

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Propuesta para la Implementación de la Gestión de Activos Eléctricos en la PTAR urbana del municipio de Yumbo basados en la Norma ISO 55000-1

JOSE FERNANDO PUENTES ESPINOSA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Gestión del Mantenimiento Industrial

Asesor(es)
Daniel Sanín Villa
María Isabel Ardila Marín

Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM
Facultad de Ingenierías
Departamento Mecatrónica y Electromecánica
Medellín, Colombia
2024

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

RESUMEN

Este trabajo presenta una propuesta integral para la implementación de la Gestión de Activos Eléctricos en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) urbana del municipio de Yumbo, basada en la Norma ISO 55000-1. La metodología empleada incluyó la evaluación de las exigencias de la norma, la realización de una taxonomía de los activos eléctricos y la identificación de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo para estos. Se aplicó el método científico y un enfoque descriptivo y analítico. Los resultados incluyeron un análisis FODA de la situación actual de la PTAR, una propuesta de estructura organizacional y funciones para la gestión de activos eléctricos, la selección y categorización de los activos eléctricos críticos, y la elaboración de una taxonomía según la norma ISO 14224. Además, se propusieron estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo para los activos críticos, junto con una codificación de las tareas de mantenimiento. Se concluye que la propuesta desarrollada sienta las bases para una implementación efectiva de la gestión de activos eléctricos en la PTAR Yumbo, que optimice su desempeño, confiabilidad y eficiencia operativa.

Palabras clave: Gestión de Activos Eléctricos, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), ISO 55000-1, Taxonomía, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

RECONOCIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido de manera significativa a mi formación profesional y al desarrollo de este trabajo de investigación.

En primer lugar, quiero agradecer profundamente a mi familia por su apoyo incondicional, su comprensión y su constante motivación a lo largo de mi trayectoria académica. Su amor y respaldo han sido fundamentales para alcanzar mis metas y superar los desafíos encontrados en el camino.

Agradezco especialmente a mis asesores, Daniel Sanín Villa y María Isabel Ardila Marín, por su valiosa guía, dedicación y conocimientos brindados durante el desarrollo de este trabajo. Sus orientaciones, consejos y retroalimentación han sido esenciales para llevar a cabo esta investigación de manera rigurosa y exitosa.

Extiendo mi gratitud al ingeniero Mauricio Giraldo, quien desempeñó un rol crucial como asesor externo. Su experiencia, visión y aportes enriquecieron significativamente el enfoque y la calidad de este trabajo. Su disposición para compartir su conocimiento y brindar su perspectiva fue invaluable.

A todos ellos, mi más sincera gratitud por haber sido parte de este logro y por haber dejado una huella positiva en mi formación profesional y personal.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

ACRÓNIMOS

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

ESPY: Empresa Oficial de Servicios Públicos de Yumbo.

KPI: Indicador Clave de Desempeño (Key Performance Indicator, en inglés)

ISO: Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization, en inglés).

CVC: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

CREG: Comisión de regulación de energía y gas.

BCG: Boston Consulting Group.

OR: Operador de red.

ISA: Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

TABLA DE CONTENIDO

2.1	Marco normativo.....	17
2.2	Marco situacional	20
2.3	Contexto general del proyecto	20
2.4	Prácticas comunes en Colombia y otros países	22
3.1	Método de investigación.....	26
3.2	Tipo de investigación.....	26
3.3	Tipo de estudio.....	26
4.1	Análisis y Aplicación de las exigencias de la Norma ISO 55000-1 en la Gestión de Activos Eléctricos en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).	31
4.1.1	Fortalezas:	31
4.1.2	Oportunidades:	32
4.1.3	Debilidades:.....	33
4.1.4	Amenazas:	34
4.1.5	Estrategias Ofensivas:	35
4.1.6	Estrategias Defensivas:.....	36
4.1.7	Estrategias de Reorientación:	36
4.1.8	Estrategias de Supervivencia:.....	37
4.2	Políticas de la ESPY	41
4.3	Pilares de la Gestión de Activos eléctricos en la PTAR, según NTC ISO 55001	42
4.3.1	Contexto de la organización.....	42
4.3.2	Liderazgo	46
4.3.3	Planificación	51
4.3.4	Apoyo	53
4.3.5	Funcionamiento	56
4.3.6	Evaluación del desempeño.....	58
4.3.7	Mejora continua:.....	60

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4.4 Selección y categorización de los activos eléctricos que intervienen en el proceso en la PTAR de Yumbo.	61
4.5 Determinación de activos críticos	64
4.6 Análisis de Criticidad	65
5.1 ¿Qué es la norma ISO 14224?	71
5.2 Propuesta de Taxonomía en la PTAR:	76
5.3 Resultado esperado con la aplicación de la taxonomía:	83
5.4 Implementación de la Taxonomía Propuesta en la PTAR:	86
5.4.1 Comunicación y capacitación:	86
5.4.2 Integración con sistemas existentes:	87
5.4.3 Aplicación en procesos y documentación:	87
5.4.4 Control de calidad y auditoría:	88
5.4.5 Proceso de actualización y mejora continua:	89
5.4.6 Comunicación y colaboración continuas:	90
6.1 Que es mantenimiento?:	91
6.2 Objetivos del mantenimiento	91
6.3 Estrategia de Mantenimiento	91
6.3.1 Mantenimiento Correctivo:	92
6.3.2 Mantenimiento Preventivo:	92
7.0 EL MANTENIMIENTO EN LA PTAR DE YUMBO	95
7.1. Objetivos del mantenimiento Preventivo en la PTAR	96
7.1.1 Optimización del rendimiento de los equipos:	97
7.1.2 Reducción de tiempos de inactividad no planificados:	97
7.1.3 Prolongación de la vida útil de los activos eléctricos:	97
7.2 Beneficios del mantenimiento preventivo	97
7.2.1 Costos asociados al mantenimiento preventivo en la PTAR	99
7.2.2 Ficha técnica de los activos eléctricos de la PTAR	100
7.3 Actividades de mantenimiento de los activos eléctricos en la PTAR	103

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

7.4 Priorización y Enfoque en el Mantenimiento Preventivo para Activos Críticos en la PTAR .	104
7.4.1: Definición del contexto operacional	105
7.4.2 Contexto operacional de los activos críticos:.....	106
7.5 Codificación de Tareas de Mantenimiento en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR): Optimizando la Gestión y Eficiencia del Mantenimiento	132
8. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	137
9. REFERENCIAS	139
10. ANEXOS.....	144

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Figura 1 Distribución PTAR Yumbo-Fase 1 Fuente: Adaptado de EESALMANCA SAS, 2018</i>	12
Figura 2	<i>Toma aérea PTAR Yumbo-Fase 1 en octubre de 2022 Fuente: ESPY SA ESP</i>	12
Figura 3	<i>Etapas del Ciclo de Vida. Fuente: Ángel P. Sánchez Rodríguez</i>	19
Figura 4	<i>MATRIZ FODA PTAR. Elaboración propia</i>	35
Figura 5	<i>Propuesta de integración del sistema de gestión de activos eléctricos a otras áreas de la compañía. Fuente: Elaboración propia</i>	46
Figura 6	<i>Propuesta de estructura organizacional PTAR. Fuente: Elaboración propia</i>	48
Figura 7	<i>Procesos PTAR de Yumbo. Fuente: ESPY</i>	61
Figura 8	<i>Objetivos de la ISO 14224. Fuente: Elaboración propia</i>	72
Figura 9	<i>Versiones de la ISO 14224. Fuente: Elaboración propia</i>	73
Figura 10	<i>Taxonomía y estructuración de Jerarquías según la norma ISO 14224. Fuente: http://alterevoingenieros.blogspot.com.co/2014/04/rcm-taxonomia-yprincipios-fundamentales.html</i>	75
Figura 11	<i>Formato de hoja de vida de equipo. Fuente: ESPY</i>	84
Figura 12	<i>Formato digital orden de trabajo. Fuente: www. Odoo.com</i>	86
Figura 13	<i>Presupuesto Mantenimiento PTAR año 2024. Fuente: Elaboración Propia</i>	96
Figura 14	<i>Ficha técnica- Hoja de vida de equipo. Fuente: ESPY</i>	102
Figura 15	<i>Actividades de Mantenimiento por activo eléctrico. Fuente: Elaboración propia</i>	104
Figura 16	<i>Decantador#1. Fuente: ESPY</i>	107
Figura 17	<i>: Rotamix #1 y #2. Fuente: ESPY</i>	109
Figura 18	<i>Bomba Hidrosta. Fuente: ESPY</i>	111
Figura 19	<i>Motor del Percolador. Fuente: ESPY</i>	113
Figura 20	<i>Soplador (Aireador). Fuente: ESPY</i>	115
Figura 21	<i>Motor Barredor de lodos del sedimentador. Fuente: ESPY</i>	118
Figura 22	<i>CCM 5 parte externa e interna. Fuente: ESPY</i>	120
Figura 23	<i>Rejilla de cribado gruesa. Fuente: ESPY</i>	123
Figura 24	<i>Grupo electrógeno. Fuente: ESPY</i>	126
Figura 25	<i>Bomba EBAR. Fuente: ESPY</i>	128

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

INDICES DE TABLAS

Tabla 1 Adaptación norma ISO 55001. Elaboración propia	38
Tabla 2 Inventario de activos eléctricos PTAR. Elaboración propia	64
Tabla 3 Inventario de activos eléctricos PTAR. Adaptación análisis de criticidad de carácter cualitativo, del libro ORGANIZACION Y GESTION INTEGRAL DE MANTENIMIENTO (García Garrido, S.2003)	67
Tabla 4 Equipos Análisis de Criticidad Fuente: Diseño propio	69
Tabla 5 Escala de Severidad: Diseño propio	69
Tabla 6 Calificación y jerarquización de criticidad: Diseño propio	70
Tabla 7 Nivel taxonómico. Fuente: (ISO 2016)	76
Tabla 8 Resumen Activos críticos. Fuente: Elaboración Propia	78
Tabla 9 Descripción de la Taxonomía Activos Críticos. Fuente: Elaboración Propia	79
Tabla 10 Taxonomía equipo Decantado y componentes. Fuente: Elaboración Propia	81
Tabla 11 Codificación componentes equipo Decantador. Fuente: Elaboración Propia	82
Tabla 12 Condiciones operativas Decantador. Fuente: Elaboración Propia	107
Tabla 13 Actividades de mantenimiento Decantador. Fuente: Elaboración Propia	108
Tabla 14 Condiciones operativas Rotamix. Fuente: Elaboración Propia	109
Tabla 15 Actividades de mantenimiento Rotamix. Fuente: Elaboración Propia	110
Tabla 16 Condiciones operativas Rotamix. Fuente: Elaboración Propia	112
Tabla 17 Actividades de mantenimiento Bomba Hidrostal. Fuente: Elaboración Propia ...	113
Tabla 18 Condiciones operativas Motor del Percolador. Fuente: Elaboración Propia	114
Tabla 19 Actividades de mantenimiento Motor del Percolados. Fuente: Elaboración Propia	115
Tabla 20 Condiciones operativas del aireador. Fuente: Elaboración Propia	116
Tabla 21 Actividades de mantenimiento del aireador. Fuente: Elaboración Propia	117
Tabla 22 Condiciones operativas del motor del barredor de lodos. Fuente: Elaboración Propia	118
Tabla 23 Actividades de mantenimiento del motor del barredor de lodos. Fuente: Elaboración Propia	119

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Tabla 24 Condiciones operativas de lo CCM. Fuente: Elaboración Propia 121

Tabla 25 Actividades de mantenimiento de los CCM. Fuente: Elaboración Propia 122

Tabla 26 Condiciones operativas del motor rejillas cribado. Fuente: Elaboración Propia .. 124

Tabla 27 Actividades de mantenimiento del motor de rejilla de cribado. Fuente: Elaboración Propia 125

Tabla 28 Condiciones operativas de la planta de emergencia. Fuente: Elaboración Propia 126

Tabla 29 Actividades de mantenimiento de la Planta de emergencia. Fuente: Elaboración Propia 128

Tabla 30 Condiciones operativas de la bomba Ebar. Fuente: Elaboración Propia 130

Tabla 31 Actividades de mantenimiento de la Bomba Ebar. Fuente: Elaboración Propia .. 131

Tabla 32 Codificación tareas Mecánicas. Fuente: Elaboración Propia 134

Tabla 33 Codificación tareas Eléctricas. Fuente: Elaboración Propia 134

Tabla 34 Codificación tareas de lubricación. Fuente: Elaboración Propia 135

Tabla 35 Codificación tareas de Instrumentación. Fuente: Elaboración Propia 136

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la población global está relacionado con un incremento en la necesidad del agua. Los resultados de este aumento son de naturaleza dual: en primer lugar, amenaza el equilibrio hídrico del ecosistema, y, en segundo lugar, aumenta de manera significativa el volumen de aguas residuales producido.(CVC, 2022)

La nueva Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la zona urbana del Municipio de Yumbo fue una iniciativa gestada entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC y el Municipio de Yumbo, con el apoyo de la Empresa Oficial de Servicios Públicos de Yumbo S.A. E.S.P. En el año 2017, la ESPY S.A. E.S.P. suscribió el Contrato de Consultoría No. CC-082-2017 a través del cual se realizó el Estudio de actualización de los diseños de la PTAR Urbana.

Posteriormente, el municipio y la corporación acordaron, mediante el Convenio Interadministrativo CVC No. 148 de 2019, aunar esfuerzos para la construcción y puesta en marcha de la primera fase de la planta. De esta manera, el municipio de Yumbo adquirió un predio de 2,50 ha en la Vereda Platanares, mientras que la CVC suscribió el Contrato de Obra No. 0618 de 2019 con objeto “Construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la cabecera municipal de yumbo – fase”.

El proyecto de construcción tuvo una duración aproximada de dos años, en el que se ejecutó la Fase 1 de la PTAR Yumbo; está contempló la construcción de la totalidad de la estructura de entrada, tratamiento preliminar y estación de bombeo de aguas residuales pretratadas, una línea de tratamiento secundario y de tratamiento de lodos generados, así mismo, una estación de bombeo del efluente de emergencia y la estructura de descarga hacia el río Yumbo (ver Figura 1).

Mediante el acta de entrega y recibo de obra del contrato de obra CVC No. 618 de 2019, del 18 de octubre de 2022, el director general de la CVC, Dr. Marco Antonio Suárez Gutiérrez, realizó la entrega de la PTAR de la cabecera urbana de Yumbo al Dr. John Jairo Santamaría Perdomo, alcalde del municipio de Yumbo, cerrando la etapa de construcción del proyecto y dando apertura al inicio la etapa de Operación y Mantenimiento de la PTAR.

En la siguiente figura se puede apreciar la distribución de la fase 1 de la planta:

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

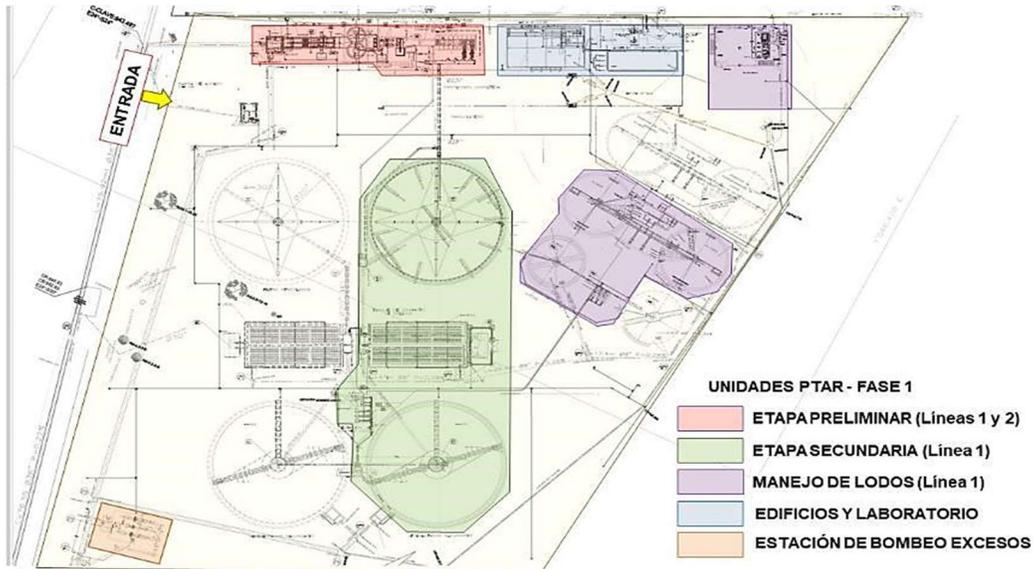


Figura 1 Figura 1 Distribución PTAR Yumbo-Fase 1 Fuente: Adaptado de EESALMANCA SAS, 2018

En la Figura 2 se puede apreciar una fotografía aérea de la planta en el mes de octubre de 2022



Figura 2 Toma aérea PTAR Yumbo-Fase 1 en octubre de 2022 Fuente: ESPY SA ESP

La propuesta de gestión efectiva de activos eléctricos en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) es un elemento fundamental para garantizar no solo la calidad del

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

agua tratada, sino también la sostenibilidad ambiental y operativa de estas instalaciones. En el caso particular de la PTAR Urbana de Yumbo, que alberga una serie de activos eléctricos críticos y complejos para el tratamiento de aguas residuales, la correcta gestión de estos activos se convierte en un factor clave para cumplir con los estándares ambientales, optimizar los recursos disponibles y mantener la infraestructura en funcionamiento de manera eficiente.

La gestión de activos eléctricos en el contexto de una PTAR abarca desde la supervisión y mantenimiento de las unidades de tratamiento, como los sistemas de filtración y sedimentación, hasta la administración de edificaciones y unidades complementarias necesarias para el funcionamiento continuo de la planta. Cada uno de estos elementos es esencial para el proceso de tratamiento de aguas residuales y, por ende, para la protección del medio ambiente y la salud pública.

En un mundo donde la disponibilidad de recursos hídricos de calidad es cada vez más escasa y donde las regulaciones ambientales son más estrictas, la PTAR de Yumbo enfrenta el desafío de cumplir con estas demandas, al tiempo que se enfrenta a condiciones cambiantes, como eventos climáticos extremos. La gestión de activos adecuada no solo garantiza la continuidad operativa de la planta, sino que también contribuye a la eficiencia en el uso de recursos, la reducción de costos operativos y la minimización de riesgos ambientales.

La investigación propone la implementación de la Gestión de Activos Eléctricos en la PTAR de Yumbo, considerando los activos y estructuras mencionados previamente. Se explorará cómo evaluar las exigencias de la Norma ISO 55000-1 que se deben considerar para la implementación del sistema, la aplicación de prácticas y principios de la norma y como puede influir positivamente en la operación, el mantenimiento, y la eficiencia global de esta instalación, contribuyendo a su sostenibilidad y al cumplimiento de los estándares ambientales vigentes. Además, se analizarán los desafíos específicos que enfrenta esta PTAR y las oportunidades para mejorar su gestión de activos eléctricos en el futuro. La gestión de activos eléctricos en la PTAR de Yumbo es un tema de vital importancia que tiene un impacto directo en la calidad del agua, la preservación del medio ambiente y la gestión eficiente de los recursos hídricos en la región y en la optimización de recursos buscando la sostenibilidad, esto implica considerar no solo la eficiencia operativa, sino también el impacto ambiental y social a largo plazo. Esta monografía se adentrará en los aspectos

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

fundamentales de esta gestión, proporcionando una visión integral de cómo puede contribuir al éxito operativo y ambiental de la planta.

Esta investigación reviste una gran relevancia debido a múltiples razones que se enmarcan en el contexto específico de esta instalación y su entorno. Aquí se proporciona el contexto para comprender por qué es importante llevarla a cabo:

- **Inversión Significativa:** La construcción de la PTAR de Yumbo representó una inversión substancial de \$52.306.944.569. Esta inversión financiera la hace un activo crítico para el municipio de Yumbo y sus habitantes. Para asegurar un retorno de inversión adecuado y mantener esta infraestructura en condiciones óptimas, es esencial una gestión eficaz de sus activos.
- **Protección del Medio Ambiente:** La PTAR de Yumbo desempeña un papel fundamental en la protección del medio ambiente local y, en particular, en la recuperación del río Cauca. Al reducir significativamente la carga contaminante de sólidos suspendidos y la demanda química de oxígeno en el agua que se descarga en el río, la PTAR contribuye a la mejora de la calidad del agua y la preservación del ecosistema acuático. La gestión de activos adecuada garantizará que la PTAR funcione de manera eficiente para cumplir con estos objetivos ambientales.
- **Eficiencia y Sostenibilidad Operativa:** Dado que la PTAR tiene como objetivo tratar las aguas residuales de más de 200,000 habitantes del municipio de Yumbo, es fundamental que su operación sea eficiente y sostenible a largo plazo. La gestión de activos ayuda a mantener y prolongar la vida útil de los equipos, reducir costos operativos y minimizar los riesgos de fallas inesperadas. Esto asegura que la PTAR siga cumpliendo su función de manera continua.
- **Cumplimiento de Normativas:** La gestión de activos en la PTAR de Yumbo es crucial para asegurar el cumplimiento de regulaciones y estándares ambientales. Garantiza que los equipos estén en óptimas condiciones para cumplir con los límites de descarga y los requisitos legales establecidos para la calidad del agua tratada. Esto evita sanciones y problemas legales derivados de incumplimientos normativos.
- **Planificación a Futuro:** La PTAR no solo debe atender las necesidades actuales, sino que también debe ser capaz de manejar la creciente población de Yumbo en los próximos años, hasta el año 2042. La gestión de activos bien implementada permite

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

una planificación a largo plazo, asegurando que la infraestructura se mantenga actualizada y pueda satisfacer las demandas futuras.

- **Optimización de Recursos:** Una gestión eficiente de activos puede contribuir a la optimización de los recursos, tanto financieros como humanos. Identificar prácticas óptimas de gestión de activos puede reducir los costos operativos y de mantenimiento, lo que es especialmente relevante en un contexto donde los recursos pueden ser limitados.
- **Adaptación a Condiciones Cambiantes:** Las PTAR, al igual que otras instalaciones de tratamiento de aguas residuales, a menudo enfrentan condiciones cambiantes, como variaciones en la carga de aguas residuales debido a eventos climáticos extremos. La investigación puede ayudar a desarrollar estrategias de gestión de activos que permitan a la PTAR adaptarse de manera efectiva a estas condiciones cambiantes.
- **Mejora Continua:** La mejora continua es un principio clave en la gestión de activos. Investigar y evaluar constantemente las prácticas de gestión de activos de la PTAR de Yumbo puede conducir a la identificación de áreas de mejora y a la implementación de cambios positivos en su funcionamiento y rendimiento a lo largo del tiempo.
- **Ejemplo para Otras PTAR:** Los hallazgos y prácticas exitosas obtenidas de la investigación en la PTAR de Yumbo pueden servir como un modelo y una referencia para otras PTAR en Colombia y en el mundo que enfrentan desafíos similares en términos de gestión de activos y tratamiento de aguas residuales.

Uno de los principales desafíos que se plantean en esta implementación es la necesidad de crear una cultura organizacional orientada a la gestión de activos eléctricos. Esto implica no sólo la adopción de nuevas prácticas y tecnologías, sino también el compromiso y la capacitación del personal de la PTAR.

Además, es fundamental establecer indicadores de desempeño que permitan medir el éxito de la Gestión de Activos y tomar decisiones informadas en tiempo real. A pesar de la relativa juventud de la PTAR, esta iniciativa representa una oportunidad para fortalecer su

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

resiliencia y eficiencia a largo plazo, garantizando así la protección del medio ambiente y el bienestar de la comunidad de Yumbo.

Con el fin de abordar de manera sistemática los aspectos mencionados, se establecen los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta integral para la Gestión de Activos Eléctricos en la Planta de Tratamiento de aguas Residuales PTAR urbana del municipio de Yumbo basados en la Norma ISO 55000-1.

OBJETIVO ESPECIFICOS

- Evaluar las exigencias de la Norma ISO 55000-1 que se deben considerar para la implementación de un sistema de Gestión de Activos eléctricos en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR
- Realizar la Taxonomía de los activos Eléctricos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Yumbo, evaluando y documentando el estado actual.
- Identificar y proponer estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo para los activos eléctricos de la PTAR de Yumbo, con el fin de optimizar su vida útil y minimizar los tiempos de inactividad.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

2. MARCO TEÓRICO

Para obtener una comprensión general de la gestión de activos, se presentarán tres conceptos básicos y fundamentales dentro de este sistema de gestión.

Activo: Un activo es algo que posee valor potencial o real para una organización. El valor puede variar entre diferentes organizaciones y sus partes interesadas y puede ser tangible o intangible, financiero o no financiero. (ISO 55000 International Organization for Standardization [ISO], 2014)

Gestionar: Según Pérez & Merino (2012), se entiende por gestión de activos el conjunto de acciones necesarias para facilitar la realización de una operación comercial o alcanzar cualquier objetivo deseado. En un lenguaje más informal, implica hacer lo necesario para que las cosas marchen como deben.

Gestión de Activos. Actividades y practicas sistemáticas y coordinadas a través de las cuales una organización administra de manera óptima y sostenible sus activos y sistemas de activos, su desempeño, riesgo y costos asociados durante sus ciclos de vida con el propósito de alcanza su plan estratégico organizacional. DURAN, J. B. (2011).

2.1 Marco normativo

La gestión de activos y la norma ISO 55000-1 son aspectos fundamentales en el ámbito de la ingeniería y la gestión empresarial, con un impacto significativo en la operación, mantenimiento y sostenibilidad de las infraestructuras y sistemas críticos. (Campos & Márquez, 2011)

Esta Norma Internacional, la cual entro en vigor en enero de 2014, especifica los requisitos de un sistema de gestión de activos dentro del contexto de una organización, puede aplicarse a todo tipo de activos y de organizaciones de cualquier tamaño incluso. (ISO 55001 International Organization for Standardization [ISO], 2014, sección 1).

La norma consta de tres partes: ISO 55000 establece las definiciones (da el porqué); ISO 55001 define los requerimientos para el establecimiento, implementación, mantenimiento

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

y mejora de un sistema de gestión de activos (da el qué); ISO 55002 es un guía de aplicación de la ISO 55001 (da el cómo). Forero, L. A. (s.f.).

Adicional,

- Proporciona una visión general y los principios fundamentales de la gestión de activos. Define los términos y conceptos clave, como el ciclo de vida del activo, la gestión de riesgos y el valor del activo.
- Establece los requisitos para un sistema de gestión de activos, incluyendo la planificación estratégica de activos, la identificación y evaluación de riesgos, la toma de decisiones informadas y el monitoreo y mejora continua del sistema.
- Ofrece orientación sobre la aplicación de la norma, incluyendo ejemplos y consejos para implementar un sistema de gestión de activos efectivo.

La gestión de activos se refiere al proceso estratégico y sistemático de planificar, diseñar, adquirir, operar, mantener y retirar activos de una organización de manera que se alcancen sus objetivos de manera eficiente y sostenible. Los activos pueden incluir una amplia gama de elementos, desde infraestructuras físicas, como plantas de tratamiento de aguas residuales, equipos como sus activos eléctricos, objeto de este estudio, tecnología, sistemas de información y recursos humanos.

Los conceptos clave relacionados con la gestión de activos incluyen:

- Ciclo de Vida del Activo: El ciclo de vida de un activo abarca su planificación, adquisición, operación, mantenimiento y eventual retirada. La vida útil de un activo se refiere al período durante el cual un activo físico es capaz de desempeñar su función prevista de manera efectiva y eficiente. Este concepto implica no solo la duración temporal del activo, sino también su rendimiento y calidad a lo largo del tiempo. La gestión de la vida útil de un activo implica considerar diversos factores, como el régimen de operación, las condiciones de instalación, el entorno ambiental, las prácticas de mantenimiento, la calidad de los insumos, entre otros. (Sánchez Rodríguez, 2010).

