte de los operarios, se utilizó la transacción IW38 en SAP. En esta transacción, se aplicó un filtro para buscar órdenes de mantenimiento que se ejecutaron en un rango específico de fechas y se seleccionó la opción de verificación mediante el check de "concluido", lo cual permitió identificar las órdenes cerradas. Este procedimiento aseguró el seguimiento adecuado de las actividades programadas, ya que los operarios son responsables de cerrar las órdenes tras la ejecución del mantenimiento. En la *Figura 33* se muestra cómo se realiza este proceso, incluyendo la selección del rango de fechas y el estado de las órdenes de mantenimiento.

Figura 33

Seguimiento de actividades de mantenimiento

Nota. En la imagen se ilustra el procedimiento de verificación en la transacción IW38, destacando el uso de filtros y el check de "concluido", se debe ingresar las fechas dentro de un periodo de tiempo la ubicación de la planta y de la plana de tratamiento. Adoptado de *Procedimientos de Mantenimiento en la PTAR de Diaco S.A.*, por Diaco S.A., 2025.

A continuación, en la figura 33 se desplegó una lista que muestra todas las actividades de mantenimiento de la planta ejecutadas en el rango de fechas especificado. En esta lista se observaron los mantenimientos a los cuales se les dio tratamiento durante dicho periodo, destacando el mantenimiento del compresor Kaeser y el mantenimiento eléctrico de la planta de tratamiento.

Figura 34

Tratamiento de ordenes

Id	Autor	Fe.inic.extrema	Clorden	Status de usuario	Ind.ABC	Orden	Pto.tbjo.resp.	Equipo	Texto breve
IP1020250...		10.03.2025	PM03	O2AR	A	3063038	UT1-EL		MTTO ELECTR PREVE RETORNO PRIMARI MCC
CCALA		03.02.2025	PM03	O2AR	A	3062351	UT1-EL		MTTO ELECTR PREVE RETORNO PRIMARI MCC
IP1020250...		03.03.2025	PM03	O2AR	A	3063982	UT1-EL		MTTO ELECTR PREVE RETORNO SECUNDARI MCC
CCALA		17.02.2025	PM03	O2AR	A	3062352	UT1-EL		MTTO ELECTR PREVE RETORNO SECUNDARI MCC
IP1020250...		10.03.2025	PM03	O2AR	A	3063712	UT1-EL		MTTO ELE PREVENTIVO TORRES DEPURADOR HU
CCALA		10.02.2025	PM03	O2AR	A	3062353	UT1-EL		MTTO ELE PREVENTIVO TORRES DEPURADOR HU
IP1020250...		24.02.2025	PM03	O2AR	A	3063039	UT1-EL		MTTO ELECTRIC PREVENTIVO TORRES ACERIA
CCALA		03.02.2025	PM03	O2AR	A	3062354	UT1-EL		MTTO ELECTRIC PREVENTIVO TORRES ACERIA
IP1020211...		27.01.2025	PM03	O2AR	A	3011294	UT1-EL		MTTO ELE PREVENTIVO TORRE MAQUINA COLADO
IP1020250...		17.02.2025	PM03	O2AR	A	3062728	UT1-EL		MTTO ELE PREVENTIVO TORRE MAQUINA COLADO
IP1020250...		03.03.2025	PM03	O2AR	A	3063713	UT1-EL		MTTO ELE PREVENTIVO TORRE MAQUINA COLADO
IP1020241...		03.02.2025	PM03	O2AR	A	3058702	UT1-EL		MTO ELECTRI PREVENT MEDIDORES GAS PLANTA
CCALA		24.02.2025	PM03	O2AR	A	3062371	UT1-EL		MTO ELECTRICO ESTACION PPL N° 1 GAS PLANT
CCALA		17.02.2025	PM03	O2AR	A	3062396	UT1-EL		PLAN PREVENTIVO COMPRESOR AITOWER 7.5 HP
WAPESCA		18.02.2025	PM03	O2AR	A	3063459	UT1-EL	UTI-MEO-	cambio motor bomba 3 dep humos
IP1020250...		10.02.2025	PM03	O2AR	A	3061509	UT1-EL		MTTO ELECTR PREVE BOMBAS RED EMERGENCIA
IP1020250...		10.03.2025	PM03	O2AR	A	3062414	UT1-EL		MTTO DETECTORES RADIOACTIVIDAD PLANTA
IP1020241...		10.02.2025	PM03	O2AR	A	3060802	UT1-EL		PLAN MTTO PREV RADIOACTIVIDAD PORTERIA 2
GASOTELO		03.02.2025	PM03	O2AR	A	3062289	UT1-EL		MTTO ELECTRICO PREVENTI BOMBAS RIO
IP1020250...		10.03.2025	PM03	O2AR	A	3063799	UT1-EL		MTTO ELECTRICO PREVENTI BOMBAS RIO
IP1020250...		17.02.2025	PM03	O2AR	A	3063015	UT1-EL		MTTO ELECTRICO PREVENTI BOMBAS RIO
IP1020250...		10.03.2025	PM03	O2AR	A	3063801	UT1-EL		MTTO ELECTRICO PREVENTIVO PLANTA PTARD
IP1020250...		17.02.2025	PM03	O2AR	A	3063019	UT1-EL		MTTO ELECTRICO PREVENTIVO PLANTA PTARD
CCALA		03.02.2025	PM03	O2AR	A	3062378	UT1-EL		MTTO ELECTRICO PREVENTIVO PLANTA PTARD
IP1020250...		10.03.2025	PM03	O2AR	A	3064128	UT1-EL		PLAN PREVENTIVO COMPRESOR AITOWER 7.5 HP
IP1020250...		03.02.2025	PM03	O2AR	A	3061504	UT1-EL		MTTO ELECTR PREVENT COMP LAMINACION
IP1020250...		10.03.2025	PM03	O2AR	A	3064394	UT1-EL		MTTO ELECTR PREVENT COMP LAMINACION
IP1020250...		03.03.2025	PM03	O2AR	A	3063349	UT1-EL		MTTO ELECTRI PREVENTI BOMBAS ENFRIAMI
IP1020250...		27.01.2025	PM03	O2AR	A	3061841	UT1-EL		MTTO ELECTRI PREVENTI BOMBAS ENFRIAMI
IP1020250...		10.02.2025	PM03	O2AR	A	3062655	UT1-EL		MTTO ELECTRI PREVENTI BOMBAS ENFRIAMI
GASOTELO		03.02.2025	PM03	O2AR	A	3062290	UT1-EL		MTTO ELECTRI PREVENTI BOMBAS ENVIO LAM
IP1020250...		03.03.2025	PM03	O2AR	A	3063800	UT1-EL		MTTO ELECTRI PREVENTI BOMBAS ENVIO LAM
IP1020250...		17.02.2025	PM03	O2AR	A	3063016	UT1-EL		MTTO ELECTRI PREVENTI BOMBAS ENVIO LAM
IP1020241...		27.01.2025	PM03	O2AR	A	3060162	UT1-EL		MTTO ELECTRI PREVENTI BOM DESHORNADORA
IP1020250...		03.03.2025	PM03	O2AR	A	3063357	UT1-EL		MTTO ELECTRI PREVENTI BOM DESHORNADORA
IP1020250...		10.02.2025	PM03	O2AR	A	3062661	UT1-EL		MTTO ELECTRI PREVENTI BOM DESHORNADORA
IP1020250...		17.02.2025	PM03	O2AR	A	3063020	UT1-EL		MTTO ELECTRICO PREVENTI RETORNO T.2