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



Figura 3 Etapas del Ciclo de Vida. Fuente: Ángel P. Sánchez Rodríguez

- **Valor del Activo y Valor para la Organización:** La gestión de activos no solo se trata de mantener activos físicos en funcionamiento, sino de generar valor para la organización. Esto implica la optimización de activos para lograr los objetivos estratégicos de la empresa, como mejorar la rentabilidad, reducir los riesgos y cumplir con las regulaciones. La gestión de activos busca equilibrar el costo de propiedad con el rendimiento y la seguridad para maximizar el valor del activo y, en última instancia, el valor para la organización. Al gestionar con destreza los diferentes tipos de activos, las empresas pueden mejorar su rentabilidad y encontrar nuevas oportunidades de crecimiento. Esto implica no solo administrar adecuadamente el ciclo de vida de los activos, sino también tomar decisiones estratégicas basadas en un análisis exhaustivo del rendimiento. Además, al integrar tecnologías avanzadas y enfocarse en la responsabilidad y sostenibilidad, la gestión de activos se convierte en un pilar fundamental para el éxito y la competitividad a largo plazo en el mercado actual. (Rodríguez M, 2023)
- **Riesgo:** La gestión de activos implica la identificación y evaluación de riesgos asociados a los activos y la implementación de estrategias para mitigar esos riesgos. Esto puede incluir riesgos operativos, financieros y de seguridad.
- **Costos de Ciclo de Vida:** Se refiere al costo total de propiedad de un activo a lo largo de su ciclo de vida, que incluye costos de adquisición, operación, mantenimiento y

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

disposición final. La gestión de activos busca minimizar estos costos sin comprometer la eficacia y la seguridad.

2.2 Marco situacional

Ubicación geográfica del estudio. El municipio de Yumbo está ubicado en el departamento de Valle del Cauca, cuenta con 128.616 habitantes según el Departamento Administrativo Nacional de Encuestas DANE. Esto representa el 2.42% de la población total del departamento del Valle. Se sitúa al norte de la ciudad de Santiago de Cali, a tan solo 10 minutos y 12 kilómetros de su casco urbano. Es uno de los 42 municipios que conforman el departamento de Valle del Cauca y forma parte del Área metropolitana del Sur Occidente de Colombia. (alcaldía Yumbo, s.f.). Es conocido como la capital industrial del Valle debido a las más de 2000 industrias asentadas en su territorio. Una de ellas es la Empresa Oficial de Servicios Públicos del Municipio de Yumbo (ESPY), operadora de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio (PTAR urbana), empresa del presente estudio.

2.3 Contexto general del proyecto

A nivel nacional, Colombia enfrenta desafíos significativos en cuanto a la gestión de aguas residuales, en línea con las preocupaciones globales sobre la disponibilidad y la calidad del agua. La creciente urbanización, la expansión industrial y el aumento de la población han aumentado la carga sobre las PTAR en todo el país. Esto hace que la gestión de activos en instalaciones como la PTAR de Yumbo sea crítica, ya que afecta directamente la capacidad de tratar y disponer adecuadamente de las aguas residuales urbanas e industriales.(CVC, 2023)

Colombia ha reconocido la importancia de tratar adecuadamente las aguas residuales para proteger los recursos hídricos y el medio ambiente. (Resolución No. 1096, 2000). Además, en un mundo cada vez más globalizado, las prácticas y estándares de gestión de activos se comparten y difunden a nivel internacional.

En el contexto colombiano, son escasos los ejemplos de marcos que incorporen métodos de mejora constante que puedan mejorar los resultados en cada aspecto de los estándares internacionales (ISO, 2018) y que también contribuyan al avance continuo de los sistemas

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

de gestión en las organizaciones. En lo que respecta al sistema de gestión de activos según la norma ISO 55001, no se encuentran modelos de referencia de herramientas que puedan orientar a las organizaciones en los procesos de mejora continua para analizar información y tomar decisiones pertinentes y oportunas para cumplir con los requisitos establecidos por dicha normativa. (Escorcia Charris & Agudelo Aguirre, 2023). Con esta investigación se pretende ir más allá de simplemente cumplir con los estándares establecidos. La meta es liderar en la implementación de un sistema de gestión de activos eléctricos que no solo mejore el rendimiento y la eficiencia de la planta, sino que también establezca un nuevo nivel de excelencia en la gestión de activos en Colombia.

La norma ISO 55000-1 proporciona un marco de referencia global para la gestión de activos que es aplicable en una amplia variedad de industrias, incluida la gestión de activos en una PTAR.

Importancia de la Gestión de Activos en una PTAR:

- **Preservación del Medio Ambiente:** La gestión efectiva de activos en las PTAR es esencial para garantizar que las aguas residuales se traten adecuadamente antes de ser devueltas al medio ambiente. Esto reduce la contaminación del agua y protege los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad.
- **Salud Pública:** El tratamiento inadecuado de aguas residuales puede representar un riesgo para la salud pública al exponer a la población a contaminantes y patógenos. La gestión de activos contribuye a garantizar que el agua tratada cumpla con estándares de calidad seguros para el consumo humano y la recreación.
- **Recursos Hídricos Sostenibles:** La gestión de activos también está vinculada a la sostenibilidad de los recursos hídricos. El acceso a agua limpia y segura es fundamental para la supervivencia y el bienestar humano, y una gestión adecuada de activos contribuye a la conservación de este recurso valioso.
- **Cumplimiento Normativo:** En muchos países de Europa, como en España, existen regulaciones estrictas que rigen el tratamiento de aguas residuales. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s.f.). La gestión de activos ayuda a las PTAR a cumplir con estas regulaciones y evita sanciones legales y financieras.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- **Eficiencia Operativa:** Una gestión eficaz de activos puede reducir los costos operativos y de mantenimiento a largo plazo, aumentando así la eficiencia económica de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

Es evidente que tanto las importantes estructuras hidráulicas destinadas a la regulación y reserva de agua, como las redes de distribución para el suministro y las redes de saneamiento, junto con las diversas instalaciones para el tratamiento del agua, como las plantas potabilizadoras, depuradoras, desalinizadoras y las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), constituyen una amplia gama de activos físicos que pueden ser considerados como críticos. La gestión de activos en la industria de tratamiento de aguas residuales tiene un alcance nacional e internacional significativo, debido a sus impactos en la salud pública, el medio ambiente y la sostenibilidad de los recursos hídricos. La PTAR de Yumbo se encuentra en el centro de estos desafíos y oportunidades, y su gestión de activos desempeña un papel crucial en la consecución de estos objetivos a nivel local y global.

2.4 Prácticas comunes en Colombia y otros países

- **Colombia:** En Colombia, AES Chivor fue la primera empresa en obtener la certificación ISO 55001 en 2017, ubicada en el departamento de Boyacá. Según Javier Giorgio, presidente de la Unidad Estratégica Andes y CEO de AES Generación en Chile, este logro es significativo, ya que reconoce la excelencia operacional de la compañía a nivel nacional e incluso comparándola con otras empresas de distintos sectores productivos de Colombia (AES, 2017).
Posteriormente, Interconexión Eléctrica S.A. (ISA) también obtuvo la certificación ISO 55001, adoptando los procesos y gestión de la PAS55 e ISO 55001. Desde 2013, ISA ha estado trabajando en el desarrollo de procesos y buenas prácticas en sistemas de gestión de activos, lo que culminó en su certificación (ISA, 2020).
Estos logros destacan el liderazgo del sector eléctrico colombiano en la implementación de sistemas de gestión de activos. Sin embargo, es importante señalar que estos estándares no se limitan al sector eléctrico, ya que son aplicables a cualquier industria que busque mejorar su desempeño económico y productivo. Este impulso hacia la adopción de estándares de gestión de activos puede beneficiar a diversas industrias en Colombia (Adaptado de AES, 2017; ISA, 2020).

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Internacional: En Europa, la gestión de activos también está experimentando una transformación significativa impulsada por el enfoque en la sostenibilidad. La adopción de los principios ESG (ambientales, sociales y de gobierno corporativo) está ganando impulso como una tendencia dominante en la inversión financiera. Esta evolución se refleja en la implementación de normativas y regulaciones que promueven la inversión sostenible, así como en la integración de los criterios ESG en diferentes aspectos del sector financiero, incluido el sector bancario. Esta tendencia no solo está influyendo en la forma en que se invierte, sino que también está motivando cambios significativos en las estrategias empresariales y en los modelos de producción. (KPMG, 2021)

Avances Actuales:

- La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) estableció la metodología para la remuneración de las actividades de distribución de energía eléctrica en Colombia mediante la resolución CREG 015 del 2018 (López, 2020). En el numeral 6.3.3.4 de esta resolución, se requiere a los Operadores de Red (OR) que incluyan en su plan de inversiones los activos necesarios para implementar y certificar un sistema de gestión de activos conforme a la norma ISO 55001, en un plazo de cinco (5) años después de la entrada en vigencia de dicha resolución. Este requerimiento ha motivado a un mayor número de empresas a mejorar la gestión de sus activos mediante la adopción de buenas prácticas internacionales (CREG, 2018).
- Normativas y Estándares: En los últimos años, se ha observado una tendencia hacia la armonización de normativas y estándares relacionados con la gestión de activos en PTAR. La norma ISO 55000-1, mencionada anteriormente, ha ganado aceptación internacional como marco de referencia para esta disciplina, resaltando su implementación. (predictiva21, s.f.)
- Tecnología y Monitoreo en Tiempo Real: El uso de tecnologías avanzadas, como sensores y sistemas de monitoreo en tiempo real, está permitiendo una gestión más precisa y eficiente de los activos en PTAR. Esto ayuda a identificar problemas antes de que se conviertan en fallas costosas y permite una toma de decisiones más informada. (Carreres Prieto, 2021)
- La importancia de la gestión de activos a nivel global se ve reflejada en el crecimiento sin precedentes que experimentó el sector en 2021. Según un informe de Boston

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Consulting Group (BCG), los activos bajo gestión aumentaron en un 12%, alcanzando los 112 billones de dólares a nivel mundial. Este crecimiento excepcional resalta la vitalidad y relevancia de la gestión de activos en la economía global, destacando su papel fundamental en la administración y optimización de los recursos financieros a escala internacional. Además, el informe señala que el alto rendimiento de los mercados de renta variable ha sido el principal impulsor de este crecimiento, lo que subraya aún más la importancia estratégica de una gestión de activos efectiva para maximizar el rendimiento de las inversiones en un entorno económico cada vez más dinámico y competitivo. BCG. (2022).

- Varios estudios de investigación se han enfocado en el diseño metodológico para la introducción de un sistema de gestión de activos en empresas colombianas. De hecho, diversas compañías de los sectores de servicios públicos, infraestructura y educación han emprendido esfuerzos para implementar este enfoque de gestión en sus operaciones (López, 2020). Es importante destacar que, entre los años 2021, 2022 y el primer trimestre de 2023, algunas organizaciones del sector de transmisión y distribución de energía eléctrica obtuvieron la certificación de sus sistemas de gestión de activos según el estándar internacional ISO 55001:2014, lo que ha impulsado aún más la adopción de mejores prácticas en la gestión de activos. (Escorcía Charris & Agudelo Aguirre, 2023).

Desafíos Actuales:

- **Financiamiento:** Uno de los desafíos más comunes es la obtención de financiamiento adecuado para mantener y mejorar la infraestructura de las PTAR. Muchas instalaciones en Colombia y en otros lugares enfrentan limitaciones presupuestarias que pueden dificultar la implementación de mejores prácticas de gestión de activos. En el contexto de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), la gestión de las empresas prestadoras de servicios públicos presenta particularidades dependiendo de si se trata de una entidad privada o una administración pública. En el caso de las empresas privadas, además de la gestión operativa basada en metodologías de gestión de activos, es necesario considerar los costos de capital, ya que se debe asegurar no solo el retorno de la inversión, sino también una rentabilidad adecuada para el capital invertido. Por lo tanto, resulta crucial integrar los diferentes elementos que conforman las redes de distribución de agua, de manera que no solo se consideren de forma aislada, sino como parte de un sistema

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

superior en el que se deben evaluar las rentabilidades financieras de las inversiones realizadas (Schneider, Joachim et al., 2006).

- Recursos Humanos Capacitados: La gestión de activos requiere personal capacitado y especializado en la operación, mantenimiento y evaluación de activos. La falta de recursos humanos calificados es un desafío persistente.(Ivonne & Pulido, 2013)
- Cambios en la Demanda: Las PTAR deben adaptarse a cambios en la demanda, ya sea debido al crecimiento de la población, la variabilidad climática o la evolución de los estándares ambientales. Esto plantea desafíos en la planificación y gestión de activos para garantizar la capacidad y eficiencia operativa.

La gestión de activos en PTAR está experimentando avances significativos a nivel nacional e internacional, con una creciente atención a la normativa y la tecnología. Sin embargo, persisten desafíos en términos de financiamiento, recursos humanos y adaptación a cambios en la demanda. Estos desafíos deben abordarse para garantizar la sostenibilidad y la eficiencia de las PTAR en el futuro.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3.METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación

En este trabajo se empleó el método científico como enfoque principal para alcanzar los objetivos establecidos. Este método proporcionó una estructura sólida para llevar a cabo el análisis y la evaluación necesarios para la implementación de la gestión de activos eléctricos en la PTAR de Yumbo, basándose en los principios y directrices establecidos en la Norma ISO 55000-1.

3.2 Tipo de investigación

Considerando los objetivos específicos planteados, la investigación fue de tipo aplicada. Se partió del conocimiento existente en la Norma ISO 55000-1 para desarrollar e implementar un sistema de gestión de activos eléctricos en la PTAR de Yumbo, con el objetivo de mejorar su eficiencia operativa y optimizar el rendimiento de este tipo de activos.

3.3 Tipo de estudio

El tipo de estudio que se llevó a cabo fue descriptivo y analítico. Se realizó una evaluación exhaustiva de las exigencias de la Norma ISO 55000-1 para la implementación de un sistema de gestión de activos eléctricos en la PTAR. Además, se llevó a cabo una taxonomía de los activos eléctricos de la PTAR de Yumbo, evaluando su estado actual y determinando su vida útil restante a través de un análisis de criticidad. También se identificaron y propusieron estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo para optimizar la vida útil de los activos eléctricos y minimizar los tiempos de inactividad en la planta.

Esta metodología proporcionó un enfoque sistemático y riguroso para abordar los objetivos específicos del proyecto, asegurando resultados precisos y relevantes para la implementación exitosa de la gestión de activos eléctricos en la PTAR de Yumbo. Se citaron las fuentes de información utilizadas, así como las personas, instituciones y recursos tecnológicos o institucionales que contribuyeron al desarrollo de la investigación.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

De acuerdo con el objetivo específico 1: ***Evaluar las exigencias de la Norma ISO 55000-1 que se deben considerar para la implementación de un sistema de Gestión de Activos eléctricos en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR.***

Actividades realizadas:

- Se identificaron los requisitos específicos de la Norma ISO 55000-1 relacionados con la gestión de activos eléctricos, a través de un análisis exhaustivo de la normativa.
- Se llevó a cabo una evaluación detallada de la infraestructura eléctrica actual de la PTAR de Yumbo, en consonancia con estos requisitos.
- Se compararon las prácticas actuales de gestión de activos eléctricos en la PTAR con las mejores prácticas recomendadas por la Norma ISO 55000-1.
- Se realizó una validación del enfoque propuesto mediante entrevistas con expertos en producción y gestión de activos eléctricos en la PTAR, con el fin de verificar la viabilidad y pertinencia de la implementación.

Análisis de Datos y Resultados obtenidos:

- El análisis de datos incluyó una evaluación detallada de la infraestructura eléctrica actual de la PTAR de Yumbo en comparación con los requisitos establecidos por la Norma ISO 55000-1.
- Se identificaron áreas de cumplimiento, así como aquellas que requerían mejoras o ajustes para alinear la infraestructura eléctrica con la normativa.
- Los resultados proporcionaron una visión clara de los desafíos y oportunidades para mejorar la gestión de activos eléctricos en la PTAR, permitiendo una alineación más efectiva con los estándares internacionales de calidad y seguridad.

De acuerdo con el objetivo específico 2: ***Realizar la Taxonomía de los activos Eléctricos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Yumbo, evaluando y documentando el estado actual, incluyendo su vida útil restante.***

Actividades realizadas:

- Se aplicó la Norma ISO 14224 para establecer una taxonomía detallada de los activos eléctricos específicos utilizados en la PTAR, garantizando una clasificación adecuada y consistente.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Se realizó una inspección minuciosa de cada categoría de activos eléctricos para evaluar su estado actual, vida útil restante y estado de conservación, empleando herramientas y técnicas de inspección adecuadas.
- Se utilizó la matriz de riesgo o criticidad para identificar los activos eléctricos críticos y prioritarios para el análisis y la planificación, lo que permitió enfocar los recursos en áreas de mayor importancia.
- Se documentaron todos los hallazgos y se creó un inventario completo de activos eléctricos, con información detallada sobre su estado, vida útil y criticidad, para tener una visión integral de la infraestructura eléctrica de la PTAR.

Análisis de Datos y Resultados obtenidos:

- Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los datos recopilados durante la inspección de activos, lo que permitió clasificar y catalogar adecuadamente los activos eléctricos de la PTAR.
- Los resultados proporcionaron un inventario completo de activos eléctricos con información detallada sobre su estado actual, vida útil y criticidad, brindando una base sólida para la toma de decisiones y la planificación estratégica de mantenimiento en la PTAR Yumbo.

De acuerdo con el objetivo específico 3: ***Identificar y proponer estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo para los activos eléctricos de la PTAR de Yumbo, con el fin de optimizar su vida útil y minimizar los tiempos de inactividad.***

Actividades realizadas:

- Se desarrollaron estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo específicas para cada categoría de activos eléctricos, basadas en la taxonomía y en la matriz de riesgo o criticidad previamente establecidas.
- Se establecieron planes de mantenimiento detallados para cada categoría de activos eléctricos, teniendo en cuenta factores como la vida útil restante, los riesgos identificados y la criticidad de los activos.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Análisis de Datos y Resultados obtenidos:

- Se analizaron los datos de la matriz de riesgo o criticidad, así como el desempeño histórico de los activos eléctricos, para identificar activos críticos y áreas de mayor riesgo que requerían atención prioritaria.
- Se desarrollaron estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo específicas basadas en la evaluación de datos y los riesgos asociados a cada activo, con el objetivo de optimizar la vida útil y minimizar los tiempos de inactividad.
- Los resultados incluyeron planes de mantenimiento detallados que indicaban las acciones a tomar para mejorar la gestión de activos eléctricos en la PTAR de Yumbo.
- Se documentaron los resultados y se proporcionaron recomendaciones finales para la implementación del Sistema de Gestión de Activos Eléctricos en la PTAR de Yumbo, asegurando una gestión eficiente y sostenible de los activos eléctricos en la planta.

En el marco de la metodología propuesta, se establece la implementación de una estrategia integral de gestión de activos eléctricos en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Esta estrategia se fundamenta en una serie de pasos clave identificados a partir de la investigación realizada:

1. **Desarrollo de políticas:** Se establecerán políticas específicas que sirvan como guía para las acciones relacionadas con la gestión de activos eléctricos en las PTAR, asegurando la alineación con los objetivos operacionales y de mantenimiento de estas instalaciones.
2. **Formulación de estrategias:** Se diseñarán estrategias adaptadas a las necesidades particulares de las PTAR, orientadas a alcanzar los objetivos organizacionales y mejorar la eficiencia en la gestión de activos.
3. **Elaboración del Plan de Gestión de Activos eléctricos:** Se definirá un plan detallado que abarque las acciones a realizar y los responsables de llevarlas a cabo a lo largo del tiempo en las PTAR, garantizando una gestión efectiva de los activos eléctricos.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4. Monitoreo y ajuste del plan: Se realizará un seguimiento constante del plan de gestión de activos eléctricos en las PTAR, evaluando su eficacia y realizando ajustes cuando sea necesario para garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos.
5. Capacitación del personal: Se llevará a cabo un programa de formación continua para el personal de las PTAR, con el fin de asegurar que cuenten con las habilidades y conocimientos necesarios para realizar sus tareas de manera eficiente.
6. Gestión del riesgo: Se implementarán procesos para identificar, evaluar y gestionar los riesgos asociados a las actividades en las PTAR, minimizando así posibles impactos negativos en la operación y el medio ambiente.
7. Gestión de la información: Se establecerán sistemas adecuados para la gestión de la información en las PTAR, asegurando la disponibilidad de datos relevantes y oportunos para la toma de decisiones informadas

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis y Aplicación de las exigencias de la Norma ISO 55000-1 en la Gestión de Activos Eléctricos en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

Para evaluar la situación actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se realizó un análisis integral considerando sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (FODA).

Las fortalezas de la PTAR incluyen su infraestructura nueva, diseñada para un tratamiento eficiente y con un presupuesto asignado por la alta dirección. Además, cuenta con personal operativo calificado y financiamiento para el mantenimiento. Las oportunidades abarcan el crecimiento del presupuesto, mejoras en el mantenimiento, difusión de información sobre la planta y colaboración con instituciones académicas o empresas.

Sin embargo, existen debilidades como la sobrecarga por aguas lluvias, limitaciones de personal y falta de estructura organizacional definida. La falta de software y herramientas para gestión de mantenimiento también representa una debilidad significativa.

Las amenazas incluyen cambios climáticos, interferencia política en la gestión y financiamiento, deficiencias en planeación y documentación, así como problemas de calidad de energía eléctrica y corrosión por ambiente agresivo.

Con la ejecución del análisis FODA, se ha evaluado detalladamente la situación actual del área de estudio, con el fin de orientar decisiones estratégicas y corregir cualquier desviación que pueda surgir con respecto a los objetivos planteados.

4.1.1 Fortalezas:

1. **Infraestructura Nueva:** La planta de tratamiento es relativamente nueva, con aproximadamente año y medio de construcción.
2. **Capacidad de Tratamiento:** Diseñada para una capacidad de tratamiento significativa tanto para tratamiento primario como secundario.
3. **Presupuesto Asignado:** La alta dirección de la ESPY ha asignado un presupuesto para la parte operacional.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4. **Personal Operativo Calificado:** Actualmente, la planta cuenta con un equipo operativo competente encargado de las pruebas fisicoquímicas y la vigilancia de los procesos.
5. **Financiamiento para Mantenimiento:** Existe un convenio interinstitucional con la administración municipal para financiar el mantenimiento de la planta.
6. **Uso de Tecnología de Control:** Aunque limitado, se utiliza un sistema de registro en hojas de cálculo para actividades de mantenimiento.
7. **Cumplimiento de regulaciones ambientales de la CVC:** Este aspecto es esencial para la operación legal y sostenible de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).
8. **Incremento en tarifas de alcantarillado:** La fortaleza de haber aumentado las tarifas de cobro de alcantarillado, lo cual puede proporcionar mayores ingresos y recursos financieros para la PTAR.

4.1.2 Oportunidades:

1. **Crecimiento del Presupuesto:** Posibilidad de que la ESPY asuma al 100% el manejo presupuestal de la planta en el futuro.
2. **Mejoras en Mantenimiento:** Incorporación de personal y adopción de tecnologías de mantenimiento para mejorar la eficiencia y prolongar la vida útil de los equipos.
3. **Difusión de Información:** Oportunidad para difundir información sobre los beneficios y el funcionamiento de la planta en redes sociales y sitios web oficiales.
4. **Establecimiento de Estructura Organizacional:** Creación de un organigrama para establecer roles y responsabilidades claras en la planta.
5. **Incorporación de Personal de Seguridad:** Posibilidad de designar un encargado de seguridad en el trabajo para garantizar un entorno laboral seguro.
6. **Colaboración con instituciones académicas o empresas:** Intercambio de conocimientos, adquisición de nuevas tecnologías y capacitación conocimientos especializados
7. **Creciente demanda de soluciones sostenibles:** Crear Mayor conciencia ambiental y preocupación por la preservación de los recursos naturales,

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

8. **Anticiparse a futuras regulaciones ambientales:** Estar a la vanguardia en el cumplimiento de las nuevas normas y estándares de calidad del agua, evitar sanciones o multas por incumplimiento de regulaciones futuras
9. **Convocatoria interna para contratar personal operativo:** Realizar una convocatoria interna permitiría identificar y contratar personal calificado dentro de la misma organización, lo que puede facilitar el proceso de selección y capacitación.
10. **Futura capacidad financiera para asumir mantenimiento:** Tener la capacidad financiera propia para asumir el mantenimiento de la PTAR permitiría a la ESPY tener un mayor control y autonomía en la gestión de los activos y las actividades de mantenimiento.

4.1.3 Debilidades:

1. **Sobrecarga por Aguas Lluvias:** El sistema de alcantarillado combinado puede sobrecargar la capacidad de tratamiento de la planta durante las épocas de lluvia.
2. **Limitaciones de Personal:** Falta de operadores para cubrir turnos nocturnos y para desempeñar funciones de apoyo.
3. **Ausencia de Estructura Organizacional Definida:** Falta de un organigrama formal que defina roles y responsabilidades en la planta.
4. **Falta de software y herramientas para gestión de mantenimiento:** No se cuenta con software especializado para tareas de mantenimiento, lo que dificulta la gestión eficiente de actividades uso limitado de la tecnología
5. **Falta de Promoción:** La planta no ha difundido adecuadamente sus actividades y logros en la comunidad y redes sociales.
6. **Carencia de gestión de seguridad y salud en el trabajo:** Actualmente, no se cuenta con un profesional dedicado exclusivamente a la seguridad y salud ocupacional en la PTAR durante el horario laboral.
7. **Falta de procedimientos documentados y auditorías:** La ausencia de procedimientos documentados puede llevar a inconsistencias en las operaciones y falta de estandarización en los procesos.
8. **No se gestionan indicadores de desempeño:** Sin la gestión adecuada de estos indicadores, es difícil identificar áreas de mejora, establecer metas y realizar un seguimiento objetivo del desempeño.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4.1.4 Amenazas:

1. **Cambios Climáticos y Problemas de Acceso:** Riesgo de dificultades operativas debido a cambios climáticos extremos y problemas de acceso durante las épocas de lluvia.
2. **Interferencia Política:** Posibilidad de interferencia política en la gestión y financiamiento de la planta por parte de la administración municipal.
3. **Deficiencias en Planeación y Documentación:** Falta de procedimientos documentales y auditorías que podrían afectar la eficiencia operativa y el cumplimiento normativo.
4. **Calidad de Energía Eléctrica:** Continuas sobretensiones y problemas eléctricos en las redes externas pueden afectar el funcionamiento de la planta y dañar equipos críticos.
5. **Corrosión por Ambiente Agresivo:** La presencia de sulfuros en las aguas residuales puede causar daños en equipos y estructuras debido a la corrosión.
6. **Posible Interferencia política en la contratación de personal:** Se ha identificado la necesidad de contratar personal operativo adicional para cubrir turnos y funciones de apoyo. Si este proceso de contratación se ve influenciado por intereses políticos, podría comprometer seriamente la capacidad de la planta para operar de manera eficiente y cumplir con sus objetivos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

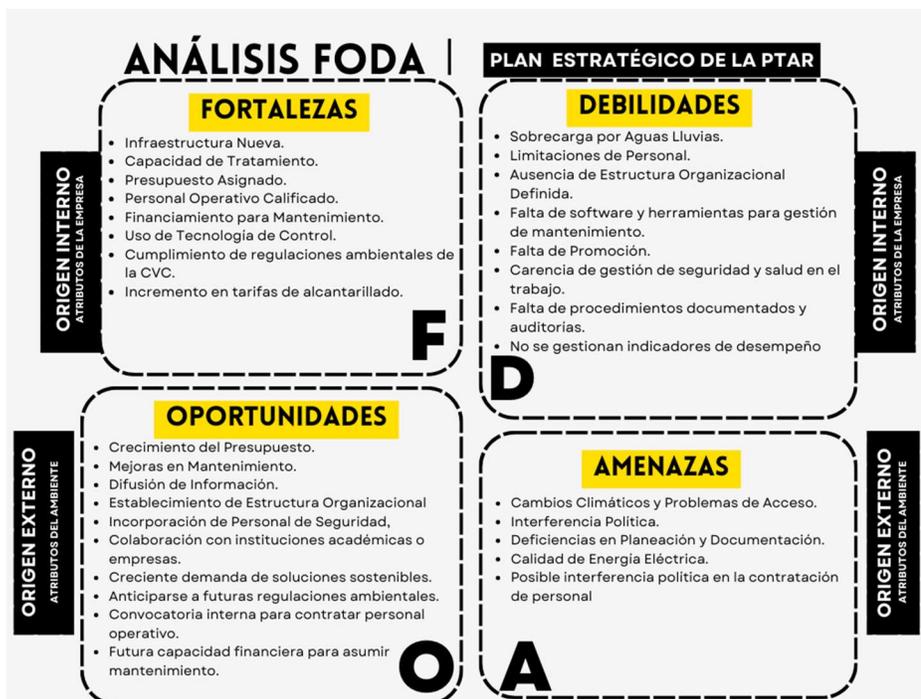


Figura 4 MATRIZ FODA PTAR. Elaboración propia

Para abordar estas cuestiones, se sugieren estrategias que capitalicen las fortalezas y oportunidades, como la capacitación del personal, establecimiento de planes de mantenimiento preventivo y mejora en la difusión de información. Asimismo, es esencial mitigar las amenazas mediante acciones como el cumplimiento de normativas ambientales y el fortalecimiento de la gestión de recursos humanos.

4.1.5 Estrategias Ofensivas:

1. **Posicionamiento como Líder en Soluciones Sostenibles:** Aprovechar la infraestructura nueva y la capacidad de tratamiento para posicionarse como una planta líder en soluciones sostenibles, anticipándose a futuras regulaciones ambientales más estrictas.
2. **Inversión en Mejoras y Tecnologías:** Utilizar el presupuesto asignado y el financiamiento para mantenimiento para incorporar personal y tecnologías que mejoren la eficiencia y gestión de los activos, asegurando un funcionamiento óptimo de la planta.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3. **Colaboración para Innovación:** Colaborar con instituciones académicas y empresas para desarrollar proyectos de investigación e implementar soluciones innovadoras, aprovechando la experiencia del personal operativo calificado.
4. **Promoción y Transparencia:** Difundir información sobre los beneficios y funcionamiento de la planta en redes sociales y sitios web oficiales, resaltando el cumplimiento de regulaciones ambientales y el incremento en tarifas de alcantarillado para mejorar la reputación y conciencia pública.

4.1.6 Estrategias Defensivas:

1. **Mitigación de Riesgos Políticos:** Utilizar la capacidad de tratamiento y el cumplimiento de regulaciones ambientales para mitigar los riesgos de interferencia política y mantener la operación de la planta al 100%.
Adaptación a Condiciones Adversas: Aprovechar el personal operativo calificado y el presupuesto asignado para implementar medidas que reduzcan el impacto de la mala calidad de energía eléctrica y el ambiente corrosivo, garantizando la continuidad operativa.
2. **Planificación de Contingencias:** Establecer protocolos de contingencia y planes de acción para enfrentar cambios climáticos extremos y problemas de acceso, utilizando la infraestructura nueva y el financiamiento para mantenimiento para garantizar la operatividad durante eventos adversos.

4.1.7 Estrategias de Reorientación:

1. **Establecimiento de Estructura Organizacional y Procesos Documentados:** Establecer una estructura organizacional clara y definir procedimientos documentados y auditorías para aprovechar el crecimiento del presupuesto y la capacidad financiera futura.
2. **Alineación con Futuras Regulaciones Ambientales:** Anticiparse a futuras regulaciones ambientales mediante la inversión en tecnologías y prácticas que mejoren la calidad del tratamiento de aguas residuales y el cumplimiento de estándares ambientales.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3. **Mejora en Gestión y Tecnología:** Implementar un sistema de gestión de mantenimiento y adquirir software especializado, aprovechando las mejoras en mantenimiento y la colaboración con instituciones académicas o empresas para optimizar la eficiencia operativa.
4. **Mejora en Imagen y Seguridad:** Incorporar personal de seguridad y promover la difusión de información sobre la planta para mejorar su imagen y reputación en respuesta a la creciente demanda de soluciones sostenibles y preocupación por la seguridad laboral.

4.1.8 Estrategias de Supervivencia:

1. **Inversiones en Capacidad y Recursos Humanos:** Realizar inversiones para aumentar la capacidad de tratamiento y adaptarse a las sobrecargas por aguas lluvias, mitigando los riesgos de incumplimiento de regulaciones ambientales y sanciones.
2. **Fortalecimiento de Recursos Humanos:** Fortalecer la gestión de recursos humanos, contratando personal operativo adicional y estableciendo procesos de selección transparentes para evitar interferencias políticas y garantizar un equipo competente.
3. **Mejora en Gestión y Documentación:** Implementar un sistema de gestión de indicadores de desempeño y mejorar la planeación y documentación para hacer frente a las deficiencias operativas y al riesgo de corrosión por ambiente agresivo, asegurando un funcionamiento eficiente y seguro de la planta.
4. **Gestión de Riesgos Energéticos:** Implementar medidas de protección y mitigación para abordar los problemas de calidad de energía eléctrica y proteger los equipos críticos de los impactos de sobretensiones y problemas eléctricos.
5. **Control de la Corrosión:** Adoptar medidas preventivas para proteger los equipos y estructuras contra la corrosión causada por ambientes agresivos, como la instalación de recubrimientos protectores o el uso de materiales más resistentes.
6. **Respaldo Legal y Regulatorio:** Mantener un monitoreo constante de los cambios en el marco legal y regulatorio que puedan afectar la operación de la planta, y tomar medidas proactivas para garantizar el cumplimiento normativo

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Después de analizar la situación actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Yumbo, se identificaron los desafíos que dificultan la ejecución eficiente de las labores de mantenimiento eléctrico. Como respuesta, se ha desarrollado un Modelo de Sistema de Gestión de Activos Eléctricos específicamente diseñado para supervisar, evaluar y controlar el rendimiento de estos activos, así como para buscar soluciones correctivas para los equipos críticos. A continuación, se presenta una adaptación del proceso de gestión de activos eléctricos, detallando algunas de las acciones posibles a llevar a cabo en cada etapa (Tabla1).

Fases	Acciones
Fase 1: Plan estratégico	<ul style="list-style-type: none"> - Definir la misión, visión, valores y estrategias de la gestión de activos eléctricos alineados con los objetivos de la ESPY. - Establecer objetivos de confiabilidad, disponibilidad y reducción de costos de mantenimiento de los activos eléctricos.
Fase 2: Inventario	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar y registrar todos los activos eléctricos de la PTAR (motores, tableros, transformadores, etc.) con sus características técnicas. - Realizar mediciones y evaluaciones del estado de funcionamiento de los equipos eléctricos. - Implementar un sistema de gestión de inventario para repuestos, consumibles y materiales eléctricos.
Fase 3: Funcionamiento del sistema	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar el historial de fallas y mantenimientos previos de los activos eléctricos más críticos. - Evaluar las competencias y capacitación del personal operativo y de mantenimiento eléctrico. - Gestionar ante el operador de red la mejora en la calidad de energía suministrada que está afectando el desarrollo de los procesos en la PTAR, adelantando gestiones legales y tomando precauciones internas, como mejorar la protección de equipos electrónicos críticos.
Fase 4 y 5: Evaluación y selección de posibles alternativas	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar los activos eléctricos críticos que requieren mantenimiento o renovación prioritaria. - Establecer un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para los activos eléctricos. - Evaluar la implementación de nuevas tecnologías o soluciones innovadoras para mejorar la eficiencia energética y la confiabilidad de los activos eléctricos.
Fase 6 y 7: Implementación, control y revisión	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar procedimientos y planes de trabajo para la implementación de las acciones de mantenimiento y mejora de los activos eléctricos. - Implementar un sistema de gestión de órdenes de trabajo y control de mantenimiento. - Realizar auditorías y revisiones periódicas para evaluar el desempeño del programa de gestión de activos eléctricos y tomar acciones correctivas si es necesario.

Tabla 1 Adaptación norma ISO 55001. Elaboración propia

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

¿Pero que dice la norma ISO 50001 de los requisitos para la implementación de la gestión de activos?:

La Norma ISO 55001 proporciona una guía clara sobre cómo gestionar los activos eléctricos en una PTAR, asegurando que se alcancen los objetivos de manera efectiva. Aquí están los aspectos clave que deben tenerse en cuenta:

1. **Conexión con la realidad:** Es fundamental entender el entorno en el que se opera en una PTAR, incluyendo lo que esperan las partes interesadas, así como los factores internos y externos que pueden influir en la gestión de los activos eléctricos.
2. **Compromiso y liderazgo:** Se necesita que la dirección de la PTAR muestre un fuerte liderazgo y compromiso con la gestión de activos eléctricos. Esto implica establecer políticas claras, asignar responsabilidades adecuadas y asegurar que se cuenten con los recursos necesarios para hacerlo bien.
3. **Planificación inteligente:** Deben establecerse metas claras y procesos sólidos para alcanzar los objetivos en la gestión de activos eléctricos. Es importante considerar los riesgos y oportunidades que se enfrentan en este camino.
4. **Apoyo continuo:** La PTAR debe brindar el apoyo necesario, ya sea en términos de competencias, información o tecnología, para asegurar que se pueda gestionar los activos eléctricos de manera efectiva.
5. **Operación eficiente:** Es necesario tener procesos bien definidos para operar los activos eléctricos de manera eficiente. Esto incluye identificar y evaluar riesgos, planificar y ejecutar el mantenimiento, y manejar los cambios que puedan surgir.
6. **Evaluación constante:** Es crucial establecer indicadores de desempeño para evaluar cómo se está gestionando los activos eléctricos. Se debe monitorear, medir, analizar y evaluar continuamente el desempeño para asegurarse de que se está en el camino correcto.
7. **Búsqueda de mejora:** Siempre hay espacio para mejorar. La PTAR debe implementar procesos para identificar áreas de mejora en la gestión de activos eléctricos, así como para tomar medidas correctivas y preventivas cuando sea necesario.

En cuanto a los requerimientos de la Norma ISO 50002, esta brinda valiosas pautas para establecer un sistema de gestión de activos, que se puede adaptar para mejorar tanto el mantenimiento de los activos eléctricos como la eficiencia energética en una planta. A continuación, describo cómo debe hacerse:

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

1. Establecimiento de una dirección clara: Es fundamental definir una política y objetivos claros para la gestión de los activos eléctricos, asegurándose de que estén alineados con la visión y estrategia del departamento de mantenimiento de la planta. Esto incluye no solo la optimización del mantenimiento de los activos, sino también la reducción del consumo energético y el fomento de prácticas sostenibles.
2. Asignación de responsabilidades: Deben designarse roles y responsabilidades específicos para la gestión de activos eléctricos y la eficiencia energética, asegurando que el personal adecuado esté encargado de supervisar y llevar a cabo todas las actividades relacionadas.
3. Evaluación continua: Se deben realizar evaluaciones periódicas del desempeño energético de los activos eléctricos, identificando áreas de mejora y buscando oportunidades para optimizar tanto el consumo de energía como el mantenimiento de los activos.
4. Establecimiento de metas ambiciosas: Es necesario establecer metas concretas de eficiencia energética y disponibilidad de activos, implementando la utilización de KPI o indicadores de desempeño, con el objetivo de reducir el consumo de energía y mejorar la confiabilidad de los equipos eléctricos.
5. Implementación de mejoras: Se deben implementar medidas prácticas para mejorar tanto la eficiencia energética como el mantenimiento de los activos eléctricos, como la actualización de equipos obsoletos, la adopción de tecnologías más eficientes y la optimización de los procesos de mantenimiento.
6. Seguimiento y evaluación: Se debe establecer un sistema robusto de monitoreo y medición para evaluar el desempeño de los activos eléctricos y el consumo energético de la planta, asegurándose de que se esté cumpliendo con las metas y objetivos establecidos.
7. Revisión constante: Es importante realizar revisiones periódicas del sistema de gestión de activos eléctricos y eficiencia energética, identificando oportunidades de mejora y asegurándose de que esté alineado con las necesidades y objetivos en la planta.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4.2 Políticas de la ESPY

Establecer un marco de gestión de activos eléctricos implica definir una política y objetivos claros que estén alineados con la misión y visión de la Empresa de Servicios Públicos de Yumbo (ESPY).

MISIÓN de la Empresa de servicios Públicos de Yumbo (ESPY):

“Prestar de manera efectiva los servicios públicos domiciliarios de acueducto y saneamiento básico, con responsabilidad social y ambiental, acorde con las normas legales vigentes, buscando siempre mayor cobertura, continuidad y calidad en los servicios que prestamos a nuestros clientes”.

VISIÓN de la Empresa de servicios Públicos de Yumbo (ESPY):

“Ser en el año 2025 una empresa líder en materia de prestación de servicios públicos domiciliarios en el municipio de Yumbo, cubriendo las demandas de los servicios prestados en forma oportuna y suficiente”.

Basado en las políticas de la empresa se presenta una propuesta adaptada para el área de mantenimiento:

MISIÓN de la Empresa de servicios Públicos de Yumbo (ESPY):

Prestar de manera efectiva los servicios públicos domiciliarios de acueducto y saneamiento básico, con responsabilidad social y ambiental, acorde con las normas legales vigentes, buscando siempre mayor cobertura, continuidad y calidad en los servicios que prestamos a nuestros clientes.

VISIÓN de la Empresa de servicios Públicos de Yumbo (ESPY):

Ser en el año 2025 una empresa líder en materia de prestación de servicios públicos domiciliarios en el municipio de Yumbo, cubriendo las demandas de los servicios prestados en forma oportuna y suficiente.

De acuerdo con la misión y visión provistas de la empresa ESPY, he aquí una propuesta de misión, visión, valores e indicadores de gestión para el área de mantenimiento:

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

MISIÓN DEL MANTENIMIENTO:

Garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los activos e infraestructura de la empresa a través de un mantenimiento eficiente, seguro y proactivo, apoyando la prestación continua y efectiva de los servicios de acueducto y saneamiento básico.

VISIÓN DEL MANTENIMIENTO:

Ser un equipo de mantenimiento altamente calificado, que aporta valor a la empresa mediante prácticas innovadoras que optimizan la confiabilidad operacional y la eficiencia en el uso de los recursos.

VALORES:

Estos valores definen los principios que rigen la cultura deseada para guiar el comportamiento y formas de trabajo dentro del área de mantenimiento:

- *Seguridad:* Priorizar la seguridad, ante todo. Cumplir normativas, estándares y procedimientos de seguridad establecidos.
- *Compromiso:* Sentido de responsabilidad con los objetivos de mantenimiento y la empresa. Entrega total en el trabajo a realizar.
- *Mejora continua:* Búsqueda constante de optimización de procesos, reducción de costos, aumento de eficiencia.
- *Trabajo en equipo:* Cooperación, comunicación y apoyo mutuo entre los miembros del equipo. Logro conjunto de metas.
- *Responsabilidad:* Compromiso con el trabajo, cumpliendo los deberes y obligaciones. Alto sentido del deber.
- *Integridad:* Actuar de manera ética, transparente y honesta. Ganarse la confianza con hechos.

4.3 Pilares de la Gestión de Activos eléctricos en la PTAR, según NTC ISO 55001

4.3.1 Contexto de la organización

En el caso de la PTAR de Yumbo, comprender el contexto de la organización implica analizar tanto los factores internos como externos que pueden influir en la gestión de activos eléctricos. Esto incluye considerar la infraestructura existente, los recursos disponibles, las

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

regulaciones ambientales y de seguridad, así como las necesidades y expectativas de las partes interesadas, como los usuarios, el personal y las autoridades regulatorias.

Corresponderá a la organización identificar las influencias externas e internas a través de su dirección estratégica y planificación con el objetivo de alcanzar los resultados deseados. En cuanto a las influencias externas, se considerarán factores como el entorno legal, cultural, social, competitivo y de mercado. Por otro lado, en lo que respecta a las influencias internas, se tendrán en cuenta aspectos relacionados con el conocimiento y desempeño de la organización en su conjunto.

Es fundamental llevar a cabo una socialización exhaustiva que garantice que todos los miembros de la organización comprendan claramente el alcance, la dirección del negocio, obligaciones a nivel ambiental y sostenible con las entidades como la CVC y toda la información que debe de ser reportada a la Superintendencia de Servicios Públicos, en los tiempos estipulados. Esto se puede lograr a través de diversas estrategias:

- Reuniones y capacitaciones:** Con el fin de fortalecer la comprensión del contexto organizacional en la PTAR de Yumbo, se llevarán a cabo reuniones y programas de capacitación periódicos. Estas sesiones estarán diseñadas para abordar una amplia gama de temas relevantes, que incluyen el análisis del mercado, los desafíos competitivos y los objetivos estratégicos de la organización. Se pondrá especial énfasis en resaltar la importancia de la gestión de activos eléctricos para lograr un funcionamiento eficiente y sostenible de la planta. Durante estas reuniones, se proporcionará información detallada sobre los sistemas y procesos eléctricos críticos, enfatizando su rol fundamental en la operación y mantenimiento de la planta. Además, se fomentará activamente la participación de los empleados, promoviendo un intercambio abierto de ideas y perspectivas que enriquezcan el conocimiento colectivo y fomenten una cultura organizacional orientada hacia la excelencia operativa y la mejora continua. Estas iniciativas de capacitación y comunicación son esenciales para alinear a todo el personal con los objetivos estratégicos de la organización y asegurar una ejecución efectiva de las estrategias de gestión de activos eléctricos.

Para fortalecer la comprensión del contexto organizacional en la PTAR de Yumbo, se establecerá un compromiso y un cronograma de reuniones y capacitaciones

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

periódicas. Estas sesiones estarán diseñadas para abordar una variedad de temas relevantes, desde el análisis del mercado y los desafíos competitivos hasta nuestros objetivos estratégicos. Se debe tener especial énfasis en la importancia de la gestión de activos eléctricos para lograr un funcionamiento eficiente y sostenible de la planta.

Durante estas reuniones, se proporciona información detallada sobre los sistemas y procesos eléctricos críticos, resaltando su papel fundamental en la operación y mantenimiento de la PTAR. Además, se fomentará activamente la participación de todos los empleados, permitiendo un intercambio abierto de ideas y perspectivas que enriquezcan el conocimiento colectivo y se promueva una cultura organizacional centrada en la excelencia operativa y la mejora continua.

- **Socialización de manera periódica y frecuente del estado actual de organización frente al mercado:** Estas iniciativas de capacitación y comunicación son fundamentales para alinear a todo el personal con los objetivos estratégicos de la ESPY y garantizaran una ejecución eficaz de las estrategias de gestión de activos eléctricos. La alta dirección debe comprometerse a mantener a todos los canales de información sobre el estado actual de la organización, incluyendo la posición en el mercado, los desafíos que enfrenta la empresa, las oportunidades de mejora y sus planes a corto y largo plazo. Se deben emplear diferentes canales de comunicación interna, como boletines, correos electrónicos, paneles de anuncios y reuniones por áreas funcionales, para compartir esta información y fomentar una cultura de transparencia y participación en la PTAR de Yumbo.
- **Garantizar que todos los integrantes de la compañía, de todos los niveles jerárquicos conozcan a detalle el contexto de la organización:** Con el fin de asegurar que todos los miembros de la compañía en la PTAR de Yumbo estén plenamente informados sobre el contexto organizacional, se implementarán medidas que fomenten la transparencia y la comunicación abierta en todos los niveles jerárquicos. Esto implica facilitar el acceso a la información relevante a través de canales de comunicación efectivos, como reuniones periódicas, boletines informativos, plataformas digitales y sesiones de retroalimentación.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Además, se buscará crear un ambiente de trabajo inclusivo que promueva el intercambio de ideas y la colaboración entre todos los departamentos y niveles de la organización. De esta manera, cada empleado comprenderá cómo su rol contribuye al logro de los objetivos organizacionales y cómo sus acciones impactan en el funcionamiento general de la PTAR. Asimismo, se fomentará la participación en la toma de decisiones y se brindará apoyo para el desarrollo profesional y personal de cada miembro del equipo. Esto fortalecerá el compromiso y la identificación con los valores y metas de la organización.

En resumen, al garantizar que todos los integrantes de la compañía estén completamente familiarizados con el contexto organizacional, se crea un entorno propicio para el éxito y la eficacia en la gestión de activos eléctricos en la PTAR.

- Es de vital importancia establecer de manera clara el alcance y las limitaciones del sistema de gestión de activos eléctricos en la PTAR de Yumbo. En un principio, la implementación se centrará en la planta Urbana para el tratamiento de aguas residuales, abarcando las áreas de mantenimiento y producción. Esto implica que se pondrá énfasis en los activos eléctricos específicos utilizados en estas áreas, como motores, bombas, CCMS, entre otros.

Además, se establecerán los procedimientos y protocolos necesarios para monitorear, mantener y optimizar el rendimiento de estos activos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta implementación inicial servirá como un piloto, con la intención de expandir el sistema de gestión de activos eléctricos a otras plantas de la Empresa (Acueducto) y a etapas posteriores de expansión en tratamiento de aguas servidas.

Por lo tanto, es crucial planificar con flexibilidad para adaptarse a las necesidades y particularidades de cada área, asegurando una transición fluida y efectiva en toda la organización. A medida que se avance en la implementación del sistema de gestión de activos eléctricos, se podrán identificar oportunidades para su aplicación en otras áreas, permitiendo una gestión integral y eficiente de los activos eléctricos en toda la ESPY.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

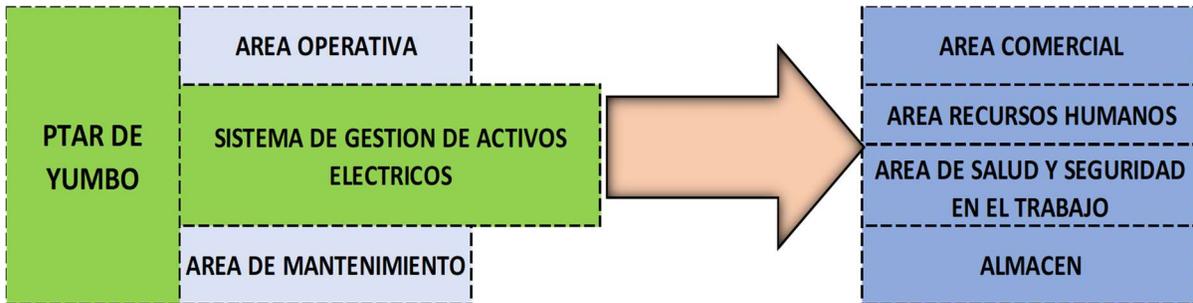


Figura 5 Propuesta de integración del sistema de gestión de activos eléctricos a otras áreas de la compañía. Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Liderazgo

El liderazgo es fundamental para garantizar el éxito de la gestión de activos eléctricos en la PTAR. La alta dirección debe demostrar un compromiso sólido con la eficiencia operativa y la sostenibilidad, estableciendo una visión clara y proporcionando el apoyo necesario para implementar políticas y procedimientos efectivos de gestión de activos eléctricos.

Con el objetivo de fortalecer el liderazgo en la gestión de activos eléctricos en la PTAR, se sugiere llevar a cabo una reorganización estructural y jerarquización de los niveles de mando. Esto se puede lograr mediante la creación de un organigrama claro y funcional que establezca las líneas de autoridad y responsabilidad dentro de la organización.

Es fundamental que los roles y responsabilidades de cada nivel jerárquico estén claramente definidos y alineados con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana (NTC) 55001. Esto garantizará que todos los empleados comprendan de manera precisa cuáles son sus funciones específicas en relación con la gestión de activos eléctricos y que exista una estructura clara de rendición de cuentas.

Además, es necesario establecer una conexión directa entre los roles y responsabilidades definidos y la reorganización estructural requerida para el sistema de gestión de activos. Esto implica asegurarse de que los recursos humanos estén asignados de manera adecuada y capacitados para cumplir con las metas y objetivos establecidos en la gestión de activos eléctricos.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Mediante la reorganización estructural y jerarquización de los niveles de mando, la definición clara de roles y responsabilidades y la conexión entre estos, se fortalecerá el liderazgo en la gestión de activos eléctricos en la PTAR. Esto permitirá una distribución adecuada de recursos humanos y asegurará un cumplimiento efectivo de las metas y objetivos establecidos.

➤ Estructura del Sistema de Gestión de Activos Eléctricos:

Para la PTAR, se propone la siguiente estructura para el sistema de gestión de activos eléctricos:

- Alta Dirección: Incluye al director de la PTAR, quien lidera la implementación y supervisión del sistema de gestión de activos eléctricos en la planta.
- Directores y jefes de área: Se asigna un jefe de Producción responsable de la operación y de los procesos para el tratamiento de aguas residuales, un Coordinador de Mantenimiento encargado de la gestión y mantenimiento de los activos eléctricos y un Coordinador de Salud y Seguridad en el Trabajo para garantizar el cumplimiento de normativas de seguridad y jefe de almacén.
- Otros niveles de mando: Se incluyen supervisores de equipos y técnicos especializados en mantenimiento eléctrico, quienes ejecutan las actividades diarias de gestión y mantenimiento de los activos eléctricos.
- Todos los integrantes de la empresa: Se promueve la participación de todo el personal en la identificación de riesgos, reporte de incidencias y sugerencias de mejora relacionadas con los activos eléctricos, fomentando así una cultura de responsabilidad compartida y cuidado de los recursos eléctricos en la planta.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

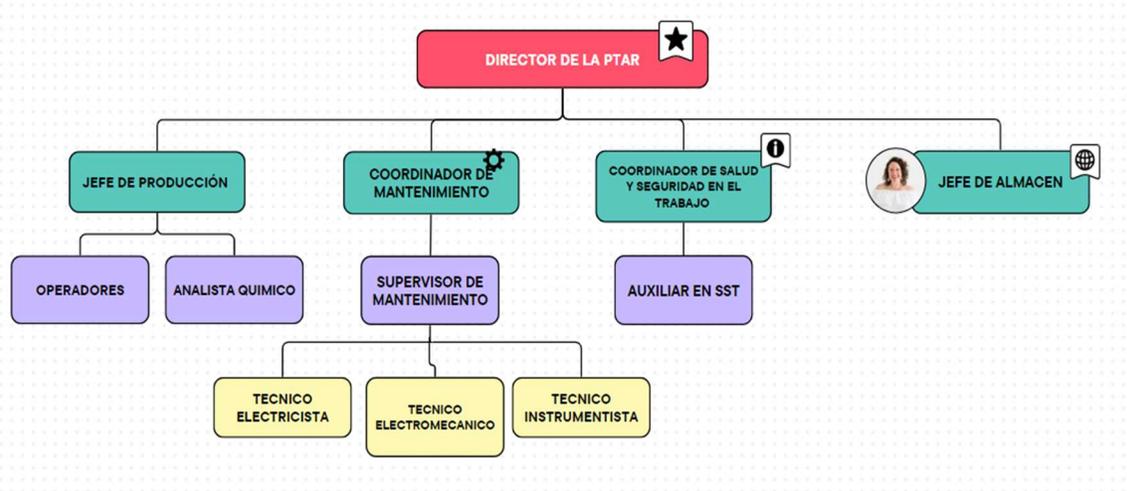


Figura 6 Propuesta de estructura organizacional PTAR. Fuente: Elaboración propia

- Las funciones y responsabilidades de cada miembro de la estructura del sistema de gestión de activos eléctricos en la PTAR se enfocan en diferentes áreas, incluyendo la administrativa, operativa, de producción, financiera y de seguridad y salud en el trabajo. A continuación, se detallan las responsabilidades de cada rol:

Alta Dirección (director de planta o procesos):

- Generar y aprobar la política del sistema de gestión de activos eléctricos, asegurando su alineación con los objetivos organizativos.
- Responsabilizarse ejecutivamente por la gestión de activos eléctricos en la PTAR, supervisando su implementación y desempeño.
- Implementar la política de gestión de activos eléctricos asignando responsabilidades y autoridades, y verificando su cumplimiento.
- Dirigir la reunión anual de evaluación por la dirección del sistema de gestión de activos eléctricos, revisando el desempeño y proponiendo mejoras.