Nota. En la imagen se muestran las ordenes con cierre técnico en las fechas establecidas.

Adoptado de Procedimientos de Mantenimiento en la PTAR de Diaco S.A., por Diaco S.A., 2025.

Al ingresar a la orden correspondiente al compresor Kaeser, se verificó que esta cuenta con el respectivo cierre técnico, identificado mediante las siglas CTEC. Además, se constató que el mantenedor adjuntó un archivo relacionado con la intervención, el cual será incluido en los anexos del documento.

5. Conclusiones

El trabajo realizado permitió estructurar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos críticos de la PTAR de Diaco S.A., basado en un análisis detallado de criticidad utilizando una matriz semicuantitativa. Este enfoque permitió priorizar intervenciones en los equipos más críticos, como el compresor Kaeser, el tablero eléctrico, y las bombas de tratamiento químico, garantizando su operatividad y optimizando la recirculación de agua según la política de cero vertimientos de la empresa.

El proyecto contribuyó significativamente a la gestión del mantenimiento en la PTAR al incorporar estrategias de programación en SAP, como la creación de órdenes de mantenimiento y la verificación de su cumplimiento mediante herramientas como la transacción IW38. Esto no solo mejoró el seguimiento de las actividades de mantenimiento, sino que también fortaleció la cultura de cumplimiento técnico dentro de la planta, asegurando que las intervenciones se realicen en tiempo y forma.