Directores y jefes de área (jefe de producción):

- Actuar como representante de la alta dirección en la implementación del sistema de gestión de activos eléctricos, garantizando su integración en las operaciones diarias.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Coordinar y asegurar el establecimiento e implementación de los requisitos del sistema de gestión de activos eléctricos y su mantenimiento en las áreas a su cargo.
- Informar a la alta dirección sobre el desempeño del sistema de gestión de activos eléctricos y apoyar la reunión anual de evaluación.
- Presentar revisiones sugeridas para la documentación del sistema de gestión de activos eléctricos, considerando la eficiencia y efectividad de los procesos.
- Gestionar un plan anual de auditorías relacionadas con los activos eléctricos, evaluando su conformidad con los estándares establecidos.
- Evaluar el nivel de cumplimiento de los requerimientos legales y otros relacionados con el sistema de gestión de activos eléctricos en su área.
- Socializar la política, objetivos, planes estratégicos y metas organizativas relacionadas con los activos eléctricos con los equipos a su cargo.

Otros niveles de mando y toda la organización:

- Seguir las directrices establecidas por los niveles jerárquicos superiores en materia de gestión de activos eléctricos, integrando estas prácticas en sus responsabilidades diarias.
- Participar en capacitaciones relacionadas con el sistema de gestión de activos eléctricos proporcionadas por la alta dirección, actualizando sus conocimientos y habilidades.
- Cumplir con los requisitos establecidos dentro del sistema de gestión de activos eléctricos, realizando las actividades necesarias para su cumplimiento.
- Proponer sugerencias o planes de mejora continua para el funcionamiento efectivo del sistema de gestión de activos eléctricos, fomentando una cultura de mejora constante.

Coordinador de Mantenimiento:

- Coordinar todas las actividades relacionadas con el mantenimiento de los activos eléctricos en la PTAR, asegurando su disponibilidad y confiabilidad.
- Supervisar la ejecución de programas de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar el óptimo desempeño de los activos eléctricos.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Colaborar con otros departamentos para planificar y ejecutar el mantenimiento de los activos eléctricos de manera eficiente y segura, optimizando recursos.
- Realizar seguimiento y análisis de las actividades de mantenimiento para identificar oportunidades de mejora y optimización de costos.
- Participar en la elaboración de presupuestos y en la gestión de recursos para el mantenimiento de los activos eléctricos, garantizando su correcta gestión financiera.

Coordinador de Seguridad en el Trabajo:

- Supervisar y promover el cumplimiento de las normas y procedimientos de seguridad en relación con los activos eléctricos, velando por la integridad de los trabajadores.
- Desarrollar e implementar programas de seguridad específicos para el manejo seguro de los activos eléctricos, previniendo riesgos laborales.
- Realizar inspecciones periódicas para identificar y corregir posibles riesgos asociados con los activos eléctricos, manteniendo un entorno seguro de trabajo.
- Capacitar al personal en prácticas seguras de trabajo y en la correcta manipulación de los activos eléctricos, promoviendo una cultura de seguridad.
- Investigar incidentes y accidentes relacionados con los activos eléctricos, identificando causas y proponiendo medidas correctivas para prevenir su recurrencia.
- Colaborar con el departamento de mantenimiento para garantizar que los activos eléctricos se mantengan en condiciones seguras de operación, colaborando estrechamente en temas de seguridad.

Estas funciones y responsabilidades equilibradas permiten una gestión eficaz de los activos eléctricos en la PTAR, abordando tanto los aspectos técnicos y operativos como los aspectos administrativos, financieros y de seguridad y salud en el trabajo. Al tener roles claros y definidos, se fomenta la responsabilidad y la colaboración en la gestión de los activos eléctricos, lo que contribuye al funcionamiento eficiente y seguro de la PTAR.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4.3.3 Planificación

La planificación es crucial para asegurar que los activos eléctricos de la PTAR funcionen de manera óptima y eficiente. Esto implica desarrollar planes estratégicos y tácticos para el mantenimiento, la operación y la renovación de los activos eléctricos, considerando los objetivos de la organización, los riesgos asociados y los recursos disponibles.

Medidas para enfrentar riesgos y oportunidades en la gestión de activos: La alta dirección, al planificar su sistema de gestión de activos eléctricos, debe considerar el contexto específico de la planta de tratamiento de aguas residuales, así como las necesidades y expectativas de las partes interesadas involucradas. En este proceso de planificación, es fundamental identificar y abordar los riesgos y oportunidades relacionados con los activos eléctricos, con el objetivo de garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos y la mejora continua del sistema.

Para ello, se deben llevar a cabo las siguientes acciones:

- **Identificación de riesgos y oportunidades:** Es necesario realizar una evaluación exhaustiva de los riesgos y oportunidades asociados con los activos eléctricos en la PTAR. Esto implica analizar los posibles efectos adversos o no deseados que pudieran surgir, así como identificar oportunidades para mejorar el desempeño y la eficiencia del sistema de gestión de activos eléctricos.
- **Acciones para abordar riesgos y oportunidades:** Una vez identificados, es importante definir y desarrollar las acciones necesarias para hacer frente a los riesgos y aprovechar las oportunidades identificadas. Estas acciones pueden incluir medidas preventivas, mitigación de riesgos, mejoras en la eficiencia energética, implementación de tecnologías más avanzadas o cualquier otra iniciativa que contribuya a la gestión efectiva de los activos eléctricos.
- **Integración e implementación de acciones:** Las acciones definidas para abordar los riesgos y oportunidades deben integrarse de manera efectiva en los procesos del sistema de gestión de activos eléctricos de la PTAR. Esto implica la incorporación de

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

los cambios necesarios en los procedimientos, protocolos y prácticas de mantenimiento, operación y supervisión de los activos eléctricos.

- Evaluación de la eficacia: Es esencial establecer mecanismos de seguimiento y evaluación para medir la eficacia de las acciones implementadas. Esto implica monitorear y analizar regularmente los resultados obtenidos, compararlos con los objetivos establecidos y realizar ajustes o mejoras adicionales según sea necesario.

Al llevar a cabo estas acciones, la PTAR fortalecerá su sistema de gestión de activos eléctricos, asegurando un manejo adecuado de los riesgos y aprovechando las oportunidades para optimizar el desempeño, la seguridad y la eficiencia en el uso de los activos eléctricos en el contexto de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Para abordar los riesgos y oportunidades en la gestión de activos eléctricos en la PTAR, es esencial llevar a cabo una planificación exhaustiva que tome en cuenta el contexto específico de la planta y las expectativas de todas las partes interesadas involucradas. Este enfoque integral permite identificar los posibles riesgos que podrían afectar la efectividad y eficiencia de los activos eléctricos, así como descubrir oportunidades para mejorar los procesos existentes y maximizar el rendimiento de los activos. Comprender detalladamente el entorno operativo y las necesidades del mercado son elementos clave en esta fase de planificación, ya que permiten adaptar las estrategias de gestión de activos a las condiciones particulares de la PTAR.

Al planificar las acciones para abordar los riesgos y oportunidades en la gestión de activos eléctricos en la PTAR, se deben considerar una serie de medidas específicas. Esto implica no solo identificar los riesgos potenciales, sino también desarrollar estrategias claras y efectivas para mitigarlos. Además, es importante identificar las oportunidades para mejorar la eficiencia y confiabilidad de los activos eléctricos, ya sea mediante la implementación de nuevas tecnologías, la optimización de los procesos de mantenimiento o la capacitación del personal. Esta fase de planificación también incluye establecer indicadores clave de rendimiento (KPIs) para evaluar la efectividad de las acciones implementadas y realizar ajustes según sea necesario.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Una vez identificadas las medidas necesarias, es fundamental integrarlas de manera efectiva en los procesos del sistema de gestión de activos eléctricos en la PTAR. Esto implica no solo implementar las acciones planificadas, sino también garantizar que se comprendan y sigan en todos los niveles de la organización. La comunicación clara y la capacitación adecuada son elementos esenciales en este proceso, ya que aseguran que todos los miembros del equipo estén alineados con los objetivos de gestión de activos eléctricos y comprendan su papel en la implementación de las medidas identificadas.

Por último, es crucial realizar evaluaciones periódicas para medir la eficacia de las acciones implementadas, asegurando que se logren los objetivos previstos y fomentando la mejora continua en la gestión de activos eléctricos en la PTAR. Esto implica monitorear de cerca los KPIs establecidos, recopilar retroalimentación de los diferentes departamentos y realizar ajustes según sea necesario para optimizar los resultados. Además, estas evaluaciones periódicas permiten identificar nuevas oportunidades de mejora y adaptar las estrategias de gestión de activos a medida que evolucionan las condiciones del mercado y las necesidades operativas de la PTAR.

4.3.4 Apoyo

Para garantizar el éxito de la gestión de activos eléctricos, la ESPY debe proporcionar el apoyo necesario en términos de recursos humanos, financieros y tecnológicos. Esto incluye la capacitación del personal, la inversión en tecnología adecuada para monitorear y mantener los activos, así como la asignación de presupuesto suficiente para llevar a cabo actividades de mantenimiento y mejora.

Uso de Recursos: Es imprescindible que la alta dirección garantice la disponibilidad de todos los recursos necesarios para establecer y mantener eficientemente el sistema de gestión de activos eléctricos. Estos recursos abarcan desde el talento humano hasta la infraestructura física y los medios financieros y tecnológicos.

En lo que respecta al recurso humano, es fundamental contar con un equipo capacitado y comprometido con los objetivos del sistema. Por lo tanto, la alta dirección debe asegurar que se asignen las personas adecuadas con las competencias necesarias para llevar a cabo las tareas requeridas en la gestión de activos eléctricos.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

En términos de infraestructura, se deben tener en cuenta aspectos como las instalaciones físicas y los equipos necesarios para el funcionamiento de la PTAR y la implementación del sistema de gestión de activos eléctricos. Esto incluye desde los edificios y servicios asociados hasta el hardware y software requerido para el monitoreo y control de los activos.

Además, se requiere una asignación adecuada de recursos financieros y tecnológicos para adquirir y mantener los equipos y tecnologías necesarios. Esto implica proporcionar herramientas y repuestos para el mantenimiento de los activos, así como cualquier otra inversión tecnológica necesaria para optimizar la gestión de activos eléctricos en la PTAR.

Comunicación: La gestión de activos eléctricos requiere una comunicación efectiva tanto interna como externa para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema. La organización debe establecer y mantener procesos claros para determinar qué información comunicar, cuándo hacerlo, a quién dirigirse y cómo llevar a cabo esta comunicación.

La alta dirección desempeña un papel fundamental en este proceso, asegurándose de cumplir con los requisitos legales y otros requisitos pertinentes al comunicar información sobre los activos eléctricos. Esto implica mantener coherencia y fiabilidad en los mensajes transmitidos y considerar las necesidades y expectativas de las partes interesadas internas y externas, respondiendo a sus inquietudes de manera oportuna.

Es esencial documentar todas las comunicaciones relacionadas con el sistema de gestión de activos para mantener un registro adecuado de las interacciones y respuestas proporcionadas. Esto incluye la comunicación interna de información relevante entre diferentes niveles y funciones de la organización, fomentando la participación de todos los implicados en la mejora continua del sistema.

Para facilitar esta comunicación, la alta dirección organizará reuniones periódicas para informar sobre el progreso de la implementación del sistema de gestión de activos. Además, se emplearán diversos medios de comunicación internos, como correo electrónico, carteles físicos, tableros de información y publicaciones internas, para asegurar que la información llegue de manera clara y oportuna a todos los miembros del equipo.

Información documentada: Para garantizar la eficacia del sistema es fundamental establecer y mantener una adecuada documentación que satisfaga las necesidades de

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

información relacionadas con los activos. Esto implica establecer formatos y reportes que faciliten la comunicación entre las áreas administrativa y operativa, asegurando que la información fluya de manera adecuada.

Es responsabilidad del sistema de gestión de activos eléctricos determinar qué información documentada es necesaria para su correcto funcionamiento. Entre los aspectos más relevantes se encuentran:

- La política y los objetivos del sistema de gestión de activos eléctricos, que proporcionan la dirección y el propósito de las actividades relacionadas con ellos.
- El alcance del sistema de gestión de activos eléctricos, que define los límites y la extensión de la aplicación de este sistema en la PTAR.
- La elaboración de procedimientos detallados tanto para los procesos productivos como para las intervenciones de mantenimiento, con el fin de estandarizar las prácticas y garantizar la consistencia en las operaciones.
- El diseño de Formatos y anexos necesarios para la recopilación, registro y presentación de la información mencionada anteriormente, que facilitan la organización y el seguimiento de los datos relevantes para la gestión de activos eléctricos en la PTAR a lo largo del tiempo.

Dentro del alcance del sistema de gestión de activos eléctricos, se da prioridad a la gestión de la documentación que pueda incidir en los activos críticos a lo largo de su ciclo de vida desde la implementación del sistema.

Las áreas de producción (operativa) y mantenimiento tendrán una atención especial en la gestión de documentos, reconociendo la importancia del control efectivo de la información para alcanzar los objetivos del sistema de gestión de activos eléctricos y mantener la coherencia con la política y objetivos organizacionales.

Durante la generación y actualización de la información documentada, la organización implementa controles para asegurar la adecuación de la información, garantizando que el personal involucrado en la gestión de activos utilice información precisa y aprobada por el Departamento de Planeación, lo que asegura la integridad y fiabilidad de los datos utilizados en las actividades relacionadas con los activos eléctricos.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4.3.5 Funcionamiento

El funcionamiento efectivo de los activos eléctricos implica implementar procesos y procedimientos sólidos para su operación y mantenimiento. Esto incluye llevar a cabo inspecciones regulares, realizar mantenimiento preventivo y correctivo según sea necesario, y garantizar que los activos eléctricos cumplan con los estándares de seguridad y calidad establecidos.

Planificación y control operacional en la PTAR:

En la Empresa de Servicios Públicos de Yumbo (ESPY), la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) es fundamental para asegurar un tratamiento efectivo de las aguas residuales. Para ello, es esencial planificar y controlar meticulosamente las operaciones, de manera similar a lo planteado en el contexto previamente mencionado. Esto implica coordinar las actividades de acuerdo con los requisitos de los procesos de tratamiento, implementar métodos operativos y supervisar todas las actividades necesarias para cumplir con los estándares y regulaciones ambientales.

Para garantizar que el sistema de gestión de activos eléctricos en la PTAR alcance sus objetivos y aborde los riesgos y oportunidades, se deben establecer criterios claros para los procesos de tratamiento y aplicar medidas preventivas para reducir los efectos adversos. Asimismo, se debe promover la mejora continua en todas las etapas del tratamiento de aguas residuales, con el fin de optimizar la eficiencia y la calidad del proceso.

Para lograr una planificación y control efectivos de los procesos en la PTAR, se sugiere lo siguiente:

- Establecer criterios específicos para cada etapa del tratamiento de aguas residuales, como la sedimentación, la filtración y la desinfección, considerando las necesidades específicas de la planta y las regulaciones ambientales vigentes.
- Implementar controles rigurosos para monitorear y garantizar el cumplimiento de los criterios establecidos durante cada etapa del proceso, utilizando tecnologías de monitoreo avanzadas y sistemas de gestión de datos.
- Mantener una documentación exhaustiva de todas las actividades realizadas en la planta, tanto en el área operativa como administrativa, con el objetivo de asegurar la trazabilidad y transparencia en el desarrollo de los procesos de tratamiento. Esto incluye mantener registros detallados de mantenimiento de equipos eléctricos,

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

informes de inspección y resultados de pruebas de calidad del agua tratada, entre otros documentos relevantes.

Además, se debe implementar una gestión eficiente de los activos eléctricos en la PTAR, lo cual implica:

- Definir clases de mantenimiento para los activos críticos, estableciendo procedimientos específicos para el mantenimiento preventivo y predictivo de cada tipo de equipo eléctrico.
- Documentar y mantener registros actualizados para cada activo eléctrico, incluyendo información detallada sobre su historial de mantenimiento, vida útil esperada, instrucciones de operación y cualquier otra información relevante para su gestión adecuada.

Gestión del cambio en la PTAR:

Antes de implementar cualquier modificación en los procesos o procedimientos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que puedan afectar significativamente su funcionamiento, es fundamental considerar la política establecida para los activos por el departamento contable de la ESPY. Esta política, que se centra en el manejo de activos a nivel contable y en términos de valor para la empresa, representa una base importante que debe ser articulada en el futuro piloto propuesto de gestión de activos eléctricos en la PTAR.

La alta dirección debe evaluar cuidadosamente cómo integrar esta política existente en la gestión de activos eléctricos en la PTAR. Aunque actualmente la ESPY no cuenta con un sistema de gestión de activos definido para los activos eléctricos, esta política proporciona una base sólida que puede ser aprovechada en el desarrollo del piloto de gestión de activos eléctricos.

Es esencial asegurar que cualquier cambio planificado esté alineado con la política existente para los activos de la empresa y que se tomen medidas para mitigar cualquier riesgo potencial asociado con la implementación del piloto de gestión de activos eléctricos. Además, es importante comunicar de manera efectiva estos cambios a todas las áreas pertinentes dentro de la ESPY, garantizando así una transición suave y la comprensión de la importancia de integrar la política contable de activos en el piloto de gestión de activos eléctricos en la PTAR.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4.3.6 Evaluación del desempeño

Es importante medir y evaluar el desempeño de los activos eléctricos para identificar áreas de mejora y tomar decisiones informadas. Esto implica establecer indicadores clave de desempeño (KPIs) relacionados con la confiabilidad, disponibilidad y eficiencia de los activos eléctricos, y realizar auditorías periódicas para evaluar el cumplimiento de los objetivos establecidos.

El seguimiento, la medición, el análisis y la evaluación en la PTAR:

Involucran procedimientos para supervisar de forma continua los aspectos principales del proceso de tratamiento de aguas residuales y las intervenciones de mantenimiento relacionadas. También se monitorean los efectos en los activos eléctricos y su rendimiento a lo largo de su ciclo de vida.

Es esencial llevar un seguimiento de los objetivos establecidos en el sistema de gestión de activos de la PTAR, cumpliendo con las normas, regulaciones y estándares pertinentes en la gestión de activos eléctricos. Esta vigilancia se realiza regularmente para identificar tanto los puntos destacados del sistema como las áreas que pueden mejorar.

La evaluación de los resultados se realiza de manera periódica, identificando los aspectos positivos del sistema y las áreas que pueden requerir mejoras. Es crucial cumplir adecuadamente con los requisitos de documentación, ya que las acciones correctivas y las decisiones se basarán en la evidencia histórica de los procesos, lo que garantiza una gestión efectiva y fundamentada en datos.

El seguimiento y la medición de los procesos relacionados con los activos eléctricos y su mantenimiento en la PTAR:

Deben estar alineados con la política y los objetivos del sistema de gestión de activos. Esto implica considerar:

- a) La utilización de técnicas y métodos de medición específicos dentro del proceso de mantenimiento eléctrico.
- b) El establecimiento de planes de muestreo y criterios de aceptación que se alineen con los estándares de calidad establecidos.
- c) El desarrollo de indicadores de gestión que aborden tanto la productividad como las intervenciones de mantenimiento eléctrico.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- d) La implementación de planes correctivos y un proceso jerárquico de escalado en caso de que surjan situaciones de no conformidad en el mantenimiento de los activos eléctricos.
- e) La evaluación del desempeño de los procedimientos de gestión de activos eléctricos.

Es fundamental que estos aspectos estén vinculados con los informes de producción entregados por el personal operativo, y que se realice un análisis exhaustivo para relacionarlos con los indicadores de gestión, en caso de que estén integrados en la estructura organizativa.

El proceso de recopilación de datos de una evaluación continua del desempeño debe ser el primer paso para evaluar la efectividad de la política y los objetivos del sistema de gestión de activos eléctricos de la organización. Esto implica aprender de los errores y tomar medidas correctivas como punto de partida para identificar oportunidades de mejora en el mantenimiento de los activos eléctricos.

La evaluación del desempeño de los activos eléctricos y los procesos de gestión de activos en la PTAR:

Esta se realizará para garantizar un seguimiento efectivo de estos activos críticos y evaluar su eficacia. Este proceso incluye consideraciones para posibles cambios en la política y los objetivos de gestión de activos, asegurando el cumplimiento de las necesidades de las partes interesadas.

Los indicadores de desempeño son fundamentales para esta evaluación y deben basarse en evidencia cualitativa y cuantitativa. Estos indicadores abarcan aspectos como el rendimiento de los activos eléctricos, las interrupciones en los procesos de producción y mantenimiento, el desempeño del personal operativo en tareas de corte, figuración y estribado, así como la gestión y efectividad de las intervenciones de mantenimiento.

En cuanto a las auditorías internas, se llevarán a cabo para garantizar que el sistema de gestión de activos cumpla con sus objetivos y planes estratégicos. Estas auditorías se centran especialmente en los activos críticos, se deben planificar y ejecutar para evaluar el cumplimiento de la política de gestión de activos y la evaluación del riesgo. Se deben establecer criterios para la frecuencia, métodos y responsabilidades de las auditorías, como documentar y comunicar los resultados conforme a los requisitos del sistema de gestión.

La revisión de lo anterior es responsabilidad de alta dirección y tiene como objetivo evaluar y verificar el cumplimiento de la política, la gestión de activos y objetivos. Esto se realizará para mantener la coherencia con las metas organizacionales y satisfacer las necesidades de

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

las partes interesadas. Las revisiones por parte de la alta dirección se deben realizar al menos una vez al año, con especial atención a los cambios internos que puedan afectar los riesgos y el desempeño de los activos eléctricos, lo que permite una evaluación completa de su eficacia y la actualización de los requisitos de desempeño.

4.3.7 Mejora continua:

La mejora continua es fundamental para optimizar la gestión de activos eléctricos en la PTAR. Esto implica identificar oportunidades de mejora, implementar acciones correctivas y preventivas, y revisar periódicamente los procesos y procedimientos para garantizar que sean efectivos y eficientes en la maximización de la vida útil y el rendimiento de los activos eléctricos.

Para promover la mejora continua en la gestión de activos eléctricos y su mantenimiento en la PTAR, es fundamental que la alta dirección establezca metodologías para manejar, investigar y dar seguimiento a las no conformidades, incidentes y desviaciones relacionadas con el sistema de gestión de activos. Para la ESPY, se propone la creación de un departamento de mejora continua, centrado en los procesos de producción y mantenimiento, para analizar los procedimientos actuales y proponer mejoras.

Ante la identificación de no conformidades o incidentes en los procesos de la PTAR, se deben tomar acciones adecuadas para controlar y corregir la situación. Esto implica reaccionar ante la no conformidad, identificar los elementos no conformes, evaluar la necesidad de acciones correctivas y su implementación, así como revisar la eficacia de estas acciones. La organización debe documentar adecuadamente la naturaleza de las no conformidades, las acciones tomadas y sus resultados.

Además, la organización debe establecer procesos para identificar proactivamente posibles fallas en el desempeño de los activos o del sistema de gestión de activos y evaluar la necesidad de acciones preventivas. Estas acciones preventivas deben seguir los mismos requisitos descritos para las no conformidades y acciones correctivas.

La mejora continua es un proceso constante en la PTAR, donde se consideran los resultados del análisis y la evaluación, así como las revisiones realizadas por la alta dirección. Se deben implementar acciones para mejorar la eficacia de los activos eléctricos y de su sistema de gestión, con el objetivo de garantizar su conveniencia y adecuación a las necesidades y oportunidades identificadas.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4.4 Selección y categorización de los activos eléctricos que intervienen en el proceso en la PTAR de Yumbo.



Figura 7 Procesos PTAR de Yumbo. Fuente: ESPY

La gestión efectiva de los activos eléctricos es esencial para que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Yumbo funcione de manera óptima. Para entender mejor su alcance y relevancia, se ha creado una tabla detallada que identifica y relaciona todos los activos eléctricos involucrados en cada etapa del proceso de tratamiento de aguas residuales en la PTAR. Esta tabla ofrece una visión completa de la infraestructura eléctrica necesaria para asegurar que la planta opere de manera eficiente y confiable, desde la recepción inicial de las aguas residuales hasta su tratamiento y disposición final. Al conectar directamente la gestión de activos eléctricos con cada parte del proceso de tratamiento de aguas residuales, se destaca la importancia de una planificación y mantenimiento adecuados para optimizar el rendimiento operativo y reducir los tiempos de inactividad en la planta.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

No.	REFERENCIA	UBICACIÓN EN PLANTA	TIPO EQUIPO	MARCA MOTOR	POTENCIA (HP)
1	Rejilla Gruesa No 1	PRETRATAMIENTO	MOTORREDUCTOR	WEG	0,75
2	Rejilla Gruesa No 2	PRETRATAMIENTO	MOTORREDUCTOR	WEG	0,75
3	Rejilla Media No 1	PRETRATAMIENTO	MOTORREDUCTOR	WEG	0,75
4	Rejilla Media No 2	PRETRATAMIENTO	MOTORREDUCTOR	WEG	0,75
5	Rejilla Fina No 1	PRETRATAMIENTO	MOTORREDUCTOR	WEG	0,75
6	Rejilla Fina No 2	PRETRATAMIENTO	MOTORREDUCTOR	WEG	0,75
7	Cepillo Limpiador Rejilla Fina No 1	PRETRATAMIENTO	MOTORREDUCTOR	WEG	0,25
8	Cepillo Limpiador Rejilla Fina No 2	PRETRATAMIENTO	MOTORREDUCTOR	WEG	0,25
9	Banda Trans. Rejillas Gruesas	PRETRATAMIENTO	MOTORREDUCTOR	WEG	0,75
10	Tornillo Trans. Rejillas Medias	PRETRATAMIENTO	MOTORREDUCTOR	WEG	0,75
11	Tornillo Trans. Rejillas Finas	PRETRATAMIENTO	MOTORREDUCTOR	WEG	0,75
12	Agitador Clasificador De Arenas	PRETRATAMIENTO	MOTORREDUCTOR	WEG	0,50
13	Tornillo Lavador De Arena	PRETRATAMIENTO	MOTORREDUCTOR	WEG	0,75
14	Bomba De Vacío Sistema De Cebado 1	PRETRATAMIENTO	BOMBA	WEG	0,50
15	Motor Bomba 1 Grit Pump	PRETRATAMIENTO	BOMBA	WEG	10,00
16	Motor Bomba 2 Grit Pump	PRETRATAMIENTO	BOMBA	WEG	10,00
17	Motorreductor Filtro Percolador	FILTRO PERCOLADOR	MOTORREDUCTOR	WEG	1,00
18	BOMBA 2 Estación De Bombeo De Agua Pretratada	PRETRATAMIENTO	BOMBA	WEG	60,00
19	BOMBA 1 Estación De Bombeo De Agua Pretratada	PRETRATAMIENTO	BOMBA	WEG	60,00
20	Electrobomba Ebar	EBAR	MOTORREDUCTOR	WEG	75,00
21	Bombas recirculación lodos al tanque de contacto solidos 1	ESTACION BOMBEO DE LODOS	BOMBA		20,00

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

22	Bombas recirculación lodos al tanque de contacto solidos 2	ESTACION BOMBEO DE LODOS	BOMBA		20,00
23	Bombas de lodos a espesador a gravedad 1	ESTACION BOMBEO DE LODOS	BOMBA		5,00
24	Bombas de lodos a espesador a gravedad 2	ESTACION BOMBEO DE LODOS	BOMBA		5,00
25	Bomba de achique	ESTACION BOMBEO DE LODOS	BOMBA		2,00
26	Bomba de lodos Espesados a digestores N 1	ESPEADOR DE LODOS	BOMBA		7,50
27	Bomba de lodos Espesados a digestores N 2	ESPEADOR DE LODOS	BOMBA		7,50
28	Bomba agitadora de lodos 1 rotamix 1	DIGESTION	BOMBA		40,00
29	Bomba agitadora de lodos 1 rotamix 2	DIGESTION	BOMBA		40,00
30	Bombas recirculación de lodo caliente 1	DIGESTION	BOMBA		3
31	Bombas recirculación de lodo caliente 2	DIGESTION	BOMBA		3
32	Bombas lodos digeridos	DIGESTION	BOMBA		5
33	Bombas lodos digeridos	DIGESTION	BOMBA		7,5
34	Bomba jockey	RCI	BOMBA	AURORA PUMP	5
35	BCI	RCI	BOMBA	AURORA PUMP	50
36	Bomba de estación de bombeo de agua potable 1	AGUA DE PROCESO	BOMBA		8
37	Bomba de estación de bombeo de agua potable 2 STAND BY	AGUA DE PROCESO	BOMBA		8
38	Bomba de agua caliente 1	CALENTAMIENTO	BOMBA/MOTOR		3
39	Bomba de agua caliente 2	CALENTAMIENTO	BOMBA/MOTOR		3
40	Bomba dosificadora cavidad progresiva 1	DESHIDRATAACION	BOMBA		2
41	Bomba dosificadora cavidad progresiva 1	DESHIDRATAACION	BOMBA		2
42	Tornillo sin fin-Descarga lodo deshidratado	DESHIDRATAACION	MOTORREDUCTOR		5
43	Bombas nutrientes 1	BIOGAS	BOMBA		1,5
44	Bombas nutrientes 2	BIOGAS	BOMBA		1,5
45	CCM1	SUBESTACION	TABLERO CENTRO CONTROL MOTORES		162.6
46	CCM2	PRETRATAMIENTO	TABLERO CENTRO CONTROL MOTORES		24.5
47	CCM3	DESHIDRATAACION	TABLERO CENTRO CONTROL MOTORES		113

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

48	CCM4	PRETRATAMIENTO	TABLERO CENTRO CONTROL MOTORES		9
49	CCM5	SOPLADORES	TABLERO CENTRO CONTROL MOTORES		150
50	CCM6	DECANTER	TABLERO CENTRO CONTROL MOTORES		120
51	CCM7	ROTAMIX	TABLERO CENTRO CONTROL MOTORES		40
52	CCM8	EBAR	TABLERO CENTRO CONTROL MOTORES		79.5
53	CCM9	BIOGAS	TABLERO CENTRO CONTROL MOTORES		24.7
54	TN1	EDIFICIO SUBESTACION	TABLERO DE CIRCUITOS	3F	27.35
55	TN2	EDIFICIO ADMINISTRATIVO	TABLERO DE CIRCUITOS	3F	26.39
56	TN3	PORTERIA	TABLERO DE CIRCUITOS	2F	1
57	TN5A	SOPLADORES	TABLERO DE CIRCUITOS	3F	5
59	TN6	EDIFICIO DESHIDRATACION-DECANTER	TABLERO DE CIRCUITOS	2F	2.7
60	TRANSFORMADOR 112.5 KVA		SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	3F	
61	TRANSFORMADOR 800 KVA	SUBESTACION	SERVICIOS GENERALES PLANTA	3F	
62	PLANTA EMERGENCIA 800 KVA	SUBESTACION		3F	

Tabla 2 Inventario de activos eléctricos PTAR. Elaboración propia

¿Qué es un activo crítico?

Se puede describir como aquellos activos cuya interrupción o mal funcionamiento tiene un impacto considerable en los resultados y operaciones de la empresa. Esto puede manifestarse a través de pérdidas de producción, insatisfacción del cliente, tiempos de inactividad, accidentes, daños al producto, entre otros efectos adversos. (Gerenciaindustrial.2020)

4.5 Determinación de activos críticos

Una vez que se han identificado los activos involucrados en el proceso de tratamiento de aguas residuales, es fundamental clasificarlos para determinar cuáles son los más cruciales y esenciales en cada etapa de este proceso.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Esta clasificación permite establecer prioridades, concentrando esfuerzos en los activos que son más relevantes. Para llevar a cabo este proceso de selección de manera efectiva, es importante considerar una serie de conceptos establecidos que ayudan a guiar y facilitar la clasificación de estos activos.

En el contexto de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), es fundamental identificar los activos eléctricos que desempeñan un papel crítico en cada etapa del proceso de tratamiento. Esta determinación permite priorizar acciones de mantenimiento y asegurar la continuidad operativa de la planta.

Para llevar a cabo esta identificación de manera efectiva, se hará uso de la metodología del análisis de criticidad, la cual ayuda a establecer jerarquías entre los diferentes equipos y sistemas eléctricos de la planta. Dentro de este análisis, se consideran diversos criterios, como la filosofía de operación de la planta, los diagramas de flujo de proceso, los registros de eventos no deseados o fallas, la frecuencia de ocurrencia de dichos eventos y los impactos en la producción y la seguridad de los procesos.

En particular, para la PTAR, se otorga una mayor relevancia al registro de los impactos en las diferentes etapas en los procesos. Esto permite identificar aquellos activos eléctricos cuya falla podría tener un mayor impacto en la eficiencia operativa de la planta, como la interrupción del tratamiento de aguas residuales y la potencial afectación del medio ambiente. Al tener en cuenta este criterio, se puede priorizar adecuadamente nuestras acciones de mantenimiento y garantizar la continuidad y eficiencia del proceso de tratamiento de aguas residuales en nuestra PTAR.

4.6 Análisis de Criticidad

En el entorno de una planta industrial, no todos los equipos ostentan la misma relevancia. Es evidente que algunos equipos son mucho más cruciales que otros. Dado que los recursos disponibles para el mantenimiento de la planta son limitados, resulta esencial destinar la mayor parte de estos recursos a los equipos de mayor importancia, reservando una porción menor para aquellos que tienen un impacto menor en los resultados de la empresa.

Pero ¿cómo distinguimos qué equipos tienen un impacto significativo en los resultados y cuáles no?

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

En este contexto, se lleva a cabo lo que se conoce como Análisis de Criticidad de los equipos de la planta. Este análisis permite identificar diferentes niveles de importancia o criticidad:

A) Equipos críticos: Son aquellos cuyo fallo o mal funcionamiento tienen un efecto sustancial en los resultados de la empresa.

B) Equipos importantes: Son aquellos cuya interrupción, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, aunque las consecuencias son manejables.

C) Equipos prescindibles: Son aquellos que tienen un impacto mínimo en los resultados. En el mejor de los casos, podrían ocasionar una leve incomodidad, cambios poco significativos o un costo adicional insignificante. (García Garrido, S.2003)

Ver Tabla 3.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

ANALISIS DE CRITICIDAD PTAR DE YUMBO				
CLASIFICACION DEL EQUIPO	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	PRODUCCION	CALIDAD	MANTENIMIENTO
A. CRÍTICO	Alta posibilidad de generar accidentes graves durante el tratamiento. (6 pts)	La parada afecta gravemente a la producción del efluente tratado (4 pts)	El efluente tratado es crítico para cumplir con los estándares de calidad requeridos (4 pts)	Alto costo de reparación en caso de avería en los equipos. (5 pts)
	Necesita revisiones periódicas por razones de seguridad (mensuales). (5 pts)	Su parada afecta de manera significativa a la estabilidad del proceso de tratamiento (3 pts)	Es el causante de un alto porcentaje de rechazos por incumplimiento de la calidad (3 pts)	Averías muy frecuentes que interrumpen el tratamiento. (4 pts)
	Ha producido accidentes en el pasado o similares (4 pts)			Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales) (3 pts)
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales) (3pts)	Afecta a la producción del efluente, pero es recuperable o no llega a interrumpir el tratamiento (2 pts)	Afecta a la calidad del efluente tratado, pero habitualmente no es problemático (2 pts)	Costo Medio en Mantenimiento. (2pts)
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas. (2 pts)			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en la seguridad del proceso de tratamiento (1 pts)	Poca influencia en la producción del efluente tratado (1 pts)	No afecta de manera significativa a la calidad del efluente (1 pts)	Bajo coste de Mantenimiento (1 pts)

Tabla 3 Inventario de activos eléctricos PTAR. Adaptación análisis de criticidad de carácter cualitativo, del libro ORGANIZACION Y GESTION INTEGRAL DE MANTENIMIENTO (García Garrido, S.2003)

En esta tabla de valoración, se empleó una escala numérica para poder evaluar y cuantificar las consecuencias de cada equipo en funcionamiento. Al totalizar los aspectos evaluados para determinar la criticidad de cada equipo, se pudo ubicarlos en una escala de severidad

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

y clasificarlos como críticos, importantes o prescindibles. Esto se realiza debido a la falta de registros de frecuencia de fallos recurrentes. (Rojas fuentes, M.2022)

$$\Sigma (\text{SEGURIDAD} + \text{PRODUCCIÓN} + \text{CALIDAD} + \text{MANTENIMIENTO}) = \text{TOTAL PUNTOS}$$

EQUIPO	PARAMETROS	PUNTOS
DECANTADOR	Seguridad y Medio ambiente	5
	Producción	3
	Calidad	4
	Mantenimiento	4
TOTAL		16

EQUIPO	PARAMETROS	PUNTOS
BOMBA ROTAMIX	Seguridad y Medio ambiente	4
	Producción	3
	Calidad	2
	Mantenimiento	5
TOTAL		14

EQUIPO	PARAMETROS	PUNTOS
BOMBA HIDROSTAL	Seguridad y Medio ambiente	4
	Producción	2
	Calidad	3
	Mantenimiento	4
TOTAL		13

EQUIPO	PARAMETROS	PUNTOS
MOTOR DEL PERCOLADOR	Seguridad y Medio ambiente	4
	Producción	2
	Calidad	3
	Mantenimiento	4
TOTAL		13

EQUIPO	PARAMETROS	PUNTOS
SOPLADOR (AEREADOR)	Seguridad y Medio ambiente	5
	Producción	3
	Calidad	4
	Mantenimiento	3
TOTAL		15

EQUIPO	PARAMETROS	PUNTOS
MOTOR DEL BARREDOR DE LODOS	Seguridad y Medio ambiente	5
	Producción	3
	Calidad	4
	Mantenimiento	4
TOTAL		16

EQUIPO	PARAMETROS	PUNTOS
CCM (Centro de Control de Motores)	Seguridad y Medio ambiente	5
	Producción	3
	Calidad	4
	Mantenimiento	5
TOTAL		17

EQUIPO	PARAMETROS	PUNTOS
MOTOR REJILLAS CRIBADO	Seguridad y Medio ambiente	4
	Producción	2
	Calidad	3
	Mantenimiento	3
TOTAL		12

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

EQUIPO	PARAMETROS	PUNTOS
PLANTA DE EMERGENCIA	Seguridad y Medio ambiente	5
	Producción	3
	Calidad	1
	Mantenimiento	3
TOTAL		12

EQUIPO	PARAMETROS	PUNTOS
BOMBA EBAR (EFLUENTE)	Seguridad y Medio ambiente	6
	Producción	3
	Calidad	4
	Mantenimiento	5
TOTAL		18

EQUIPO	PARAMETROS	PUNTOS
BOMBA DE LODOS	Seguridad y Medio ambiente	6
	Producción	3
	Calidad	2
	Mantenimiento	5
TOTAL		16

Tabla 4 Equipos Análisis de Criticidad Fuente: Diseño propio

ESCALA DE SEVERIDAD			
CLASIFICACION	PRESCINDIBLE	IMPORTANTE	CRÍTICO
PUNTAJE	[1-5]	[6-9]	[10-20]

Tabla 5 Escala de Severidad: Diseño propio

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

EQUIPO	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	PRODUCCION	CALIDAD	MANTENIMIENTO	TOTAL	CRITICIDAD
DECANTADOR	5	3	4	4	16	CRITICO
BOMBA ROTAMIX	4	3	2	5	14	CRITICO
BOMBA HIDROSTAL	4	2	3	4	13	CRITICO
MOTOR DEL PERCOLADOR	4	2	3	4	13	CRITICO
SOPLADOR	5	3	4	3	15	CRITICO
MOTOR BARREDOR DE LODOS	5	3	4	4	16	CRITICO
CCM	5	3	4	5	17	CRITICO
MOTOR REJILLA CRIBADO	4	2	3	3	12	CRITICO
PLANTA DE EMERGENCIA	5	3	1	3	12	CRITICO
BOMBA EFLUENTE	6	3	4	5	18	CRITICO
BOMBA DE LODOS	6	3	2	5	16	CRITICO

Tabla 6 Calificación y jerarquización de criticidad: Diseño propio

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

5.0 TAXONOMÍA Y ESTADO ACTUAL DE LOS ACTIVOS ELÉCTRICOS DE LA PTAR DE YUMBO

5.1 ¿Qué es la norma ISO 14224?

La norma ISO 14224 es un estándar internacional reconocido que establece los principios y directrices para recopilar y compartir datos relacionados con activos industriales. Su objetivo principal es establecer una estructura consistente y coherente para la gestión de datos de activos, lo que simplifica la toma de decisiones basada en información precisa y confiable. (Normas ISO, marzo 12 del 2024)

Esta norma tiene aplicabilidad en diversas industrias y se enfoca en dos aspectos principales:

1. Características de los datos a recopilar: Establece los fundamentos para diversas metodologías de análisis al definir las características de los datos que se deben recopilar. Esto garantiza que la información recopilada sea relevante y útil para el análisis posterior.
2. Formato estandarizado para el intercambio de datos: Proporciona un formato uniforme para facilitar el intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento entre diferentes entidades, como plantas, instalaciones, fabricantes, operadores y contratistas. Esto asegura que la información pueda ser compartida y utilizada de manera eficiente y consistente.

La norma ISO 14224 establece tres categorías para la recopilación de información:

1. Datos de los equipos: Incluye la clasificación de los equipos y sus atributos relevantes. Esta categoría permite identificar y describir de manera sistemática los diferentes tipos de equipos presentes en una industria (Taxonomía).

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

2. Datos de falla: Comprende las causas y consecuencias de las fallas. Estos datos ayudan a comprender las razones detrás de las fallas y sus impactos en el desempeño de los activos.

3. Datos de mantenimiento: Involucra acciones de mantenimiento realizadas, los recursos utilizados y el tiempo de inactividad asociado. Esta categoría permite rastrear y documentar las actividades de mantenimiento realizadas en los activos, lo que es fundamental para garantizar su buen funcionamiento y prolongar su vida útil. (reliabytics. 2021)

Estos datos recopilados se utilizan en áreas clave como:

- **Confiabilidad:** Los datos de falla y los mecanismos de falla recopilados permiten realizar análisis de confiabilidad para evaluar la probabilidad de que los equipos o sistemas fallen en determinadas condiciones.
- **Disponibilidad/Eficiencia:** Los datos recopilados ayudan a evaluar la disponibilidad de los equipos y sistemas, lo que permite identificar oportunidades para mejorar la eficiencia operativa.
- **Mantenimiento:** Los datos de mantenimiento son fundamentales para la planificación y ejecución de actividades tanto correctivas como preventivas. Ayudan a optimizar las estrategias de mantenimiento y a garantizar el buen estado de los activos.
- **Seguridad y Medio Ambiente:** La recopilación y análisis de datos de falla permiten identificar y abordar fallas que podrían tener consecuencias adversas para la seguridad y el medio ambiente.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



Figura 8: Objetivos de la ISO 14224. Fuente: Elaboración propia

La ISO 14224 ha experimentado diversas ediciones a lo largo de su historia, las cuales incluyen las siguientes versiones.:

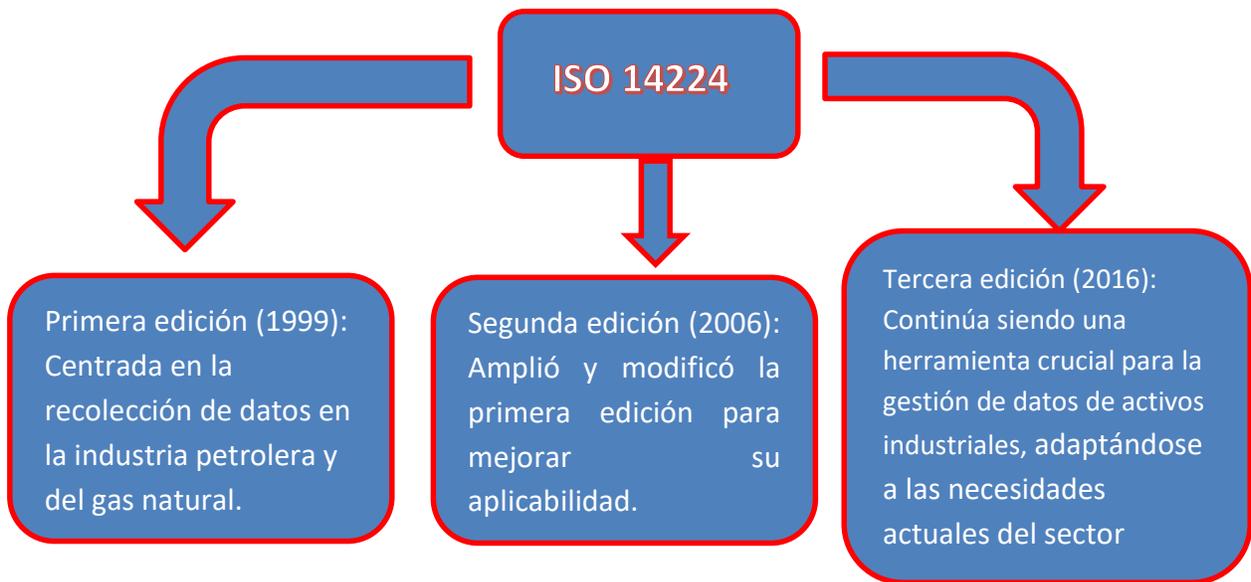


Figura 9 Versiones de la ISO 14224. Fuente: Elaboración propia

Para el segundo objetivo específico de esta investigación, se busca realizar la taxonomía de los activos eléctricos de la PTAR Yumbo, evaluando y documentando su estado actual e

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

incluyendo su vida útil restante. En este sentido, la aplicación de la norma ISO 14224 es de gran relevancia, ya que proporcionará un marco sólido y estructurado para la clasificación y gestión de estos activos.

La norma ISO 14224, aunque inicialmente orientada a la industria del petróleo y gas, puede adaptarse a otras industrias, como el tratamiento de aguas residuales. Al aplicar esta norma en la gestión de activos eléctricos de la PTAR, se pueden obtener varios beneficios significativos.

En primer lugar, se logrará una identificación y clasificación consistente de los activos eléctricos, lo que facilitará su gestión y seguimiento en la PTAR Yumbo. Esto permitirá tener una visión clara de los activos existentes, su ubicación, características y estado actual.

Además, la aplicación de la norma promoverá una mejora en la comunicación y el intercambio de información entre los diferentes departamentos y partes interesadas involucradas en la gestión de activos eléctricos. Al tener una taxonomía comúnmente aceptada, se facilitará la comprensión y el intercambio de datos, lo que contribuirá a una toma de decisiones más informada y eficiente.

Otro aspecto importante es la optimización de las estrategias de mantenimiento y reemplazo. Al contar con una taxonomía adecuada, se podrá evaluar la criticidad de los activos eléctricos y su vida útil restante. Esto permitirá establecer estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo basadas en las características y necesidades de cada activo, lo que a su vez contribuirá a maximizar su disponibilidad y rendimiento.

La aplicación de la norma ISO 14224 también facilitará la toma de decisiones informadas sobre inversiones y asignación de recursos. Al contar con una taxonomía clara y datos precisos sobre los activos eléctricos, se podrán identificar las áreas de mayor necesidad de inversión y asignar los recursos de manera óptima, evitando gastos innecesarios y maximizando la eficiencia operativa.

Por último, la aplicación de la norma ISO 14224 en la gestión de activos eléctricos de la PTAR Yumbo contribuirá al cumplimiento de requisitos legales y normativos relacionados con la

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

gestión de activos. Al seguir un marco reconocido internacionalmente, se garantizará que la PTAR cumpla con las regulaciones pertinentes y los estándares de calidad establecidos.

Actualmente, en todos los sectores de la economía, la competencia se incrementa gradualmente, lo que hace necesario realizar un análisis constante de los activos de una empresa, especialmente en lo que respecta a los equipos electromecánicos. Estos equipos son de gran importancia para la organización debido a sus altos costos y su rentabilidad. En este contexto, la norma ISO 14224 establece una estructura jerárquica para la clasificación de activos, como se muestra en la Figura 5, la cual es aplicable a diferentes tipos de negocios.

Los primeros cinco niveles de esta taxonomía representan la categorización de alto nivel que está relacionada con las instalaciones en las que los equipos están operando. Esto se debe a que un mismo equipo puede ser utilizado en diferentes industrias. Los otros cuatro niveles están vinculados a los equipos y sus subdivisiones en niveles inferiores, en una relación jerárquica. El número de subdivisiones para la recopilación de datos dependerá de la complejidad del equipo y de la utilización de los datos. El último nivel, denominado "elemento" o "repuesto", se utiliza únicamente en equipos muy complejos o en áreas de mantenimiento donde es necesario descomponer los elementos de una máquina. Ver figura 10.



Figura 10 Taxonomía y estructuración de Jerarquías según la norma ISO 14224. Fuente: <http://alterevoingenieros.blogspot.com.co/2014/04/rcm-taxonomia-yprincipios-fundamentales.html>

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Después de haber introducido los conceptos de taxonomía, sus beneficios y la aplicación de la norma ISO 14224 en la gestión de activos eléctricos de la PTAR Yumbo, es importante destacar la jerarquía taxonómica propuesta por esta norma internacional. Ver tabla 7.

Categoría principal	Nivel taxonómico	Jerarquía taxonómica	Uso/ubicación
Uso/ubicación	1	Industria	Tipo de industria principal
	2	Categoría de negocios	Tipo de negocio o línea de procesamiento
	3	Categoría de instalación	Tipo de instalación
	4	Categoría de planta/unidad	Tipo de planta/unidad
	5	Sección/sistema	Sección/sistema principal de la planta
Sub-división de equipos	6	Equipo (clase/unidad)	Clase de equipos similares. Cada clase de equipo contiene equipos similares (ej. compresores).
	7	Sub-unidad	Subsistema necesario para el funcionamiento del equipo
	8	Componente/ítem mantenible	Grupo de piezas del equipo que comúnmente se mantienen (se reparan/se restauran) como un total
	9	Pieza ^a	Un equipo individual
^a Si bien esta etiqueta puede ser útil en algunos casos, se considera como opcional en este Estándar Internacional.			

Tabla 7 Nivel taxonómico. Fuente: (ISO 2016)

Esta estructura jerárquica proporciona un marco coherente y estandarizado para la clasificación de activos eléctricos en la PTAR Yumbo. Al aplicar esta taxonomía, será posible identificar, codificar y gestionar de manera más eficiente los equipos críticos de la planta, considerando sus características específicas y su ubicación dentro del proceso de tratamiento de aguas residuales.

5.2 Propuesta de Taxonomía en la PTAR:

La norma ISO 14224 proporciona una guía para establecer una jerarquía de activos y una taxonomía consistente en la industria. A continuación, se presenta un paso a paso de cómo aplicar la norma para elaborar la taxonomía de los activos eléctricos en la PTAR de Yumbo:

Paso 1: Definir los niveles jerárquicos La norma ISO 14224 sugiere una jerarquía de nueve niveles, pero esto se puede adaptar según las necesidades de la organización.

Para la PTAR de Yumbo, según la norma, se podrían utilizar los siguientes niveles:

1. Empresa

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

2. Categoría de negocio
3. Instalación
4. Planta o proceso
5. Sección
6. Unidad de equipo
7. Subunidad
8. Componente
9. Atributos adicionales

Paso 2: Identificar los activos eléctricos, realizar un inventario de todos los activos eléctricos en la PTAR de Yumbo. Ver Tabla 2.

Paso 3: Asignar los activos a los niveles jerárquicos Para cada activo eléctrico identificado, asigna una categoría en cada nivel jerárquico.

Paso 4: Desarrollar un sistema de codificación consistente para cada nivel jerárquico.

Paso 5: Asignar códigos a los activos Utilizando el sistema de codificación desarrollado, se debe asignar un código único a cada activo eléctrico.

Paso 6: Incluir atributos adicionales Para cada activo, registra atributos adicionales relevantes, como potencia, voltaje, corriente, fabricante, modelo, fecha de instalación, entre otros. Estos atributos pueden ser parte del código o estar en una base de datos separada vinculada al código del activo.

Paso 7: Documentar la taxonomía. Se debe de crear un documento que describa la taxonomía desarrollada, incluyendo los niveles jerárquicos, el sistema de codificación y cualquier regla o convención utilizada. Este documento servirá como referencia para cualquier persona que trabaje con los activos eléctricos de la PTAR. Ver tabla 9.