Si bien el plan desarrollado establece una base sólida para el mantenimiento preventivo, su implementación inicial puede requerir ajustes para adaptarse a imprevistos operativos o cambios en las condiciones de los equipos. Para futuros estudios, sería conveniente explorar la integración de metodologías predictivas basadas en análisis de datos en tiempo real, así como ampliar la capacitación de los operarios en herramientas avanzadas de SAP para mejorar la autonomía y precisión en la ejecución del mantenimiento.

Referencias Bibliográficas

(2021) Evolución del mantenimiento. <https://www.predictiva21.com>

Alarcón P, R. V., Gómez, F. R., & Rojas J, F. A. (2005). *Reportes Financieros Burkenroad*. Colombia .

Bernal Caro, L. D. (2021). *Optimización del Plan de Mantenimiento Preventivo de la Empresa de Fosfatos Dd Boyacá S.A.* Duitama.

Contreras Bautista, L. F. (2022). *Diseño y Estructuración de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Empresa Comercializadora Normetales S.A.S.* San Jose de Cucuta .

Contreras Márquez, J. (2021). Evolución de mantenimiento.

Díaz Marín, J. D. (2024). *Implementación de un Plan de Mantenimiento Integral para una Planta de Embotellado.* Medellín.

García Sierra, J., Cárcel Carrasco, J., & Mendoza Valencia , J. (2019). *Importancia del mantenimiento, aplicacion a una industria textil y su evolución en efiicencia* .

Garzón , E. L., & Espejo , J. C. (2023). *Plan de Mantenimiento para el Proceso de Deshidratación de Lodos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales los Puentes Mosquera.* Bogota, Colombia .

Gutiérrez, E., Agüero, M., & Ivanéska , C. (23 de Diciembre de 2019). *Análisis de Criticidad Integral de Activos.* Obtenido de PREDICTIVA21: <https://predictiva21.com/analisis-criticidad-integral-activos>

Huerta Mendoza, R. ((s.f)). *El Analisis de Criticidad, una Metodologia para la Mejorar* .
Venezuela.

Ing.Armijos, P. (2018). *Elaboracion de Plan de Mantenimiento de Activos de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales de Ucubamba, alineando a Gestion de Mantenimiento con el Plna Estratégico de la Empresa ETAPA EP*. Ecuacor .

Lopez Garcia , J. E. (2023). Diseño de investigación de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad (rcm) para bombas y reductores de la planta de tratamiento de aguas residuales del departamento de cogeneración de un ingenio azucarero ubicado en el departamento de retalhuleu. Guatemala.

Mora Gutiérrez, A. (2009). *Mantenimiento Planeación, ejecución y control*. México .

Pérez Rondón, F. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*.
Bucaramanga : Editoriales USTA .

Solex. (20 de Septiembre de 2024). *solex*. Obtenido de Solex:
<https://www.solex.biz/noticias/taxonomia-para-la-gestion-de-activos/>

Troconis, A. (2010). *Tratamiento de aguas residuales* .

Vaca, I. C., & Ing. Obandi Quito, R. F. (2022). Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos. *JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES*.

Vedan, A. (28 de Enero de 2025). *TRACTIAN*. Obtenido de TRACTIAN:
<https://traction.com>

Apéndices

Apéndices B. Fichas técnicas

Se muestran las fichas técnicas de cada uno de los equipos principales de la PTAR

Figura 36

Ficha Técnica Compresor KAESER

		FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS				Código 1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1-COM1 Versión 001	
Sección Planta	Utilidades-PTAR			Modelo	Airtower 3C		
Centro de Costo	Mantenimiento Central						
Equipo	Compresor			Ubicación	Planta TUTA		
Marca	Kaeser			Fabricante	Kaeser Kompressoren SE		
Tipo	Aireación			Serie	Airtower 3C-7.5 C		
Fecha de Recepción	24/10/2018			Fecha ult. Revisión	15/08/2019		
Fecha de Instalación	25/09/2019			Revisado por	JEDY DAVILA		
Proveedor	KAESERCOMPRESORES	E-Mail	info.colombia@kaeser.com		Cel.	3124367334	
Características Generales							
Peso	628 [lb]	Altura	24,375[in]	Ancho	38,625[in]	Longitud	58,250[in]
Características Técnicas				Imagen Equipo			
Potencia del motor [3 HP] Tipo de fluido SIGMA FLUID M-460 Suministro eléctrico 208/230/460V/3/ 60 Hz Tamaño del tanque de Almacenamiento de aire 53 [gal] Temperatura mínima de conexión 40 [°F] Temperatura típica de operación durante operación 150 -200 [°F] Máxima temperatura final de compresión apagado de seguridad 230 [°F]							
Proveedor							
Caudal 12,01 [cfm] Presión 125 [Psi]							
Mantenimiento							
Repuestos y/o consumibles							
Manómetro, rodamientos, filtro de aire comprimido, aceite, filtro, fajas.							
Observaciones	Presión de trabajo max.160 psig para configuraciones estándar , presión de trabajo máx. 217 psig para configuración máx.			Aplicación del equipo	El compresor tiene la función de suministrar aire a la bomba neumática, la cual se encarga de actuar sobre el filtro prensa. Este proceso permite comprimir los lodos generados durante el tratamiento, facilitando su deshidratación y manejo adecuado dentro del sistema..		

Figura 38

Ficha Técnica Soplador MBBR

		FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS		Código	1000-UT1-UGS1-PTR1-SPA2	
				Versión	001	
Sección Planta	Utilidades-PTAR		Modelo	SAE-3L-10-C		
Centro de Costo	Mantenimiento Central		Proveedor	GARDNER		
Equipo	Soplador MBBR		Ubicación	MBBR		
Marca	GardnerDender		Fabricante	GARDNER DENVER		
Tipo	Aireación		Serie	SUTORBILT LEGEND®		
Fecha de Recepción	24/10/2018		Fecha ult. Revisión			
Fecha de Instalación	25/09/2019		Revisado por	JEDY DAVILA		
Proveedor	SOLUCIONESAVANZADASDEENERGIA	E-Mail	Info@saeltda.com	Cel.	3153410200	
Características Generales						
Peso		Altura		Ancho		Longitud
Características Técnicas			Imagen Equipo			
Potencia del motor 1,5 [Hp] Voltaje 220 [V] de Corriente Monofasica Tipo						
Datos de operación						
Caudal 142 [SCFM] Presión 5,7 [Psi] Temperatura de Succion 20°C						
Mantenimiento						
Repuestos y/o consumibles						
Manómetro, rodamientos,oring, rele, contactor, aceite, filtro.						
Observaciones	Lubricacion por salpique a ambos lados del soplador,		Aplicación del equipo			

Figura 39

Ficha Técnica Unidad Ultravioleta



		FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS		Código	1000-UT1-UGS1-PTR1-UUV1		
				Versión	001		
Sección Planta	Utilidades-PTAR			Modelo	R.PKBAL.PLAT18		
Centro de Costo	Mantenimiento Central			Proveedor	Purikor		
Equipo	Unidad ultravioleta			Ubicación	Unidad ultravioleta		
Marca	PURIKOR			Fabricante	Panachlor		
Tipo	Centrifuga			Serie	Serie platinum		
Fecha de Recepción				Fecha ult. Revisión			
Fecha de Instalación		25/09/2019		Revisado por		JEDY DAVILA	
Proveedor	Panachlor		E-Mail	ventas@panachlor.com	Cel.	3114365234	
Características Generales							
Peso	5,9[kg]	Altura	13[cm]	Ancho	95,5[cm]	Longitud	11,5[cm]
Características Técnicas				Imagen Equipo			
Potencia del motor 0,12 [Hp] Voltaje 200 [V] de Corriente Monofasica							
Datos de operación							
Caudal 4 [m3/h]		Presión 25 [Psi]					
Mantenimiento							
Repuestos y/o consumibles							
Cable de alimentación, oring, manda de cuarzo, balastro electronica,foco emisor UV							
Observaciones	Sistema de desinfeccion con luz uv, concexiones de entrad y salida 1" NPT macho y 3/4" hembra rosca de tubería nacional,			Aplicación del equipo			

Figura 40

Ficha Técnica Bomba Dosificación Coagulante



		FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS		Código	1000-UT1-UGS1-PTR1-BDC1		
				Versión	001		
Sección Planta	Utilidades-PTAR			Modelo	AKS 603 NHP		
Centro de Costo	Mantenimiento Central			Proveedor	Diseño y aplicaciones de ING LTDA.		
Equipo	Bomba dosificacion Coagulante			Ubicación	Tanque de Preparacion de Floculante		
Marca	SEKO			Fabricante	SEKO		
Tipo	Dosificador			Serie	TEKNA EVO		
Fecha de Recepción				Fecha ult. Revisión		15/08/2019	
Fecha de Instalación		25/09/2019		Revisado por		JEDY DAVILA	
Proveedor	disap.ltda		E-Mail	infi@disapltda.com		Cel.	3156127593
Características Generales							
Peso	3[kg]	Altura	231[cm]	Ancho	119[cm]	Longitud	145,4[cm]
Características Técnicas				Imagen Equipo			
Potencia del motor 0,03 [Hp] Voltaje 120 [V] de Corriente Trifasica Tipo							
Datos de operación							
Caudal 10 [ml/min] Presión 10 [Psi]							
Mantenimiento							
Repuestos y/o consumibles							
Diagrama, Mangueras, Valvula de pie; Valvulas de inyeccion.							
Observaciones				Aplicación del equipo			