Paso 8: Implementar y mantener la taxonomía. Se debe aplicar la taxonomía desarrollada a todos los activos eléctricos de la PTAR. Asegurándose de que todos los miembros del equipo estén capacitados en el uso de la taxonomía. Hay que establecer un proceso para mantener y actualizar la taxonomía a medida que se agreguen, modifiquen o retiren activos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

DESCRIPCION ACTIVOS ELECTRICOS CRITICOS PTAR YUMBO				
DESCRIPCION DEL EQUIPO	UBICACIÓN EN LA PLANTA	TIPO DE EQUIPO	VOLTAJE	POTENCIA (HP)
DECANTADOR	TRATAMIENTO DE LODOS, SEDIMENTADOR	MOTOR	440	60
BOMBA ROTAMIX	TRATAMIENTO DE LODOS, MEZCLADOR DIGESTOR	BOMBA CENTRIFUGA	230/460	40
BOMBA HIDROSTAL	PRETRATAMIENTO PRIMARIO	BOMBA SUMERGIBLE TIPO TURBINA	440	60
MOTOR DEL PERCOLADOR	TRATAMIENTO SECUNDARIO, FILTRO BIOLÓGICO	MOTORREDUCTOR	220	1
SOPLADOR (AIREADOR)	TRATAMIENTO SECUNDARIO BIOLÓGICO	MOTOR	440	75
MOTOR DEL BARREDOR DE LODOS	TRATAMIENTO DE LODOS, ESPESADOR	MOTOREDUCTOR	220	1
CCM (Centro de Control de Motores)	TODA LA PLANTA	TABLERO DE MANDO	440	
MOTOR REJILLAS CRIBADO	PRETRATAMIENTO PRIMARIO	MOTOREDUCTOR	220	0,75
PLANTA DE EMERGENCIA	CUARTO ELECTRICO	GRUPO ELECTROGENO		775
BOMBA EBAR (EFLUENTE)	ETAPA FINAL	BOMBA CENTRIFUGA	440	75
BOMBA DE LODOS	TRATAMIENTO DE LODOS	BOMBA CENTRIFUGA	230 / 460	20

Tabla 8 Resumen Activos críticos. Fuente: Elaboración Propia

EQUIPO	CODIGO PROPUESTO	DESCRIPCION
DECANTADOR	PTARYU-TL-SD-MTR-DE-01-60HP-440V-ROT	PTAR Yumbo Urbana-Tratamiento de Lodos-Sedimentador-Motorreductor-Decanter-01-60HP-440V-Rotativo
BOMBA ROTAMIX	PTARYU-TL-DG-BMC-RM-01-40HP-460V-CEN	PTAR Yumbo Urbana-Tratamiento de Lodos-Digestor-Bomba Centrífuga-Rotamix-01-40HP-460V-Centrífuga
BOMBA HIDROSTAL	PTARYU-PP-BTV-HI-01-60HP-440V-CEN	PTAR Yumbo Urbana-Pretratamiento Primario-Bomba sumergible Tipo Vortex-Hidrostral-01-60HP-440V-Centrífuga
MOTOR DEL PERCOLADOR	PTARYU-TS-FB-MTR-MP-01-1HP-220V-ELC	PTAR Yumbo Urbana-Tratamiento Secundario-Filtro Biológico-Motorreductor-Motor Percolador-01-1HP-220V-Eléctrico
SOPLADOR (AIREADOR)	PTARYU-TS-MT-SO-01-75HP-440V-ROT	PTAR Yumbo Urbana-Tratamiento Secundario-Motor-Soplador-01-75HP-440V-Rotativo

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

MOTOR DEL BARREDOR DE LODOS	PTARYU-TL-ES-MTR-MB-01-1HP-220V-ELC	PTAR Yumbo Urbana-Tratamiento de Lodos-Espesador-Motorreductor-Motor Barredor-01-1HP-220V-Eléctrico
CCM (Centro de Control de Motores)	PTARYU-EL-TM-CCM-01-440V-ELC	PTAR Yumbo Urbana-Eléctrico-Tablero de Mando-Centro de Control de Motores-01-440V-Eléctrico
MOTOR REJILLAS CRIBADO	PTARYU-PP-MTR-MR-01-0.75HP-220V-ELC	PTAR Yumbo Urbana-Pretratamiento Primario-Motorreductor-Motor Rejillas-01-0.75HP-220V-Eléctrico
PLANTA DE EMERGENCIA	PTARYU-EL-GE-PE-01-775KVA-ELC	PTAR Yumbo Urbana-Eléctrico-Grupo Electrónico-Planta de Emergencia-01-775KVA-Eléctrico
BOMBA EBAR (EFLUENTE)	PTARYU-EF-BMC-BE-01-75HP-440V-CEN	PTAR Yumbo Urbana-Efluente-Bomba Centrífuga-Bomba EBAR-01-75HP-440V-Centrífuga
BOMBA DE LODOS	PTARYU-TL-BMC-BL-01-20HP-460V-CEN	PTAR Yumbo Urbana-Tratamiento de Lodos-Bomba Centrífuga-Bomba de Lodos-01-20HP-460V-Centrífuga

Tabla 9 Descripción de la Taxonomía Activos Críticos. Fuente: Elaboración Propia

Siglas utilizadas en la codificación de taxonomía:

- PTARYU: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Yumbo Urbana
- TL: Tratamiento de Lodos
- SD: Sedimentador
- DG: Digestor
- PP: Pretratamiento Primario
- TS: Tratamiento Secundario
- FB: Filtro Biológico
- ES: Espesador
- EF: Efluente
- AP: Agua Potable
- MTR: Motorreductor
- BMC: Bomba Centrífuga
- BTV: Bomba sumergible Tipo Vortex
- MT: Motor
- TM: Tablero de Mando
- GE: Grupo Electrónico

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- DE: Decantador
- RM: Rotamix
- HI: Hidrostal
- MP: Motor Percolador
- SO: Soplador
- MB: Motor Barredor
- CCM: Centro de Control de Motores
- MR: Motor Rejillas
- PE: Planta de Emergencia
- BE: Bomba EBAR
- BL: Bomba de Lodos
- HP: Caballos de Fuerza (Horsepower)
- KVA: Kilovoltio-Amperio
- V: Voltios
- ROT: Rotativo
- CEN: Centrífuga
- ELC: Eléctrico

Estas siglas se han utilizado para representar los diferentes niveles y categorías de la estructura jerárquica de codificación, siguiendo la norma ISO 14224:2016. La utilización de siglas ayuda a mantener los códigos más cortos y fáciles de manejar, mientras se preserva la información esencial sobre cada activo eléctrico crítico de la PTAR Yumbo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

INSTALACION	SECCION SISTEMA	EQUIPO	COMPONENTES	PARTES
P T A R U R B A N A Y U M B O	T R A T A M I E N T O D E L O D O S	D E C A N T E R	Rotor cilíndrico horizontal	Pared del rotor Tornillo sinfín (también llamado tornillo transportador) Tubos de potencia/lunetas Extremo cónico Aberturas de descarga de sólidos (en 360°) Zona de alimentación
			Tornillo sinfín transportador	Eje central Espiral helicoidal o álabes espiral (también llamado alma o cabilla) Eje de entrada (donde se acopla al sistema de transmisión) Eje de salida (extremo opuesto) Cojinetes para soportar el eje Aletas raspadoras en el álabes espiral Soportes y anclajes
			Tubo de alimentación	Bridas de conexión
			Caja de engranajes	Carcasa o cuerpo Engranajes (piñones, engranajes rectos) Ejes de entrada y salida Rodamientos Sellos Sistemas de lubricación Respiraderos Tapas de inspección
			Carcasa con tapa de acero inoxidable	La tapa de acero inoxidable La sección inferior para descarga
			Bastidor compacto	Cojinetes principales en ambos extremos Amortiguadores de vibraciones
			Motor eléctrico principal	Estator Rotor Devanados Carcasa Eje Rodamientos Ventilador Terminales eléctricos
			Transmisión	Polea conductora y polea conducida Correa Trapezoidal Tensores de correa Soportes y bastidores para poleas Guardas protectoras Dispositivos de tensado (tornillos, rodillos tensores)
Motor trasero con variador de frecuencia (VFD)	Estator Rotor Devanados Carcasa Eje Rodamientos Ventilador Terminales eléctricos Estator Variador de Frecuencia			

Tabla 10 Taxonomía equipo Decantado y componentes. Fuente: Elaboración Propia

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

TAXONOMIA DE LOS COMPONENTES DEL DECANTADOR		
COMPONENTE	CODIFICACION	DESCRIPCION
Rotor cilíndrico horizontal	PTARYU-TL-SD-MTR-DE-01-60HP-440V- ROT	Rotor: ROT
Tornillo sinfín transportador	PTARYU-TL-SD-MTR-DE-01-60HP-440V- TSF	Tornillo sin fin: TSF
Tubo de alimentación	PTARYU-TL-SD-MTR-DE-01-60HP-440V- TBA	Tubo de alimentación: TBA
Caja de engranajes	PTARYU-TL-SD-MTR-DE-01-60HP-440V- CENG	Caja de engranajes: CENG
Carcasa con tapa de acero inoxidable	PTARYU-TL-SD-MTR-DE-01-60HP-440V- CAI	Carcasa con tapa de acero inoxidable: CAI
Bastidor compacto	PTARYU-TL-SD-MTR-DE-01-60HP-440V- BAC	Bastidor compacto: BAC
Motor eléctrico principal	PTARYU-TL-SD-MTR-DE-01-60HP-440V- MTP	Motor eléctrico principal: MTP
Transmisión	PTARYU-TL-SD-MTR-DE-01-60HP-440V- TRA	Transmisión: TRA
Motor trasero con variador de frecuencia (VFD)	PTARYU-TL-SD-MTR-DE-01-60HP-440V- MOVF	Motor trasero con variador de frecuencia (VFD): MOVF

Tabla 11 Codificación componentes equipo Decantador. Fuente: Elaboración Propia

En este caso, se añadió cada código de componente al final del código del decantador, separados por guiones, con el objetivo de mantener la estructura y la legibilidad. De esta manera, se proporciona una identificación clara y única para cada componente del equipo. Esto permite contar con un sistema organizado y eficiente para realizar un seguimiento preciso de cada parte y facilitar futuras referencias. Además, al mantener una estructura consistente, se puede localizar rápidamente los códigos de parte relacionados con un decantador específico, lo que agiliza el proceso de mantenimiento y reemplazo de componentes.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

5.3 Resultado esperado con la aplicación de la taxonomía:

A partir del procedimiento descrito anteriormente, se logró implementar una taxonomía estructurada en la PTAR de Yumbo. Esto se llevó a cabo mediante una codificación y una matriz de criticidad de los activos electromecánicos presentes en la planta. Este proyecto de diseño taxonómico se fortalecerá aún más mediante la recopilación de información técnica detallada de los equipos, utilizando formatos estandarizados. Estos formatos incluirán hojas de vida de los activos, planes de mantenimiento, registros de mantenimientos preventivos, órdenes de trabajo, indicadores de confiabilidad y disponibilidad, entre otros.

La recopilación sistemática de datos de los diferentes sistemas de la PTAR de Yumbo permitirá estructurar los elementos que conforman la planta, agrupándolos en una jerarquía codificada. Además, se establecerá el nivel de criticidad de cada uno de los activos. Esto resultará en la generación de historiales detallados, lo que mejorará significativamente la toma de decisiones en la gestión de activos de la PTAR de Yumbo.

Durante la realización de este segundo objetivo específico de la investigación en la PTAR de Yumbo, se busca brindar una descripción detallada de cómo aplicar esta información estructurada y estandarizada, permitiendo su replicación y adaptación en diferentes contextos de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Los formatos que se realizaron como valor agregado y con el fin de generar indicadores a futuro fueron los siguientes: Formatos estandarizados:

- **Formato Hoja de vida de equipos. VERSION 01.** Ver figura 11

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

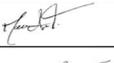
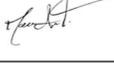
		HOJA DE VIDA MAQUINARIA Y EQUIPOS			FECHA 10/07/22		
		PLANTA YUMBO-VALLE			VERSIÓN 01		
		A. PRETRATAMIENTO					
NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA: HIDROSTAL #1		CODIGO: PTARYU-PP-BTV-HI-01-60HP-440V-CEN					
AÑO DE FABRICACION:	2021	UBICACIÓN	PROCESO DE PRETRATAMIENTO EN FOSO DE AGUAS RESIDUALES				
FECHA DE ADQUISICION	2022						
							
MÓDULO	MARCA	MODELO	SERIE	OBSERVACIONES			
BOMBA	HIDROSTAL	H12K-HD4R	SERIE K	SUMERGIBLE			
ACTUADOR							
B: Bueno - R: Regular - M: Malo							
<input type="checkbox"/> BUENO		<input type="checkbox"/> REGULAR		<input type="checkbox"/> MALO			
CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO							
CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL LA BOMBA							
VOLTAJE (v)	440V	AMPERAJE (A)	65	POTENCIA (KW)	(HP) :60	FRECUENCIA (Hz)	55
ELEMENTOS MECANICOS DEL MOTOR		TAREA DEL MANTENIMIENTO			FRECUENCIA		
PARTE EXTERNA DEL EQUIPO		Lave la bomba con agua a presión y compruebe lo siguiente: - El motor y el cable no han sufrido daños físicos. -Verificar que los tapones OIL y R y se encuentren ajustados y sellando correctamente, revise el ajuste. - Revise además los niveles de arranque y parada de la bomba.			MENSUAL		
AISLAMIENTO		Revise el aislamiento de los bobinados del motor y cables con un megohmetro.No mida el aislamiento de los cables de control con los sensores instalados. Estos pueden dañarse por los altos voltajes.			SEMESTRAL		
REVISIÓN DEL ACEITE		Pare la bomba con el eje vertical (sobre la brida de succión) y remueva el tapón marcado con "OIL". El aceite debería estar cerca del nivel de este tapón.			TRIMESTRAL		
IMPULSOR		Revise el estado del impulsor, Limpie con solvente las superficies del cono y el canal Lubrique las superficies del cono en el eje y en la brida impulsor con aceite ligero. A continuación fije el impulsor mediante el perno central. El ajuste correcto del perno central se da dando golpes secos con un martillo al extremo largo de la llave allen.			SEMESTRAL		
SELLO MECANICO		Extraiga el sello mecánico superior e inferior. La extracción del sello no debe intentarse en el campo. Una vez retirado el sello verifique su estado, parte estacionaria y la parte giratoria en caso de encontrarse desgastado, reemplace la pieza. Una vez terminado, lubrique los O-rings interiores del sello y el eje con aceite ligero. Coloque el sello sobre el eje y empuje hasta que encaje en su ranura. Puede ser necesario utilizar el tubo de PVC o acero como herramienta. A continuación coloque los tres tornillos prisioneros en la parte rotatoria del eje y ajuste firmemente.			ANUAL		
RODAMIENTOS		Verifique el estado de los rodamientos de la bomba, realice inspección sobre el eje y verifique si el eje está girando libremente, en caso de presentarse desgaste sobre los rodamientos reemplace la pieza.			ANUAL		
HISTÓRICO DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS O CORRECTIVOS REALIZADOS							
NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA: HIDROSTAL							
FECHA	PREVENTIVO	CORRECTIVO	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD		RESPONSABLE		
17/12/2022	x		Se realiza revisión de aceite y se concluye que el nivel está por debajo del requerimiento de trabajo.				
17/01/2023	x		Se despacha bomba hidrostal #1 para mantenimiento a instalaciones de ABC.				
21/03/2023	x		Se realiza izaje bomba hidrostal y se dispone para ser instalada en la estación de bombeo				
22/03/2023	x		Se realiza izaje bomba hidrostal hacia la estación de bombeo, se instala y verifica los acoples bridados de la nueva campana, se realiza prueba de funcionamiento, inspección presión de trabajo y sentido de rotación del impulsor.				

Figura 11 Formato de hoja de vida de equipo. Fuente: ESPY

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

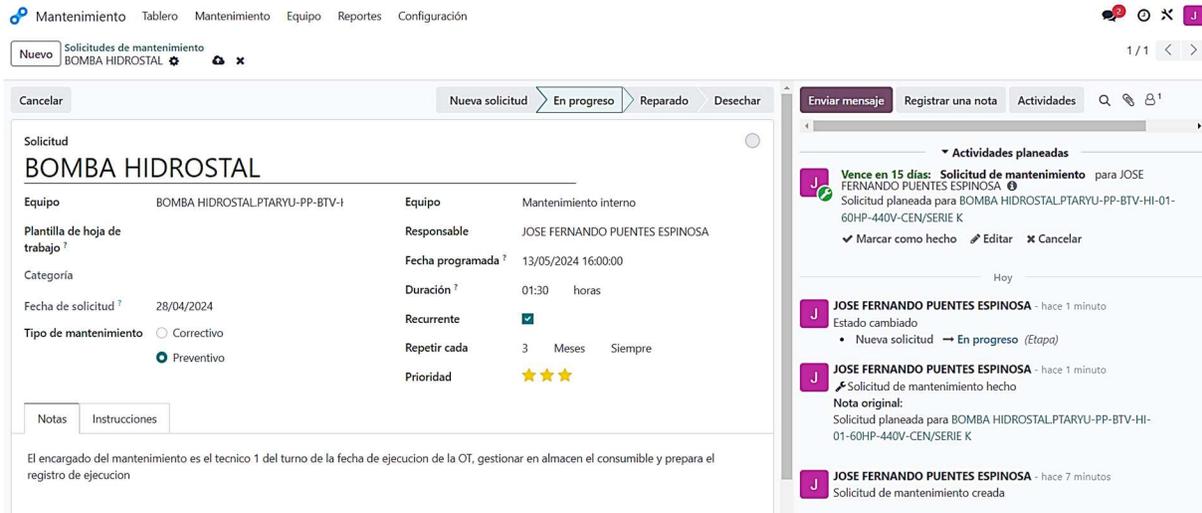
Beneficios de Utilizar el Formato de Hoja de Vida de Equipos en la PTAR:

1. Organización Estructurada: Facilita una estructura clara y ordenada para registrar la historia del equipo, simplificando la búsqueda y recuperación de datos relevantes en la planta de tratamiento de aguas residuales.
2. Rapidez y Globalidad: Agiliza el proceso de registro y consulta de información importante sobre el equipo, permitiendo una visión rápida y completa de su historial en la planta.
3. Identificación Unificada: Utiliza un sistema de codificación estándar para describir el activo, lo que simplifica su identificación y seguimiento dentro de la PTAR.
4. Gestión de la Criticidad: Permite asignar niveles de criticidad a los equipos, facilitando la priorización de actividades de mantenimiento y la asignación eficiente de recursos en la planta.
5. Registro Detallado de Actividades: Facilita el registro minucioso de las actividades realizadas en el equipo durante su operación, lo que contribuye al seguimiento del mantenimiento preventivo y correctivo.
6. Relación con Órdenes de Trabajo: Permite asociar el equipo con las órdenes de trabajo correspondientes, lo que simplifica la planificación y ejecución de las actividades de mantenimiento en la PTAR.
7. Adaptabilidad y Reproducibilidad: La información estructurada y estandarizada puede ser replicada y adaptada en diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que facilita la gestión de equipos en diversos contextos dentro de la PTAR.

- **Formato digital Orden de Trabajo OT:**

En el módulo de mantenimiento de Odo (https://www.odoo.com/es), utilizamos un formato digital para las órdenes de trabajo. Este formato permite reportar todas las actividades de mantenimiento, tanto correctivas, preventivas y predictivas, realizadas por el personal de ESPY y proveedores de mantenimiento. En él se registran y programan las actividades planificadas, junto con su duración, los recursos necesarios, el número consecutivo de la orden de trabajo, la codificación del activo según la taxonomía establecida y el estado en que debe quedar el activo después de la intervención. Además, una copia de la orden de trabajo se envía por correo electrónico al responsable designado, y la orden queda registrada en el calendario de pendientes hasta que se reporte la ejecución de la actividad, lo que permite un seguimiento efectivo de las tareas programadas. Ver figura 12

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



The screenshot displays a digital work order form in Odoo. The main form is titled 'Solicitud BOMBA HIDROSTAL' and includes fields for equipment, responsible person, scheduled date, duration, recurrence, and priority. A sidebar on the right shows a list of planned activities and a recent message from the responsible person, JOSE FERNANDO PUENTES ESPINOSA, indicating a change in status to 'En progreso'.

Figura 12 Formato digital orden de trabajo. Fuente: [www. Odoo.com](http://www.odoo.com)

5.4 Implementación de la Taxonomía Propuesta en la PTAR:

Para implementar y mantener la taxonomía según la norma ISO 14224 en la PTAR de Yumbo, se propone el siguiente plan:

5.4.1 Comunicación y capacitación:

- Elaborar un plan de comunicación detallado para informar a todo el personal sobre la taxonomía y su importancia.
- Realizar sesiones periódicas de capacitación para asegurar la comprensión de la estructura y aplicación de la taxonomía.
- Crear materiales de capacitación accesibles y fáciles de entender, como manuales y videos explicativos.

Planificación:

- Responsable: jefe de Recursos Humanos y jefe de Mantenimiento

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Crear materiales de capacitación accesibles y fáciles de entender, como manuales y videos explicativos Organizar sesiones de capacitación para todos los empleados relevantes. (Plazo: 1 mes)
- Preparar materiales de capacitación (manuales, guías rápidas, recursos en línea). (Plazo: 1 mes)

5.4.2 Integración con sistemas existentes:

- Evaluar los sistemas de gestión de activos actuales y determinar cómo integrar la taxonomía en ellos.
- Actualizar las bases de datos y registros existentes para reflejar los nuevos códigos de taxonomía.

Planificación:

- Responsable: Ingeniero de Sistemas encargado de Tecnologías de la Información y jefe de Mantenimiento
- Evaluar los sistemas de gestión de activos, CMMS y otras herramientas utilizadas en la PTAR. (Plazo: 2 semanas)
- Determinar cómo integrar la taxonomía desarrollada en estos sistemas. (Plazo: 1 mes)
- Actualizar las bases de datos y los registros existentes con los nuevos códigos de taxonomía. (Plazo: 1 mes)

5.4.3 Aplicación en procesos y documentación:

- Revisar y actualizar los procesos y procedimientos relacionados con la gestión de activos para incorporar la taxonomía.
- Asegurar el uso consistente de la taxonomía en todas las actividades y documentación técnica.

Planificación:

- Responsable: jefe de Mantenimiento y jefe de Ingeniería director de la PTAR

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Revisar y actualizar los procesos y procedimientos relacionados con la gestión de activos eléctricos para incorporar la taxonomía. (Plazo: 1 mes)
- Hay que asegurar que la taxonomía se utilice de manera consistente en todas las actividades. (Plazo: Continuo)
- Actualizar la documentación técnica (diagramas, esquemas, manuales) con los códigos de taxonomía asignados. (Plazo: 2 meses)

5.4.4 Control de calidad y auditoría:

- Establecer un proceso de control de calidad para verificar la correcta aplicación de la taxonomía.
- Realizar auditorías periódicas para evaluar el cumplimiento y identificar áreas de mejora.

Planificación:

- Responsable: jefe de Calidad y jefe de Mantenimiento
- Establecer un proceso de control de calidad para verificar la aplicación correcta y consistente de la taxonomía. (Plazo: 1 mes)
- Realizar auditorías periódicas para evaluar la adherencia a la taxonomía e identificar oportunidades de mejora. (Plazo: Trimestral)
- Desarrollar métricas y KPIs para medir la efectividad de la implementación de la taxonomía. (Plazo: 1 mes)

Posibles indicadores que evaluar, clave de desempeño (KPI) para medir la efectividad de la implementación de la taxonomía y su impacto en la gestión de activos eléctricos:

1. Porcentaje de activos eléctricos clasificados según la taxonomía: Fórmula: (Número de activos eléctricos clasificados según la taxonomía / Número total de activos eléctricos) x 100
2. Tiempo medio de identificación de activos (MTIA): Fórmula: Suma de los tiempos de identificación de activos / Número total de activos identificados
3. Porcentaje de órdenes de trabajo con taxonomía correcta: Fórmula: (Número de órdenes de trabajo con taxonomía correcta / Número total de órdenes de trabajo) x 100

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4. Tasa de errores en la aplicación de la taxonomía: Fórmula: $(\text{Número de errores en la aplicación de la taxonomía} / \text{Número total de aplicaciones de la taxonomía}) \times 100$
5. Porcentaje de personal capacitado en el uso de la taxonomía: Fórmula: $(\text{Número de personal capacitado en el uso de la taxonomía} / \text{Número total de personal relevante}) \times 100$
6. Eficiencia en la gestión de repuestos basada en la taxonomía: Fórmula: $(\text{Número de repuestos correctamente identificados y gestionados según la taxonomía} / \text{Número total de repuestos gestionados}) \times 100$
7. Mejora en el tiempo medio de reparación (MTTR) debido a la taxonomía: Fórmula: $(\text{MTTR antes de la implementación de la taxonomía} - \text{MTTR después de la implementación de la taxonomía}) / \text{MTTR antes de la implementación de la taxonomía} \times 100$
8. Reducción de costos de mantenimiento debido a la taxonomía: Fórmula: $(\text{Costos de mantenimiento antes de la implementación de la taxonomía} - \text{Costos de mantenimiento después de la implementación de la taxonomía}) / \text{Costos de mantenimiento antes de la implementación de la taxonomía} \times 100$
9. Cumplimiento de auditorías de taxonomía: Fórmula: $(\text{Número de auditorías de taxonomía aprobadas} / \text{Número total de auditorías de taxonomía realizadas}) \times 100$

5.4.5 Proceso de actualización y mejora continua:

- Designar un responsable de mantener y actualizar la taxonomía, así como un equipo de soporte.
- Establecer un proceso formal para revisar y actualizar periódicamente la taxonomía, con participación del equipo.

Planificación:

- Responsable: jefe de Mantenimiento y Equipo de Soporte de Taxonomía
- Establecer un proceso formal para mantener y actualizar la taxonomía. (Plazo: 1 mes)
- Asignar responsabilidades claras para la gestión y el mantenimiento de la taxonomía. (Plazo: 2 semanas)
- Fomentar la participación de los miembros del equipo en la identificación de mejoras y propuesta de cambios. (Plazo: Continuo)

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Revisar y actualizar periódicamente la taxonomía para asegurar su relevancia y alineación con los cambios en la PTAR y las mejores prácticas de la industria. (Plazo: Anual)

5.4.6 Comunicación y colaboración continuas:

- Mantener una comunicación abierta y regular con todo el personal involucrado en la gestión de activos eléctricos.
- Fomentar la colaboración entre los diferentes departamentos para asegurar una implementación exitosa y compartir conocimientos sobre la taxonomía.
- Reconocer y celebrar los logros alcanzados gracias a la implementación efectiva de la taxonomía.

Planificación:

- Responsable: jefe de Mantenimiento y jefe de Comunicaciones
- Mantener una comunicación regular con todos los miembros del equipo involucrados en la gestión de activos eléctricos. (Plazo: Continuo)
- Fomentar la colaboración y el intercambio de conocimientos entre los diferentes departamentos y disciplinas. (Plazo: Continuo)
- Celebrar los logros y compartir los beneficios obtenidos gracias a la implementación efectiva de la taxonomía. (Plazo: Semestral)

Este programa establece una estructura clara con roles y plazos definidos, con el objetivo de lograr una implementación efectiva y sostenible de la taxonomía ISO 14224 en la PTAR de Yumbo. Esto resultará en una mejora en la eficiencia de la gestión de activos eléctricos y contribuirá al funcionamiento óptimo de la planta de tratamiento de aguas residuales. Es fundamental destacar la importancia del compromiso y la participación de todos los miembros del equipo para garantizar el éxito continuo de esta iniciativa.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

6.0 ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO PARA ACTIVOS ELÉCTRICOS EN LA PTAR DE YUMBO

6.1 Que es mantenimiento?:

Según Medrano, González y Díaz de León (2017, pág. 7 y 11), el mantenimiento se refiere a todas las acciones realizadas con el propósito de preservar las características físicas de una organización o empresa, de manera que pueda funcionar de manera efectiva y a un costo razonable. La función principal del mantenimiento en una empresa es preservar la infraestructura física en condiciones óptimas de operación, al mismo tiempo que se asegura de evitar interrupciones imprevistas en la producción. En caso de que ocurran paros inesperados, se busca resolverlos en el menor tiempo posible.

6.2 Objetivos del mantenimiento

El Mantenimiento tiene como responsabilidad principal contribuir al logro de los objetivos de la empresa o entidad a la que pertenece. Para lograrlo, los objetivos del Mantenimiento deben estar alineados con los objetivos generales de la empresa.

Los objetivos del Mantenimiento son los siguientes:

- Maximizar la disponibilidad de la maquinaria y equipo necesarios para la actividad productiva.
- Preservar o conservar el valor de la planta y su equipo, minimizando el desgaste y el deterioro.
- Alcanzar estas metas de manera económicamente eficiente.
- Reducir los costos asociados al mantenimiento.

Para lograr estos objetivos, el mantenimiento lleva a cabo una serie de actividades o funciones.

6.3 Estrategia de Mantenimiento

En un entorno empresarial cada vez más exigente, donde la competitividad en términos de tiempo, costo y calidad es crucial, las empresas se ven obligadas a adaptar sus

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

organizaciones, aumentar la eficiencia de sus áreas productivas y garantizar la disponibilidad de sus equipos. En este contexto, la función del mantenimiento se vuelve estratégica para asegurar y mejorar la competitividad empresarial, mediante la disponibilidad y mejora continua de los equipos e instalaciones.

Las estrategias de mantenimiento deben analizarse en función del sector de negocio y utilizarse como herramientas de optimización para prolongar la vida útil de los equipos. Se proponen diferentes estrategias de mantenimiento, como el correctivo (para reparar componentes averiados), el preventivo sistemático (para realizar revisiones periódicas), el predictivo (para anticiparse a fallas costosas) y el centrado en confiabilidad (para analizar los modos de fallo y determinar el mejor procedimiento de mantenimiento).

Es importante evaluar los diferentes tipos de mantenimiento en función de los logros y beneficios que ofrecen, siendo el objetivo principal reducir costos. (Fombella, A.C. 2010)

6.3.1 Mantenimiento Correctivo:

El mantenimiento correctivo se refiere a las acciones tomadas para corregir una falla o problema en un equipo después de que ha ocurrido. El objetivo principal es restaurar el equipo a su estado operativo normal. (Rausand, M., & Hoyland, A. 2004)

Se refiere a un enfoque de mantenimiento que se caracteriza por una intervención rápida después de que ocurre una avería. Este tipo de mantenimiento causa interrupciones en los flujos de producción y logísticos, lo que a su vez tiene un impacto significativo en los costos de mantenimiento debido a la pérdida de producción. Se caracteriza por tener un nivel de organización bajo y también se conoce como mantenimiento accidental.