Figura 41

Ficha Técnica Dosificación Floculante



		FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS		Código	1000-UT1-UGS1-PTR1-BDF1		
				Versión	001		
Sección Planta	Utilidades-PTAR			Modelo	AKS 803 NHP		
Centro de Costo	Mantenimiento Central			Proveedor	Diseño y aplicaciones de ING LTDA.		
Equipo	Bomba dosificación Floculante			Ubicación	Tanque de Preparacion de Floculante		
Marca	SEKO			Fabricante	SEKO		
Tipo	Dosificador			Serie	TEKNA EVO		
Fecha de Recepción				Fecha ult. Revisión		15/08/2019	
Fecha de Instalación		25/09/2019		Revisado por		JEDY DAVILA	
Proveedor	disap.ltda		E-Mail	infi@disapltda.com		Cel.	3156127593
Características Generales							
Peso	5[kg]	Altura	231[cm]	Ancho	119[cm]	Longitud	149,4[cm]
Características Técnicas				Imagen Equipo			
Potencia del motor 0,04 [Hp] Voltaje 120 [V] de Corriente Trifasica Tipo							
Datos de operación							
Caudal 400 [ml/min] Presión 10 [Psi]							
Mantenimiento							
Repuestos y/o consumibles							
Diagrama, Mangueras, Valvula de pie; Valvulas de inyeccion.							
Observaciones				Aplicación del equipo			

Figura 42

Ficha Técnica Dosificación Cal





		FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS		Código	1000-UT1-UGS1-PTR1-BDF1		
				Versión	001		
Sección Planta	Utilidades-PTAR			Modelo	605J-3EB		
Centro de Costo	Mantenimiento Central			Proveedor	Diseño y aplicaciones de ING LTDA.		
Equipo	Bomba Dosificadora de Sal			Ubicación	Alimentacion filtro prensa		
Marca	ARO			Fabricante	SEKO		
Tipo	Nuematica			Serie	TEKNA EVO		
Fecha de Recepción				Fecha ult. Revisión		15/08/2019	
Fecha de Instalación		25/09/2019		Revisado por		JEDY DAVILA	
Proveedor	disap.ltda		E-Mail	www.ingersollrandproducts.co		Cel.	8004950276
Características Generales							
Peso	5[kg]	Altura	288[mm]	Ancho	207,1[mm]	Longitud	164[mm]
Características Técnicas				Imagen Equipo			
Potencia del motor 0,04 [Hp] Voltaje 120 [V] de Corriente Trifasica Tipo							
Datos de operación							
Caudal 0,08 [m3/h] Presión 25 [Psi]							
Mantenimiento							
Repuestos y/o consumibles							
Unidad de mantenimineto, Diafragma, Electro valvula, Oring, Bola; Asiento de bola							
Observaciones				Aplicación del equipo			

Figura 43

Ficha Técnica Bomba Neumática

		FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS			Código Versión		1000-UT1-UGS1-PTR1-BDF1 000	
Sección Planta	Utilidades-PTAR			Modelo	605J-3EB			
Centro de Costo	Mantenimiento Central			Proveedor	Diseño y aplicaciones de ING LTDA.			
Equipo	Bomba alimentacion filtro prensa			Ubicación	Alimentacion filtro prensa			
Marca	ARO			Fabricante	SEKO			
Tipo	Nuematica			Serie	TEKNA EVO			
Fecha de Recepción					Fecha ult. Revisión		15/08/2019	
Fecha de Instalación					Revisado por		JEDY DAVILA	
Proveedor	disap.ltda		E-Mail	www.ingersollrandproducts.co		Cel.	8004950276	
Características Generales								
Peso	5[kg]	Altura	288[mm]	Ancho	207,1[mm]	Longitud	164[mm]	
Características Técnicas				Imagen Equipo				
Potencia del motor 0,04 [Hp] Voltaje 120 [V] de Corriente Trifasica Tipo								
Datos de operación								
Caudal 0,08 [m3/h] Presión 25 [Psi]								
Mantenimiento								
Repuestos y/o consumibles								
Unidad de mantenimineto, Diafragma, Electro valvula, Oring, Bola; Asiento de bola								
Observaciones				Aplicación del equipo				

Apéndice C. Actividades de Mantenimiento Realizadas

En este anexo se describen las principales actividades de mantenimiento incluidas y ejecutadas en el plan preventivo desarrollado para la PTAR de Diaco S.A., entre las cuales destacan las inspecciones termográficas trimestrales en el tablero eléctrico para identificar puntos calientes, el ajuste y revisión de tornillería en las bombas de coagulante, floculante, cal y bombeo para garantizar un ensamblaje seguro, la limpieza de los sopladores de aire y agitadores químicos para evitar obstrucciones, así como el mantenimiento del compresor del soplador de productos químicos mediante limpieza, cambio de filtros y lubricación. Adicionalmente, se realizaron verificaciones de conexiones eléctricas, inspecciones de sellos mecánicos y revisión de los sistemas de enfriamiento de los equipos críticos. En la Figura 44 se presentan algunas de estas actividades realizadas, ilustrando los procedimientos y condiciones de los equipos antes y después del mantenimiento.

Figura 45

Mantenimiento Tablero Eléctrico



Figura 46

Mantenimiento Tablero Eléctrico Termografías.



Figura 47

Mantenimiento Compresor Kaeser - Cambio de Filtros



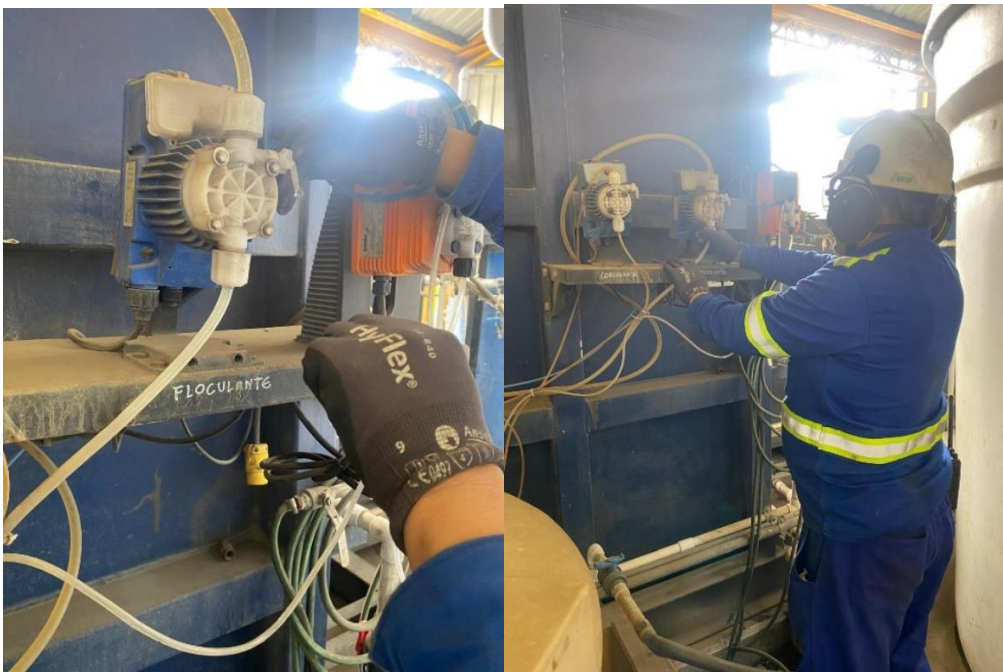
Figura 48

Mantenimiento Soplador Productos Químicos



Figura 49

Mantenimiento Bombas de suministro de Productos Químicos



Apéndice D. Formato Actividades de Mantenimiento

Figura 50

Formato de actividades de mantenimiento Eléctricas

AREA	PLANTA PTARD	
FRECUENCIA	NOMBRE DEL EQUIPO Y TAREA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANTA PTARD
3 MESES	NOMBRE DEL PLAN	MITO GENERAL ELECTRICO PLANTA PTRD
	UBICACION TECNICA	1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1
	DENOMINACION DEL PLAN	UT-PRE-ELPTD
	HOJA DE RUTA	UTPAELPT
operaciones	Nombre	descripcion
10	ACTIVIDADES PRELIMINARES	Para realizar cualquier mantenimiento, se debe garantizar el bloqueo y etiquetado de energías para evitar riesgos eléctricos o mecánicos. Además, se debe utilizar el equipo de protección personal (EPP) adecuado según el tipo de mantenimiento: casco, gafas de seguridad, guantes dieléctricos, guantes de nitrilo, botas dieléctricas y ropa de trabajo resistente.
20	MANTENIMIENTO PREVENTIVO TABLERO ELECTRICO	<p>Antes de realizar cualquier mantenimiento, se debe efectuar como primer paso un chequeo con cámara termográfica para identificar posibles puntos calientes. Este procedimiento es fundamental ya que permite evaluar el equipo mientras está en funcionamiento, asegurando así la detección de anomalías térmicas que podrían comprometer su desempeño o seguridad.