6.3.2 Mantenimiento Preventivo:

El mantenimiento preventivo implica la realización de actividades de mantenimiento planificadas de manera regular en un equipo, con el objetivo de prevenir la ocurrencia de fallas o problemas antes de que ocurran. (Moubray, J. 1997).

El mantenimiento preventivo se divide en:

- Mantenimiento Predictivo.
- Alistamiento o Preparación.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Mantenimiento Programado

6.3.2.1 Mantenimiento Predictivo:

El mantenimiento predictivo implica la utilización de técnicas de monitoreo y análisis para detectar signos tempranos de deterioro o falla en un equipo, lo que permite la planificación de actividades de mantenimiento antes de que ocurra una falla. (Mobley, R. K. 2002)

Los objetivos principales del Mantenimiento Predictivo (MPd) son los siguientes:

- Vigilancia: Se busca detectar problemas potenciales antes de que ocurran.
- Protección: El objetivo es prevenir las fallas funcionales y evitar que se produzcan.
- Diagnóstico de fallas: Se busca identificar el problema específico que está causando la falla.
- Pronóstico: Se pretende estimar cuánto tiempo puede durar el intervalo hasta que ocurra la falla.

Dentro de las técnicas de mantenimiento predictivo más destacadas se encuentran diversas herramientas y métodos. Algunos ejemplos incluyen:

- Ensayos no destructivos, como el uso de tintes penetrantes y partículas magnéticas, entre otros.
- Análisis mecanográficos del aceite para evaluar su condición y detectar posibles anomalías.
- Medición de temperatura para monitorear el calentamiento excesivo en equipos.
- Medición de presión para evaluar la presión interna de sistemas y detectar posibles fugas.
- Análisis vibracional para identificar vibraciones anormales en máquinas y componentes.
- Análisis de lubricación para evaluar la calidad y estado del lubricante utilizado.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Utilización de ultrasonido en circuitos eléctricos y transformadores para detectar descargas o arcos eléctricos, entre otros.
- Ultrasonido (medir espesores).

Estas técnicas de mantenimiento predictivo permiten realizar evaluaciones periódicas y no invasivas de los equipos y sistemas, con el objetivo de detectar posibles problemas o fallas incipientes y tomar acciones preventivas antes de que se produzcan daños mayores.

6.3.2.2 Alistamiento o preparación:

El alistamiento o preparación en el mantenimiento, se refiere a la etapa en la que se organizan y se adquieren todos los recursos necesarios para realizar las tareas de mantenimiento de manera efectiva. Durante esta fase, se debe asegurar de contar con repuestos adecuados, equipos externos disponibles, mano de obra externa contratada (si es necesario) y, en algunos casos, realizar reparaciones previas en el taller. La finalidad principal del alistamiento es garantizar que se tenga todo lo necesario a mano al momento de realizar las reparaciones, lo que permite reducir los tiempos de inactividad y llevar a cabo el mantenimiento de manera más eficiente.

6.3.2.3 Mantenimiento programado:

El mantenimiento programado abarca todas las actividades de mantenimiento que se planifican y se llevan a cabo de forma periódica en los activos. Este tipo de mantenimiento consiste en una serie de tareas que se realizan de manera regular, siguiendo un programa establecido por el fabricante y basado en la experiencia del operario. Estas tareas se programan en función del tiempo de trabajo, la cantidad producida, los kilómetros recorridos u otros parámetros relevantes. El mantenimiento programado puede seguir una periodicidad fija o un ciclo predefinido que se repite periódicamente, dependiendo del desgaste o de los valores establecidos. Su objetivo principal es garantizar el buen funcionamiento de los equipos y prevenir fallos o deterioros no deseados. Es una parte esencial para mantener los equipos en óptimas condiciones y prolongar su vida útil.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

7.0 EL MANTENIMIENTO EN LA PTAR DE YUMBO

En el contexto actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Yumbo, se ha establecido un programa de mantenimiento integral para los activos eléctricos que desempeñan un papel crucial en el funcionamiento de la planta. Este programa, diseñado para garantizar la confiabilidad y eficiencia operativa de los equipos, se basa en una distribución estratégica de las actividades de mantenimiento, donde aproximadamente el 85% de las tareas se centran en el mantenimiento preventivo. Esta estrategia preventiva busca anticiparse a posibles problemas y fallas mediante la ejecución de acciones planificadas y regulares, como inspecciones, lubricación y ajustes, con el objetivo de minimizar los riesgos de paradas no programadas y prolongar la vida útil de los activos. Se ha dividido el mantenimiento para activos Críticos y el mantenimiento a ejecutar al resto de activos eléctricos en la planta.

Además, se ha asignado un 10% del programa de mantenimiento para actividades predictivas, las cuales se enfocan en la detección temprana de posibles problemas a través de técnicas de monitoreo y análisis, como el análisis de vibraciones, la termografía y el análisis de aceite. Este enfoque permite identificar signos tempranos de deterioro o falla en los equipos, lo que facilita la planificación de intervenciones de mantenimiento antes de que ocurran paradas inesperadas en la planta.

El restante porcentaje del programa se dedica al mantenimiento correctivo, abordando las fallas que no se pueden prever o prevenir mediante acciones planificadas. Este enfoque reactivo se activa en respuesta a situaciones emergentes, con el objetivo de restablecer rápidamente la operatividad de los equipos y minimizar los tiempos de inactividad.

Es importante destacar que este programa de mantenimiento se ha diseñado tomando como base la información proporcionada en los manuales de los equipos, los cuales contienen recomendaciones del fabricante y describen posibles modos de falla. Además, se ha valorado la experiencia y conocimiento de los operadores de la planta para definir las actividades y la periodicidad adecuada de las mismas, por último, pero no menos importante se han tenido en cuenta para determinar el presupuesto las actividades que se

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

ejecutaron el año anterior que asegura una aproximación práctica y adaptada a las necesidades específicas de la PTAR de Yumbo. Ver figura 13

Para respaldar financieramente estas actividades de mantenimiento, desde finales del año anterior se ha asignado un rubro económico específico en el presupuesto, lo que demuestra un compromiso continuo por parte de la planta en mantener la confiabilidad y eficiencia de sus activos eléctricos. Esta combinación de enfoques estratégicos y recursos financieros adecuados proporciona una base sólida para la gestión efectiva del mantenimiento en la PTAR de Yumbo.

PRESUPUESTO OFICIAL MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO Y ESTRUCTURAS PTAR 2024						
1	EQUIPOS DEL TRATAMIENTO PRELIMINAR					
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	PERIODO	CANT	V/UNIT	V/PARCIAL
1.1	MOTORREDUCTOR 0,75 HP REJILLAS GRUESAS 1 y 2: DESARMADO DEL MOTOR, LIMPIEZA INTERNA, REVISION DE LOS DEBANADOS, MEDICION DE AISLAMIENTO Y BARNIZADO. AJUSTE TORNILLERIA DE LA CARCAZA, REVISION Y/O CAMBIO DE RETENEDORES SEGÚN SU ESTADO, LIMPIEZA DEL TORNILLO DE VENTILACION, REVISION DEL CONJUNTO DE PIÑONES, LUBRICACION Y/O CAMBIO DE RODAMIENTOS SEGÚN SU ESTADO, REVISION DEL NIVEL DE ACEITE (ACEITE MINERAL TELU 68. PUESTA EN FUNCIONAMIENTO	UN	SEM	2	\$ 880.000	\$ 1.760.000
1.2	MOTORREDUCTOR 0,75 HP REJILLAS MEDIAS 1 y 2: DESARMADO DEL MOTOR, LIMPIEZA INTERNA, REVISION DE LOS DEBANADOS, MEDICION DE AISLAMIENTO Y BARNIZADO. AJUSTE TORNILLERIA DE LA CARCAZA, REVISION Y/O CAMBIO DE RETENEDORES SEGÚN SU ESTADO, LIMPIEZA DEL TORNILLO DE VENTILACION, REVISION DEL CONJUNTO DE PIÑONES, LUBRICACION Y/O CAMBIO DE RODAMIENTOS SEGÚN SU ESTADO, REVISION DEL NIVEL DE ACEITE (ACEITE MINERAL TELU 68. PUESTA EN FUNCIONAMIENTO	UN	SEM	2	\$ 880.000	\$ 1.760.000
1.3	MOTORREDUCTOR 0,75 HP REJILLAS FINAS 1 Y 2: DESARMADO DEL MOTOR, LIMPIEZA INTERNA, REVISION DE LOS DEBANADOS, MEDICION DE AISLAMIENTO Y BARNIZADO. AJUSTE TORNILLERIA DE LA CARCAZA, REVISION Y/O CAMBIO DE RETENEDORES SEGÚN SU ESTADO, LIMPIEZA DEL TORNILLO DE VENTILACION, REVISION DEL CONJUNTO DE PIÑONES, LUBRICACION Y/O CAMBIO DE RODAMIENTOS SEGÚN SU ESTADO, REVISION DEL NIVEL DE ACEITE (ACEITE MINERAL TELU 68. PUESTA EN FUNCIONAMIENTO	UN	SEM	2	\$ 880.000	\$ 1.760.000
1.4	MOTOR 1,5 HP DESARENADOR VORTEX No 1 Y 2: DESARMADO DEL MOTOR, LIMPIEZA INTERNA, REVISION DE LOS DEBANADOS, MEDICION DE AISLAMIENTO Y BARNIZADO. AJUSTE TORNILLERIA DE LA CARCAZA, LUBRICACION Y/O CAMBIO DE RODAMIENTOS SEGÚN SU ESTADO	UN	SEM	2	\$ 1.540.000	\$ 3.080.000
1.5	MOTORREDUCTOR 0,25 HP CEPILLO LIMPIADOR REJILLAS FINAS No 1 y 2: Lubricacion, limpieza, revision de rodamientos	UN	SEM	2	\$ 506.000	\$ 1.012.000

Figura 13 Presupuesto Mantenimiento PTAR año 2024. Fuente: Elaboración Propia

7.1. Objetivos del mantenimiento Preventivo en la PTAR

Los objetivos específicos del plan de mantenimiento preventivo para los activos eléctricos son fundamentales para garantizar la confiabilidad y eficiencia operativa de la planta. Al

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

centrarse en la optimización del rendimiento de los equipos, la reducción de tiempos de inactividad no planificados y la prolongación de la vida útil de los activos eléctricos, el plan de mantenimiento preventivo busca asegurar un funcionamiento continuo y eficiente de los sistemas eléctricos críticos en la planta.

7.1.1 Optimización del rendimiento de los equipos:

Uno de los principales objetivos del plan de mantenimiento preventivo es garantizar que los equipos eléctricos funcionen de manera óptima y eficiente en todo momento. Esto implica realizar actividades de mantenimiento programadas de manera regular para prevenir fallas y asegurar que los equipos operen dentro de los parámetros de rendimiento establecidos.

7.1.2 Reducción de tiempos de inactividad no planificados:

El plan de mantenimiento preventivo también busca minimizar los tiempos de inactividad no planificados causados por fallas o averías en los equipos eléctricos. Al llevar a cabo inspecciones regulares, pruebas de funcionamiento y acciones de mantenimiento preventivo, se pueden identificar y abordar proactivamente posibles problemas antes de que se conviertan en fallas catastróficas que interrumpan la operación de la planta.

7.1.3 Prolongación de la vida útil de los activos eléctricos:

Otro objetivo clave del plan de mantenimiento preventivo es extender la vida útil de los activos eléctricos en la planta. Al realizar actividades de mantenimiento preventivo de manera regular y oportuna, se pueden prevenir el desgaste prematuro y la degradación de los equipos, lo que contribuye a maximizar su vida útil y reducir la necesidad de reemplazos costosos.

7.2 Beneficios del mantenimiento preventivo

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo adecuado en la PTAR de Yumbo ofrece una serie de beneficios significativos que abarcan diversos aspectos y contribuyen al funcionamiento eficiente y confiable de la planta. Al aplicar este tipo de mantenimiento, se evitan paros innecesarios y se previenen fallas en los equipos, lo que resulta en una mayor disponibilidad operativa.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Beneficios del mantenimiento preventivo en la PTAR de Yumbo:

- **Mejora del cumplimiento normativo y calidad del tratamiento:**
 El mantenimiento preventivo garantiza el óptimo rendimiento y funcionamiento de los activos eléctricos en la PTAR de Yumbo, lo que resulta en un tratamiento eficiente de las aguas residuales. Esto asegura el cumplimiento de las normativas ambientales y sanitarias establecidas para su disposición en el medio ambiente. Al mantener los equipos en condiciones óptimas, se asegura la calidad del tratamiento y la eliminación adecuada de los contaminantes presentes en las aguas residuales.
- **Reducción de costos a mediano y largo plazo:**
 El mantenimiento preventivo disminuye los costos de manera significativa. Al programar revisiones en una frecuencia adecuada, se reduce la necesidad de realizar mantenimiento correctivo, que suele ser más costoso y genera tiempos de inactividad no planificados. Además, al mantener los equipos en buenas condiciones, se evitan averías mayores y se prolonga la vida útil de los activos, lo que reduce los costos asociados con la adquisición de nuevos equipos.
- **Reducción de costos de mano de obra externa:**
 Al implementar un plan de mantenimiento preventivo, la PTAR de Yumbo cuenta con personal capacitado para realizar las operaciones de mantenimiento de manera correcta. Esto reduce la necesidad de contratar mano de obra externa especializada, lo que resulta en ahorros significativos a largo plazo. Los trabajadores internos, al estar familiarizados con los equipos y su mantenimiento, pueden realizar las tareas de manera eficiente y efectiva.
- **Optimización de recursos y disminución del inventario de partes:**
 Al realizar el mantenimiento preventivo en una frecuencia determinada, se pueden planificar mejor las necesidades de partes y componentes. Esto ayuda a optimizar el uso de los recursos y reducir el inventario innecesario de partes. Al tener un control más preciso de las necesidades de mantenimiento, se puede evitar gastos superfluos y mantener un inventario más eficiente, lo que contribuye a la reducción de costos.
- **Mejora en la seguridad laboral y ambiente de trabajo:**
 Con esta implementación de mantenimiento se garantiza la integridad de los trabajadores y reduce los riesgos asociados con el funcionamiento de los equipos. Mantener los activos eléctricos en buenas condiciones contribuye directamente a

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

disminuir los niveles de accidentes y promover un entorno de trabajo seguro. Esto es esencial para cumplir con la misión de la PTAR de Yumbo de proteger el medio ambiente y preservar la salud pública a través del tratamiento adecuado de las aguas residuales.

- **Estadísticas y optimización de recursos:**

Al realizar el mantenimiento preventivo en una frecuencia determinada, se puede recopilar información y estadísticas sobre el mantenimiento, lo que facilita la toma de decisiones informadas. Esto permite realizar análisis y planificar de manera más eficiente las actividades de mantenimiento. Además, al tener un programa de mantenimiento preventivo establecido, se puede reducir el inventario de partes y componentes, optimizando el uso de los recursos y reduciendo los costos asociados.

7.2.1 Costos asociados al mantenimiento preventivo en la PTAR

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la planta conlleva la consideración de costos relacionados en la gestión económica de la planta. Estos costos, aunque representativos para la empresa, son esenciales para garantizar un funcionamiento eficiente y confiable de los equipos, lo que, a su vez, se traduce en una mejora en la calidad del servicio ofrecido. Algunas variables que generan costos asociados al mantenimiento preventivo son:

- **Costos de intervención del equipo:** Estos costos incluyen la mano de obra empleada para llevar a cabo actividades de mantenimiento programadas, como inspecciones, ajustes y reparaciones.
- **Costos de repuestos y consumibles:** Se refieren a los insumos necesarios para el mantenimiento de los equipos, como lubricantes, filtros y otros materiales consumibles.
- **Costos de maquinaria y/o herramienta contratada:** Estos costos abarcan los gastos relacionados con el alquiler de equipos adicionales o herramientas especializadas necesarias para realizar las tareas de mantenimiento.
- **Costos de seguros para los equipos:** Engloba los seguros adquiridos por la empresa para proteger los equipos contra posibles daños, con el objetivo de garantizar su rápida restitución en caso de siniestros.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

El plan de mantenimiento preventivo propuesto para la PTAR de Yumbo tiene como objetivo mejorar la vida útil y eficiencia de la maquinaria utilizada en los procesos de tratamiento de aguas residuales. Para lograrlo, es crucial que la empresa asuma un compromiso firme con el control y la verificación del programa propuesto, asegurando así una gestión efectiva de los recursos y una reducción significativa de imprevistos y paros por fallas. Este enfoque proactivo en el mantenimiento preventivo no solo contribuirá a optimizar la producción de la planta, sino que también fortalecerá su capacidad para cumplir con su misión de preservar el medio ambiente y proteger la salud pública a través del tratamiento adecuado de las aguas residuales.

7.2.2 Ficha técnica de los activos eléctricos de la PTAR

Una ficha técnica es un documento esencial que recopila información sobre un activo o equipo en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Esta ficha desempeña un papel clave en la gestión eficiente del mantenimiento, ya que proporciona datos fundamentales para la planificación, ejecución y seguimiento de las actividades de mantenimiento.

La ficha técnica de un activo en la PTAR abarca diversos aspectos, como:

- **Identificación del equipo:** Incluye el nombre, código, ubicación y el área o proceso al que pertenece el equipo.
- **Características técnicas:** Comprende la marca, modelo, año de fabricación, capacidad, dimensiones, peso y otros detalles relevantes.
- **Especificaciones de operación:** Describe las condiciones de trabajo y los parámetros de funcionamiento, como el caudal, la presión, la temperatura, y las tolerancias asociadas.
- **Datos de mantenimiento:** Indica el tipo de mantenimiento necesario (preventivo, predictivo, correctivo), la frecuencia de las tareas, los procedimientos, y las herramientas y repuestos requeridos.
- **Historial de intervenciones:** Registra las actividades de mantenimiento realizadas, incluyendo fechas, responsables, tiempos de inactividad y costos asociados.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Información adicional: Puede incluir detalles sobre el proveedor, datos de garantía, manuales técnicos, planos, esquemas eléctricos, y otros documentos relevantes.

Es importante destacar que la ficha técnica es un documento dinámico que debe actualizarse periódicamente para reflejar cualquier cambio o modificación en el activo. Además, sirve como base para el análisis de indicadores de mantenimiento, la toma de decisiones y la mejora continua de las estrategias de gestión de activos en la PTAR. Al contar con una ficha técnica completa y actualizada, se facilita el mantenimiento eficiente y se maximiza el rendimiento del equipo en la planta. Ver figura 14.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

		HOJA DE VIDA MAQUINARIA Y EQUIPOS				FECHA 10/07/22
		PLANTA YUMBO-VALLE				VERSIÓN 01
NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA: BOMBA DE ESTACION DE BOMBEO DE AGUA POTABLE No. 1						
						
MÓDULO	MARCA	MODELO	SERIE	OBSERVACIONES		
BOMBA MULTITAPA	GRUN DFOS	CR 15-4 A-GJ-A-E-HQQE	10000563	VERTICAL		
B: Bueno - R: Regular - M: Malo <input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO						
CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO						
CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR						
VOLTAJE (V)	220	AMPERAJE (A)	5	POTENCIA (KW)	5,6	(HP) 7,5 FRECUENCIA (Hz) 60
ELEMENTOS MECANICOS DEL EQUIPO		TAREA DEL MANTENIMIENTO			FRECUENCIA	
INSPECCIÓN VISUAL DEL EQUIPO		Se debe buscar indicios que puedan provocar fallas a futuro, como sobrecalentamiento, olores, ruidos o vibraciones, también chequear el estado de las tuberías, bridas, des cartar fugas, revisar la presión en el sistema a través del manómetro (50 PSI).			DIARIO	
MOTOR		Des cartar sobrecargas en el motor, chequear temperatura, revisar estado de los rodamientos eje rotor, en caso de presentar ruido o esfuerzo al girar reemplazar, revisar y ajustar acople eje motor, realizar limpieza al ventilador y rejilla de protección.			SEMESTRAL	
SELLO MECANICO		Verificar el estado del sello mecánico, en caso de presentar problemas como, alta temperatura, fuga de fluido o vibración, reemplazar el sello.				
TAPONES DE CEBADO		verificar su estado, ajustar, realizar limpieza.				
UNIDAD DE BOMBEO		Verificar el estado del cuerpo, impuls ores, rodamiento, tornillería,, realizar limpieza.			ANUAL	
CAJA DE CONEXIONES		Verificar que se encuentre ajustadas las terminales que energizan el motor y realizar aseo eliminando cualquier indicio de contaminantes que puedan afectar su conductividad.			SEMESTRAL	
		DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD			RESPONSABLE	
FECHA	PREVENTIVO	CORRECTIVO				
21/12/2022	X		Limpieza de ventilador, revisión eje de motor, revisión de rodamientos, revisión de cello mecánico, se descartan fugas o problemas en el sello, se ajusta tornillería y se realiza limpieza externa del equipo.			
14/02/2023	X		Limpieza de motor, limpieza ventilador, limpieza externa unidad de bombeo. Inspección de sello mecánico, tapones de cebado, rodamientos motor y rodamientos un idad de bombeo, inspección acople motor-bomba, verificación de bridas.			

Figura 14 Ficha técnica- Hoja de vida de equipo. Fuente: ESPY

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

7.3 Actividades de mantenimiento de los activos eléctricos en la PTAR

Las actividades de mantenimiento de los activos eléctricos desempeñan un papel crucial en el funcionamiento eficiente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Para garantizar la disponibilidad y confiabilidad de estos activos, es fundamental contar con un registro exhaustivo de información para cada equipo. En un cuadro condensado, se incluye información vital como los elementos mecánicos del equipo, la tarea específica de mantenimiento a realizar, la frecuencia con la que se debe llevar a cabo y el responsable designado.

Esta información es de suma importancia en el proceso de mantenimiento por varias razones. En primer lugar, proporciona una visión clara de los elementos mecánicos del equipo, lo que ayuda a los técnicos a comprender la estructura y funcionamiento de cada activo eléctrico. Esto es esencial para realizar las tareas de mantenimiento de manera adecuada y precisa, evitando posibles errores o daños durante el proceso.

Además, la tarea del mantenimiento especificada en el cuadro establece claramente las acciones y procedimientos que deben llevarse a cabo para mantener el equipo en óptimas condiciones. Esto incluye actividades como inspecciones, limpieza, lubricación, calibración u otros ajustes necesarios. Al tener esta información detallada y actualizada, se garantiza que se realicen las tareas de mantenimiento adecuadas en el momento oportuno, lo que contribuye a prevenir fallas y minimizar el tiempo de inactividad no planificado.

La frecuencia establecida en el cuadro indica la periodicidad con la que se deben llevar a cabo las tareas de mantenimiento. Esto permite una planificación efectiva de los recursos y una distribución adecuada de las labores de mantenimiento en el tiempo. Al seguir un programa de mantenimiento regular, se asegura que los activos eléctricos se mantengan en buen estado de funcionamiento, prolongando su vida útil y minimizando la probabilidad de averías inesperadas.

Por último, el registro de información del responsable asignado en el cuadro es fundamental para mantener la responsabilidad y la rendición de cuentas en el proceso de mantenimiento. Al designar a una persona o equipo específico como responsable de cada

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

tarea de mantenimiento, se establece una clara línea de autoridad y se asegura que las acciones necesarias se lleven a cabo de manera efectiva y oportuna. Ver figura 15.

ESQUIPO	ELEMENTOS MECANICOS DEL EQUIPO	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE
NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA: SOPLADOR TANQUE DE CONTACTO ABC MAPNER SEM 35 #1 CODIGO: PTARYU-TS-MT-SO-01-75HP-440V-ROT	FILTRO DE AIRE	Se debe realizar inspección visual y dependiendo del estado del elemento filtrante se determina si se realiza limpieza, con aire comprimido o si se debe reemplazar la pieza.	SEMESTRAL	Mecanico
	NÚCLEO SOPLANTE	Es normal que eventualmente se presenten adherencias de productos sobre la superficie de los émbolos y periferia del estator, pueden generar ruidos extraños y desequilibrios en los elementos rotantes, en estos casos y dependiendo de la naturaleza de los sedimentos se utilizará el producto adecuado para su disolución, petróleo, Tras la limpieza interna del núcleo soplante es preciso proceder al cambio del aceite lubricante de los cárteres, asimismo se debe verificar la transparencia de los visores de aceite. gasoil, spray limpiador, vapor recalentado, etc. Para verificar las incrustaciones y realizar las operaciones de limpieza se debe desmontar el filtro de aspiración y la tubería de impulsión.		
	ENGRANAJES DE SINCRONIZADO	con precisión según DIN.867-6.1 1 que asegura un funcionamiento suave, reduciendo al mínimo el frotamiento y consecuentemente la potencia mecánica absorbida.	MENSUAL	Mecanico
	TRANSMISION	Verificar el estado de las correas de transmisión, en caso de presentar alto nivel de desgaste reemplazar la pieza.	ANUAL	Mecanico
	MOTOR DE ACCIONAMIENTO	Descartar sobrecargas en el motor, defectos en los rodamientos del motor, u otros defectos de origen mecánico. Reparar o reemplazar las piezas defectuosas		
	VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN	Se debe mantener cuidadosamente limpia la zona de conexión y evitar roncaciones que puedan generar deformaciones en los componentes de la válvula.		
	VÁLVULA ANTIRETORNO	Verificar funcionamiento de la válvula anti retorno		
	DETECTOR DE COLMATACIÓN	Verificar el valor máximo de presión generado por el filtro no debe exceder los 65 mbar.	MENSUAL	Mecanico
	NIVEL DE ACEITE	El nivel adecuado de aceite en la máquina se sitúa en el centro de la mirilla colocada directamente sobre el cárter del equipo.		
CAMBIO DE ACEITE	Sustituir el aceite recomendado por el fabricante.			

Figura 15 Actividades de Mantenimiento por activo eléctrico. Fuente: Elaboración propia

7.4 Priorización y Enfoque en el Mantenimiento Preventivo para Activos Críticos

en la PTAR

Dentro del marco de la investigación realizada en la PTAR, se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de la taxonomía de los activos eléctricos presentes en la planta. Como resultado de este estudio, se han identificado y definido los siguientes activos eléctricos críticos, los cuales desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento y desempeño del sistema:

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Decantador
- Bomba Rotamix
- Bomba Hidrostral
- Motor del Percolador
- Soplador
- Motor Barredor de Lodos
- CCM (Centro de Control de Motores)
- Motor Rejilla Cribado
- Planta de Emergencia
- Bomba Efluente
- Bomba de Lodos

Debido a la importancia de estos activos críticos, se ha decidido poner un énfasis especial en la implementación de un plan de mantenimiento preventivo específico para cada uno de ellos. Esta estrategia tiene como objetivo principal maximizar la disponibilidad operativa de los equipos, minimizar los tiempos de inactividad y asegurar la continuidad en el tratamiento de las aguas residuales.

A través de un enfoque proactivo de mantenimiento preventivo, se busca anticipar y prevenir posibles fallas o deterioros en los activos críticos, evitando así interrupciones inesperadas y costosas reparaciones correctivas. La implementación de este enfoque permitirá optimizar la confiabilidad y el rendimiento general de la PTAR de Yumbo, al tiempo que se promueve una gestión eficiente de los recursos y se garantiza un funcionamiento seguro y sostenible del sistema de tratamiento de aguas residuales.

7.4.1: Definición del contexto operacional

Contexto operacional de la PTAR Yumbo:

1. Capacidad de diseño:
 - La PTAR Yumbo tiene una capacidad de tratamiento secundario de 208 L/s.
 - Para los sistemas preliminares y tratamiento primario, la capacidad hidráulica es de 864 L/s.
 - El período de diseño es de 30 años, proyectado hasta el año 2042.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

2. Caudal de entrada a la PTAR:

- El agua residual llega a la PTAR a través de tres colectores (Margen izquierda y derecha, Américas y Platanares).
- Existe un alto aporte por conexiones erradas e infiltraciones, lo que genera caudales que superan la capacidad de la planta.
- Según los datos de la ESPY (Empresas Públicas de Yumbo), el servicio de acueducto abastece a 24,378 suscriptores, que corresponden al 80% de cobertura en el casco urbano.
- Con una población de 97,512 habitantes y un consumo promedio de 16.2 m³/mes-suscriptor, el caudal promedio estimado es de 200.50 L/s, incluyendo infiltraciones y conexiones erradas.