</p> <p>1. Revisión de Puntos Calientes con Cámara Termo gráfica</p> <ul style="list-style-type: none"> •Paso 1: Encender y calibrar la cámara termo gráfica. •Paso 2: Escanear el tablero eléctrico, prestando especial atención a conexiones, terminales y componentes de alto consumo. •Paso 3: Identificar puntos calientes que puedan indicar fallos o sobrecargas. •Paso 4: Registrar los resultados del escaneo en el reporte de mantenimiento para su análisis y acciones correctivas. <p>2. Desenergizar el Tablero Eléctrico</p> <ul style="list-style-type: none"> •Paso 1: Identificar el interruptor general del tablero eléctrico. •Paso 2: Desconectar el interruptor general para cortar el suministro eléctrico. •Paso 3: Verificar la ausencia de corriente en el tablero utilizando un multímetro calibrado. •Paso 4: Notificar al personal involucrado que el tablero está fuera de servicio. <p>3. Revisión de Conexión Eléctrica de los Tableros</p> <ul style="list-style-type: none"> •Paso 1: Realizar una inspección visual de los cables, terminales y conectores. •Paso 2: Identificar signos de desgaste, corrosión o conexiones flojas. •Paso 3: Ajustar las conexiones utilizando desatornillador dieléctrico si es necesario. •Paso 4: Registrar cualquier componente defectuoso en el reporte de mantenimiento para su corrección. <p>4. Limpieza General del Tablero Eléctrico</p> <ul style="list-style-type: none"> •Paso 1: Utilizar un soplador manual para retirar el polvo y la suciedad acumulada en el interior del tablero. •Paso 2: Asegurarse de que las rejillas de ventilación estén libres de residuos. •Paso 3: Evitar el uso de herramientas metálicas para prevenir daños o cortocircuitos. •Paso 4: Revisar que no queden residuos en los componentes internos del tablero. <p>5. Verificar el Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> •Paso 1: Retirar cualquier dispositivo de bloqueo o señalización de desenergización.
40	MTTO PREVENTIVO ELEC BOMBAS DOSIFICADORAS	<p>2. Verificar las Conexiones Eléctricas</p> <ul style="list-style-type: none"> •Paso 1: Inspeccionar los cables y terminales en busca de daños, corrosión o desgaste. •Paso 2: Comprobar el voltaje suministrado para asegurarse de que sea adecuado. <p>6. Prueba de Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> •Paso 1: Coordinar con el electricista de turno para la puesta en marcha de la bomba. •Paso 2: Abrir el racor de activación girando el pomo en el sentido contrario a las manecillas del reloj. •Paso 3: Esperar que salga líquido conectado con el racor. •Paso 4: Una vez que la bomba esté completamente llena de líquido, cerrar el racor. •Paso 5: Verificar el correcto funcionamiento de la bomba. <p>3. Revisión Eléctrica de la Bomba</p> <ul style="list-style-type: none"> •Paso 1: Verificar el estado del cableado eléctrico y las conexiones del motor.
40	MTTO PREVENTIVO ELEC BOMBA EVACUACION FINAL	<ul style="list-style-type: none"> •Paso 2: Asegurarse de que no existan puntos de desgaste, cortes o corrosión en los terminales. <p>5. Prueba de Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> •Paso 1: Coordinar con el electricista de turno para la puesta en marcha de la bomba. •Paso 2: Garantizar que el equipo funcione correctamente.

Figura 51

Formato de actividades de mantenimiento Mecánicas

AREA	PLANTA PTARD	
FRECUENCIA	NOMBRE DEL EQUIPO Y TAREA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANTA PTARD
3 MESES	NOMBRE DEL PLAN	MTTO GENERAL COMPONE MECANICO PLANTA PTRD
	UBICACION TECNICA	1000-UT1-UGS1-STA01-PTR1
	DENOMINACION DEL PLAN	UT-PRE-MEPTD
	HOJA DE RUTA	UTPA0EPT
operaciones	nombre	descripción
10	ACTIVIDADES PRELIMINARES	Para realizar cualquier mantenimiento, se debe garantizar el bloqueo y etiquetado de energías para evitar riesgos eléctricos o mecánicos. Además, se debe utilizar el equipo de protección personal (EPP) adecuado según el tipo de mantenimiento: casco, gafas de seguridad, guantes dieléctricos, guantes de nitrilo, botas dieléctricas y ropa de trabajo resistente.
20	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA BOMBAS DOSIFICADORAS	<p>Inspeccionar el Anclaje y Tornillería</p> <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Verificar que la bomba esté correctamente fijada a su base. •Easo 2: Apretar los pernos de fijación del cuerpo de la bomba aplicando un torque de 4 Nm. . <p>Revisión de Válvulas de Succión y Descarga</p> <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Inspeccionar las válvulas de succión y descarga. •Easo 2: Verificar el estado de los O-ring, asientos y componentes internos para asegurar el sellado y el flujo adecuado. <p>4. Realizar Limpieza General</p> <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Remover residuos químicos y suciedad acumulada en la carcasa de la bomba y las conexiones hidráulicas. •Easo 2: Asegurar un entorno limpio y seguro alrededor de la bomba. <p>5. Inspeccionar el Sistema de Tuberías y Conexiones</p> <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Revisar mangueras y tuberías para detectar fugas, desgaste o conexiones inseguras. •Easo 2: Ajustar las conexiones si es necesario. •Easo 3: Limpiar las válvulas para eliminar incrustaciones. •Easo 4: Apretar las abrazaderas de forma manual, asegurándose de no exceder la fuerza aplicada para evitar daños. <p>6. Prueba de Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Coordinar con el electricista de turno para la puesta en marcha de la bomba. •Easo 2: Abrir el racor de activación girando el pomo en el sentido contrario a las manecillas del reloj. •Easo 3: Esperar que salga líquido conectado con el racor. •Easo 4: Una vez que la bomba esté completamente llena de líquido, cerrar el racor. •Easo 5: Verificar el correcto funcionamiento de la bomba.
30	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA BOMBAS NEUMÁTICAS DE DIAFRAGMA	<p>1. Inspeccionar el Anclaje y Tornillería</p> <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Verificar que la bomba esté firmemente asegurada a su base. •Easo 2: Ajustar los tornillos para evitar movimientos o vibraciones. <p>2. Revisar el Sistema Neumático</p> <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Inspeccionar las conexiones de aire comprimido, válvulas y tubos. •Easo 2: Detectar posibles fugas o daños en el sistema neumático. <p>3. Revisión de Válvulas de Retención y Descarga</p> <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Comprobar el estado de las válvulas sin necesidad de desmontarlas. •Easo 2: Asegurarse de que las válvulas funcionen correctamente. <p>4. Inspeccionar las Mangueras y Conexiones</p> <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Revisar las mangueras de succión y descarga para verificar su estado. •Easo 2: Asegurarse de que las conexiones estén bien ajustadas para evitar fugas o daños. <p>5. Comprobar la Presión de Trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Medir la presión de trabajo utilizando un manómetro. •Easo 2: Verificar que la presión esté dentro de los parámetros recomendados por el fabricante. 6. <p>Realizar Limpieza General</p> <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Limpiar las superficies externas de la bomba y sus componentes. •Easo 2: Evitar la acumulación de polvo o residuos en la bomba. <p>7. Registrar Observaciones y Resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Documentar todos los hallazgos durante el mantenimiento. •Easo 2: Registrar los ajustes realizados para futuras referencias.
40	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA BOMBAS DE EVACUACIÓN FINAL	<p>1. Inspeccionar el Anclaje y Tornillería</p> <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Verificar que la bomba esté firmemente asegurada. •Easo 2: Ajustar los tornillos para evitar movimientos o vibraciones. <p>2. Limpieza General</p> <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Limpiar las superficies externas de la bomba y sus componentes. •Easo 2: Tener en cuenta el aislamiento del motor durante la limpieza. 4. Revisión Mecánica de la Bomba <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Inspeccionar visualmente el estado externo de la bomba. •Easo 2: Verificar la ausencia de grietas, deformaciones o daños en la carcasa y las conexiones. •Easo 3: Comprobar que no existan fugas de líquidos en los sellos mecánicos o empaques. •Easo 4: Asegurar que las superficies estén limpias y libres de acumulaciones de residuos. <p>5. Prueba de Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> •Easo 1: Coordinar con el electricista de turno para la puesta en marcha de la bomba. •Easo 2: Garantizar que el equipo funcione correctamente.

En los dos formatos se adjuntan las actividades de mantenimiento que se deben realizar a los equipos críticos de la planta de tratamiento, las actividades se agregan de esta manera para su posterior tratamiento la plataforma SAP.