3. Complejidad del sistema:

- La PTAR Yumbo se clasifica como de nivel de complejidad alto, de acuerdo con los lineamientos del Reglamento Técnico de Saneamiento Básico y Agua Potable (RAS 2000).

4. Desafíos operacionales:

- Los altos caudales de entrada, producto de las conexiones erradas e infiltraciones, representan un reto para el adecuado funcionamiento y capacidad de la PTAR.
- La planta debe estar preparada para tratar eficientemente los volúmenes de agua residual que superan su capacidad de diseño.

7.4.2 Contexto operacional de los activos críticos:

7.4.2.1 Decantador

También conocido como centrifugadora Decanter o centrífuga decantadora, se encuentra en el proceso de tratamiento de lodos de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Este equipo se utiliza para separar sólidos de líquidos mediante el proceso de centrifugación. En el contexto de una PTAR, el Decanter se utiliza principalmente para la deshidratación de lodos, separando el agua de los sólidos para obtener un lodo más concentrado y reducir su volumen para su posterior disposición o tratamiento. Este equipo ayuda a mejorar la eficiencia del proceso de tratamiento de lodos al eliminar el exceso de agua y concentrar los sólidos, lo que facilita su manejo y disposición final. Ver figura 16

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



Figura 16 Decantador#1. Fuente: ESPY

CONDICIONES OPERATIVAS	
FLUJOS:	<ul style="list-style-type: none"> - Flujo de entrada de lodo a deshidratar: 10 a 50 m³/h - Flujo de salida: lodo deshidratado y agua clarificada
PRESIONES:	<ul style="list-style-type: none"> - Presión de entrada del lodo: 0,5 a 3 bar - Presión interna de la centrífuga: 1.000 a 3.000 g
TEMPERATURAS	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura del lodo de entrada: 15°C a 35°C - Temperatura en el interior de la centrífuga: ligero aumento por fricción
TIEMPOS DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Funcionamiento continuo: 8 a 24 horas diarias - Arranques y paradas limitados
ENTORNO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> - Área cubierta y protegida de la intemperie, - Condiciones húmedas, con vapores y olores propios del procesamiento de lodos. - Manejo de vibraciones y ruido.

Tabla 12 Condiciones operativas Decantador. Fuente: Elaboración Propia

Este tipo de equipos son robustos y altamente eficientes en el proceso de deshidratación de lodos en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Sin embargo, al igual que cualquier equipo electromecánico, presentan vulnerabilidades que pueden conducir a fallas si no se abordan adecuadamente mediante un mantenimiento predictivo y preventivo. Uno de los principales puntos débiles de un decantador en términos de funcionamiento es el desgaste de sus componentes internos debido a la naturaleza abrasiva

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

de los lodos. El desgaste abrasivo se produce debido a la fricción continua entre los sólidos presentes en el lodo y las superficies internas del decantador, como el rotor, el tornillo transportador y las boquillas de descarga. Con el tiempo, este desgaste puede ocasionar una disminución en la eficiencia de la separación sólido-líquido, vibraciones excesivas, daños en los cojinetes y sellos, y eventualmente, la falla del equipo.

Para abordar esta vulnerabilidad y prevenir fallas, es fundamental implementar un programa de mantenimiento predictivo y preventivo adecuado. Ver tabla 13.

Actividad de Mantenimiento	Responsable	Periodicidad
Monitoreo de vibraciones	Instrumentista de Mantenimiento	Semanal
Inspecciones periódicas	Supervisores de Mantenimiento, operadores	Mensual
Análisis de aceite	Técnicos de Laboratorio Externo, outsourcing	Trimestral
Mantenimiento de sellos y cojinetes	Mecánico de Mantenimiento	Semestral
Control de la alimentación de lodos	Operadores de Planta	Diaria
Capacitación del personal	Jefe de Mantenimiento	Anual

Tabla 13 Actividades de mantenimiento Decantador. Fuente: Elaboración Propia

7.4.2.2 Rotamix

También conocido como mezclador de lodos, se encuentra comúnmente en el proceso de tratamiento de lodos en la PTAR. Este equipo es utilizado para la mezcla de lodos, tanto primarios como secundarios, con el fin de homogeneizar su composición y facilitar su tratamiento posterior. Su función principal es garantizar una distribución uniforme de los componentes en los lodos, esto mejora la eficiencia de los procesos biológicos y químicos posteriores, como la digestión anaeróbica o la deshidratación de lodos. Además, ayuda a prevenir la sedimentación y la formación de capas en los tanques de almacenamiento de lodos, manteniendo una suspensión adecuada para un tratamiento efectivo. Ver figura 17.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



Figura 17 : Rotamix #1 y #2. Fuente: ESPY

Aquí se presenta una tabla con las condiciones operativas del equipo Rotamix en la PTAR de Yumbo. Ver tabla 14.

CONDICIONES OPERATIVAS	
PARÁMETRO	CONDICIÓN OPERATIVA
Flujo de Bombeo	545 m ³ /h
Altura Dinámica Total	10 m.c. a
Presión de Operación	-Presión de succión: Aprox. 0,5- 3 bar -Presión interna de la centrífuga: Aprox. 1,000 - 3,000 g
Temperatura	-Temperatura del lodo de entrada: 15°C a 35°C - Temperatura dentro de la centrífuga: Ligero aumento por fricción
Régimen de Operación	- Funcionamiento continuo: 8 a 24 horas diarias - Arranques y paradas limitados
Entorno Operativo	- Área descubierta y a la intemperie - Condiciones húmedas, con presencia de vapores y olores del lodo
Velocidad de Rotación	1,180 RPM

Tabla 14 Condiciones operativas Rotamix. Fuente: Elaboración Propia

Estas condiciones operativas del sistema Rotamix deben ser consideradas al momento de planificar e implementar las actividades de mantenimiento, con el fin de asegurar un funcionamiento confiable y eficiente del equipo en el proceso de digestión anaerobia de lodos de la PTAR.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Los mezcladores de lodos tipo Rotamix son equipos esenciales para garantizar una mezcla adecuada y homogénea en el proceso de tratamiento de lodos en una PTAR. A pesar de su diseño robusto, estos equipos tienen ciertos puntos débiles que pueden conducir a fallas si no se abordan de manera proactiva mediante un mantenimiento predictivo y preventivo adecuado. Uno de los principales puntos débiles de un Rotamix a nivel de funcionamiento son los problemas de obstrucción y atascamiento debido a la acumulación de sólidos y materiales fibrosos en el impulsor y la carcasa del mezclador.

La acumulación de sólidos y materiales fibrosos puede ocurrir gradualmente con el tiempo, especialmente si los lodos contienen una alta cantidad de fibras, pelos, trapos u otros materiales no biodegradables. Estos materiales pueden enredarse en el impulsor del Rotamix, reduciendo su eficiencia de mezcla y provocando un aumento en la carga del motor. Si no se aborda, esta obstrucción puede conducir a daños en el impulsor, el eje, los cojinetes y el motor, resultando en fallas del equipo y tiempos de inactividad no planificados. Para evitar problemas y prevenir fallos, es fundamental establecer un programa de mantenimiento predictivo y preventivo efectivo.

Aquí se presenta una tabla con las actividades de mantenimiento predictivo y preventivo para el equipo Rotamix de la PTAR de Yumbo, incluyendo los responsables y la periodicidad:

Actividad de Mantenimiento	Responsable	Periodicidad
Monitoreo de Vibraciones	Técnicos de Mantenimiento	Semanal
Inspecciones Visuales	Supervisores de Mantenimiento	Mensual
Análisis de Lubricante	Técnicos de Laboratorio Externo, outsourcing	Trimestral
Mantenimiento de Sellos y Cojinetes	Técnicos de Mantenimiento	Semestral
Control de Alimentación de Lodos	Operadores de Planta	Diario
Revisión de Boquillas y Ensamblés	Técnicos de Mantenimiento	Semestral
Verificación de Válvula Desaireadora	Técnicos de Mantenimiento	Trimestral
Calibración de Sensores y Controles	Instrumentistas	Semestral
Limpieza y Pintura de Componentes	Brigada de Mantenimiento	Anual
Capacitación del Personal	Jefe de Mantenimiento	Anual

Tabla 15 Actividades de mantenimiento Rotamix. Fuente: Elaboración Propia

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Estas actividades de mantenimiento predictivo y preventivo tienen como objetivo mantener el adecuado funcionamiento del sistema Rotamix, monitorear su estado de desgaste, prevenir fallas y optimizar su rendimiento en el proceso de digestión anaerobia de lodos de la PTAR de Yumbo.

7.4.2.3 Bomba Hidrostral

Es una bomba sumergible tipo turbina vertical de flujo axial, la función de este equipo en la PTAR de Yumbo es la de bombear el agua pretratada y los desechos a través de las diferentes etapas del tratamiento dentro de la planta. Esta bomba se encarga de impulsar el agua que ha pasado por una etapa inicial de tratamiento hacia las siguientes fases del proceso de depuración de aguas residuales. Es esencial para mantener el flujo adecuado dentro de la planta y asegurar que el agua avance de manera eficiente a través de las distintas etapas de tratamiento. Ver figura 18.



Figura 18 Bomba Hidrostral. Fuente: ESPY

Las bombas sumergibles Hidrostral son equipos sólidos y confiables ampliamente utilizados en las PTAR para impulsar el agua pretratada y los desechos a través de las distintas etapas del proceso de tratamiento. Sin embargo, al igual que cualquier otro equipo de bombeo, estas bombas tienen ciertos puntos débiles que pueden causar fallas si no se les da el mantenimiento predictivo y preventivo adecuado. Uno de los principales puntos débiles de

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

las bombas Hidrostral se encuentra en el desgaste y la obstrucción del impulsor y la voluta debido a la presencia de sólidos abrasivos y fibrosos en el agua residual.

Condiciones operativas de las bombas Hidrostral en la PTAR de Yumbo:

CONDICIONES OPERATIVAS	
PARÁMETRO	CONDICIÓN OPERATIVA
Caudal de Diseño	864 L/s
Altura Dinámica Total	12 m.c. a
Tipo de Bomba	Centrífuga Vertical Sumergible
Velocidad de Operación	1,800 RPM
Diámetro del Impulsor	300 mm
Tipo de Sello Mecánico	Carburo de Silicio Vs Carburo de Silicio
Conexiones	Succión: 12" / Descarga: 12"
Motor Eléctrico	- Potencia: 75 HP - Voltaje: 460 V / 3 Fases / 60 Hz - Protección: IP68
Entorno Operativo	- Ambiente húmedo y con presencia de sólidos - Sumergidas durante el funcionamiento
Régimen de Operación	- Funcionamiento intermitente - Arranques y paradas frecuentes

Tabla 16 Condiciones operativas Bomba Hidrostral. Fuente: Elaboración Propia

Esta tabla resume las principales características técnicas y condiciones operativas de las bombas Hidrostral utilizadas en el proceso de pretratamiento de la PTAR de Yumbo.

Esta información es relevante para planificar y ejecutar adecuadamente las actividades de mantenimiento predictivo y preventivo de estos equipos críticos. Ver tabla 17.

Actividad de Mantenimiento	Responsable	Periodicidad
Monitoreo de Vibraciones	Técnicos de Mantenimiento	Semanal
Inspección Visual del Equipo	Supervisores de Mantenimiento	Mensual
Análisis de Lubricante	Técnicos de Laboratorio Outsourcing	Trimestral
Mantenimiento de Sellos Mecánicos	Técnicos de Mantenimiento	Semestral
Revisión de Cojinetes y Rodamientos	Técnicos de Mantenimiento	Semestral
Verificación de la Alineación	Técnicos de Mantenimiento	Semestral
Limpieza y Remoción de Sólidos	Operadores de Planta	Mensual
Pruebas de Desempeño	Ingenieros de Mantenimiento	Anual
Revisión de Conexiones Eléctricas	Electricistas	Semestral

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Actividad de Mantenimiento	Responsable	Periodicidad
Calibración de Sensores y Controles	Instrumentistas	Anual
Pintura y Protección Anticorrosiva	Brigada de Mantenimiento	Anual
Capacitación del Personal	Jefe de Mantenimiento	Anual

Tabla 17 Actividades de mantenimiento Bomba Hidrosta. Fuente: Elaboración Propia

7.4.2.4 Motor del percolador

Este motor en la PTAR tiene la función de proporcionar la energía necesaria para impulsar el movimiento de los mecanismos que agitan o mezclan el lecho filtrante dentro del percolador. Esto ayuda a facilitar el proceso de filtración y percolación del agua residual a través del medio filtrante, permitiendo una mayor eficiencia en la eliminación de contaminantes y sólidos suspendidos durante el tratamiento, el lecho filtrante ayuda a limpiar el agua sucia antes de que sea tratada más a fondo en la planta de tratamiento de aguas residuales. Ver figura 19.



Figura 19 Motor del Percolador. Fuente: ESPY

Condiciones operativas del motor del Percolador en la PTAR de Yumbo Tabla 18.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

CONDICIONES OPERATIVAS	
PARÁMETRO	CONDICIÓN OPERATIVA
Tipo de Motor	Motorreductor eléctrico
Potencia Nominal	0.5 kW (1 HP)
Voltaje de Alimentación	460 V, 3 Fases, 60 Hz
Velocidad de Giro	0.7 RPM
Torque Nominal	4,540 Nm
Torque Máximo	15,648 Nm
Tipo de Protección	IP65
Clase de Aislamiento	H
Tipo de Arranque	Arrancador suave (soft starter)
Tipo de Lubricación	Lubricación a aceite
Función	Accionamiento del mecanismo de giro del brazo distribuidor
Régimen de Operación	Funcionamiento intermitente con arranques y paradas
Entorno Operativo	Ambiente húmedo y con presencia de vapores

Tabla 18 Condiciones operativas Motor del Percolador. Fuente: Elaboración Propia

Los motores de los percoladores son componentes esenciales en el proceso de tratamiento biológico de aguas residuales en una PTAR. Sin embargo, enfrentan desafíos debido a las condiciones ambientales cambiantes y a las cargas variables, lo que los hace propensos a ciertos puntos débiles que pueden causar fallas si no se manejan adecuadamente mediante un mantenimiento preventivo y predictivo. Uno de los principales problemas que enfrentan estos motores es el desgaste y la degradación del sistema de aislamiento eléctrico debido a la exposición a la humedad y los contaminantes presentes en el entorno de la PTAR.

Estos motores suelen operar en áreas con alta humedad y están expuestos a vapores corrosivos y otros contaminantes en el agua residual, lo que con el tiempo puede deteriorar su sistema de aislamiento eléctrico. Esto puede resultar en cortocircuitos, fugas de corriente y, en última instancia, en fallas del motor, lo que ocasiona tiempos de inactividad no planificados y costosas reparaciones.

Aquí se presenta una tabla con las actividades de mantenimiento predictivo y preventivo para el motor del brazo distribuidor del filtro percolador de la PTAR de Yumbo, incluyendo los responsables y la periodicidad, ver tabla 19.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Actividad de Mantenimiento	Responsable	Periodicidad
Inspección Visual del Motor	Técnicos de Mantenimiento	Mensual
Medición de Vibraciones	Técnicos de Mantenimiento	Trimestral
Análisis de Aceite Lubricante	Técnicos de Laboratorio Outsourcing	Semestral
Revisión de Conexiones Eléctricas	Electricistas	Semestral
Pruebas de Arranque y Funcionamiento	Operadores de Planta	Mensual
Medición de Parámetros Eléctricos	Instrumentistas	Semestral
Verificación de Alineación	Técnicos de Mantenimiento	Anuual
Limpieza y Pintura Anticorrosiva	Brigada de Mantenimiento	Anuual
Revisión de Sellos y Empaques	Técnicos de Mantenimiento	Anuual
Ajuste y Calibración de Controles	Instrumentistas	Anuual
Capacitación del Personal	Jefe de Mantenimiento	Anuual

Tabla 19 Actividades de mantenimiento Motor del Percolados. Fuente: Elaboración Propia

7.4.2.5 Soplador (Aireador)

Dentro de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), el soplador, también conocido como aireador, cumple una función esencial en el proceso de tratamiento. Su principal objetivo es suministrar oxígeno al agua con el fin de favorecer la actividad de los microorganismos (bacterias aerobias) encargados de descomponer la materia orgánica presente en las aguas residuales. Estas bacterias utilizan el oxígeno para metabolizar la materia orgánica, descomponiéndola en componentes más simples y menos perjudiciales. El soplador desempeña un papel clave al mantener un entorno rico en oxígeno en el agua, lo que promueve la actividad bacteriana necesaria para depurar las aguas residuales y garantizar su retorno seguro al medio ambiente. Ver figura 20.



Figura 20 Soplador (Aireador). Fuente: ESPY

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Condiciones operativas del motor de los aireadores en la PTAR de Yumbo, Tabla 20.

CONDICIONES OPERATIVAS	
PARÁMETRO	CONDICIÓN OPERATIVA
Tipo de Soplador	Soplador de Émbolos Rotativos Simétricos
Caudal de Diseño	2,369 m ³ /h (1,890 Nm ³ /h)
Presión de Diseño	557 mbar(r)
Presión Calculada	500 mbar(r) a 2,350 Nm ³ /h
Velocidad de Operación	2,100 RPM
Temperatura de Descarga	88°C
Material de la Carcasa	Hierro Fundido EN-GJL-250
Material de los Émbolos	Hierro Fundido EN-GJL-250
Conexión de Succión	Incluye Filtro de Aspiración
Conexión de Descarga	200 mm
Nivel de Ruido con Cabina	78 dB(A)
Motor Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> - Potencia: 55 kW (Instalada), 43.79 kW (Absorbida) - Alimentación: 440 V, 3 Fases, 60 Hz - Protección: Antiexplosiva

Tabla 20 Condiciones operativas del aireador. Fuente: Elaboración Propia

Los sopladores o aireadores son elementos críticos en el proceso de tratamiento biológico de aguas residuales en una PTAR. Estos equipos están expuestos a condiciones operativas rigurosas y a un desgaste constante, lo que los hace propensos a ciertos puntos débiles que pueden causar fallas si no se abordan adecuadamente mediante un mantenimiento predictivo y preventivo. Uno de los principales puntos débiles de un soplador en términos de funcionamiento es el desgaste y la degradación de los componentes internos, especialmente los rodamientos y los sellos, debido al calor acumulado y la contaminación del lubricante.

Durante su funcionamiento, los sopladores generan una cantidad considerable de calor debido a la compresión del aire y la fricción de los componentes internos. Si este calor no se disipa correctamente, puede dar lugar a temperaturas excesivas que aceleran el desgaste de los rodamientos y los sellos. Además, la presencia de partículas de desgaste, humedad o residuos en el lubricante puede reducir su efectividad y contribuir a un mayor desgaste y corrosión de los componentes internos. Con el tiempo, estos problemas pueden ocasionar vibraciones excesivas, pérdida de eficiencia y en última instancia, fallas en el soplador.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Para abordar este punto débil y prevenir fallas, es esencial implementar un programa de mantenimiento predictivo y preventivo integral. Ver tabla 21

Actividad de Mantenimiento	Responsable	Periodicidad
Inspección Visual del Equipo	Técnicos de Mantenimiento	Mensual
Medición de Vibraciones	Técnicos de Mantenimiento	Mensual
Análisis de Aceite Lubricante	Técnicos de Laboratorio Outsourcing	Trimestral
Revisión de Conexiones Eléctricas	Electricistas	Semestral
Pruebas de Arranque y Funcionamiento	Operadores de Planta	Mensual
Medición de Parámetros Eléctricos	Instrumentistas	Mensual
Limpieza y Remoción de Suciedad	Brigada de Mantenimiento	Trimestral
Verificación de Alineación y Anclaje	Técnicos de Mantenimiento	Semestral
Revisión de Sellos y Empaques	Técnicos de Mantenimiento	Anuar
Cambio de Filtros de Succión	Técnicos de Mantenimiento	Semestral
Inspección de Cabina Insonorizadora	Técnicos de Mantenimiento	Semestral
Calibración de Sensores y Controles	Instrumentistas	Anuar
Limpieza y Pintura Anticorrosiva	Brigada de Mantenimiento	Anuar
Capacitación del Personal	Jefe de Mantenimiento	Anuar

Tabla 21 Actividades de mantenimiento del aireador. Fuente: Elaboración Propia

Estas actividades de mantenimiento predictivo y preventivo tienen como objetivo mantener el correcto funcionamiento de los sopladores, monitorear su estado, prevenir fallas y optimizar su rendimiento en el proceso de aireación de la PTAR de Yumbo.

7.4.2.6 Motor del barredor de lodos

El motor del barredor de lodos en la PTAR de Yumbo cumple una función esencial en la limpieza y mantenimiento de los tanques de sedimentación de lodos. Su tarea principal es proporcionar la potencia necesaria para hacer funcionar el mecanismo que mueve los brazos o rastrillos del barredor de lodos.

Estos brazos mecánicos recorren la superficie del tanque de sedimentación, removiendo los lodos acumulados en el fondo. Este equipo es el corazón de este proceso, ya que transforma la energía eléctrica en movimiento mecánico, permitiendo que el barredor realice su trabajo de limpieza de manera eficiente. Ver figura 21.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



Figura 21 Motor Barredor de lodos del sedimentador. Fuente: ESPY

CONDICIONES OPERATIVAS	
PARÁMETRO	CONDICIÓN OPERATIVA
Función	Accionamiento del mecanismo de barrido de lodos
Tipo de Motor	Motor Eléctrico Trifásico
Potencia Nominal	7.5 HP (5.5 kW)
Voltaje de Alimentación	460 V, 3 Fases, 60 Hz
Velocidad de Operación	900 RPM
Tipo de Protección	IP55
Clase de Aislamiento	F
Entorno Operativo	<ul style="list-style-type: none"> - Ambiente húmedo y con presencia de vapores - Expuesto a salpicaduras de lodos
Régimen de Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Funcionamiento intermitente - Arranques y paradas frecuentes
Características Adicionales	<ul style="list-style-type: none"> - Sensores de humedad y térmicos - Protocolo de comunicación: MODBUS

Tabla 22 Condiciones operativas del motor del barredor de lodos. Fuente: Elaboración Propia

Esta tabla resume las principales características técnicas y condiciones operativas del motor eléctrico que acciona el mecanismo de barrido de lodos en la PTAR de Yumbo. Esta información es relevante para planificar y ejecutar adecuadamente las actividades de mantenimiento predictivo y preventivo de este equipo crítico. Ver tabla 23

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Actividad de Mantenimiento	Responsable	Periodicidad
Inspección Visual del Motor	Técnicos de Mantenimiento	Mensual
Medición de Vibraciones	Técnicos de Mantenimiento	Trimestral
Análisis de Aceite Lubricante	Técnicos de Laboratorio Outsourcing	Semestral
Revisión de Conexiones Eléctricas	Electricistas	Trimestral
Pruebas de Arranque y Funcionamiento	Operadores de Planta	Semanal
Medición de Parámetros Eléctricos	Instrumentistas	Semestral
Verificación de Alineación	Técnicos de Mantenimiento	Añual
Limpieza y Pintura Anticorrosiva	Brigada de Mantenimiento	Añual
Revisión de Sellos y Empaques	Técnicos de Mantenimiento	Añual
Ajuste y Calibración de Controles y sensores	Instrumentistas	Añual
Pruebas de Aislamiento Eléctrico	Electricistas	Añual
Cambio de Rodamientos	Técnicos de Mantenimiento	Cada 5 años
Pintura y recubrimientos protectores corrosión	Técnicos de Mantenimiento	Según Necesidad
Capacitación del Personal	Jefe de Mantenimiento	Añual

Tabla 23 Actividades de mantenimiento del motor del barredor de lodos. Fuente: Elaboración Propia

7.4.2.7 CCM (centro de control de motores)

Los CCM, o Centro de Control de Motores, en la PTAR de Yumbo desempeñan un papel crucial en la gestión y control de los motores eléctricos utilizados en los diferentes procesos de la planta. Estos equipos están diseñados para supervisar y proteger los motores, garantizando su funcionamiento seguro y eficiente.

En los diferentes procesos de la PTAR, los CCM cumplen varias funciones:

1. Arranque y parada de motores: Controlan el encendido y apagado de los motores según las necesidades operativas de la planta.
2. Protección de motores: Detectan y responden a condiciones anormales, como sobrecargas, cortocircuitos o fallas de fase, para evitar daños en los motores y equipos asociados.
3. Monitoreo de condiciones operativas: Supervisan constantemente las condiciones de funcionamiento de los motores, como la temperatura, la corriente y la velocidad, proporcionando información importante para el mantenimiento predictivo y la optimización del rendimiento.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4. Gestión de energía: Contribuyen a la eficiencia energética al coordinar el arranque y la parada de los motores de manera inteligente, minimizando el consumo de energía y optimizando los costos operativos. Ver figura 22.

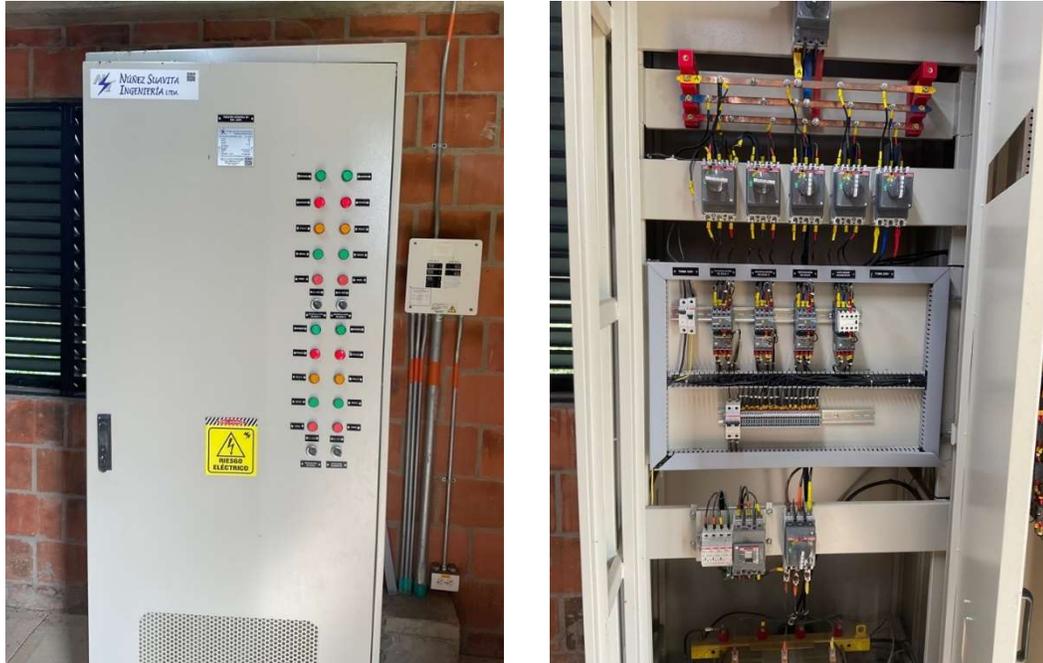


Figura 22 CCM 5 partes externa e interna. Fuente: ESPY

Condiciones operativas de los diferentes Centros de comandos de motores de los diferentes procesos en la planta. Tabla 24.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

CONDICIONES OPERATIVAS	
PARÁMETRO	CONDICIÓN OPERATIVA
Función	Alimentar y controlar los diferentes motores eléctricos de la PTAR
Ubicación	Distribuidos en toda la PTAR, presentes en cada proceso
Voltaje de Operación	440 V, 3 Fases, 60 Hz
Componentes Principales	Variadores de Frecuencia, arrancadores Suaves, interruptores Automáticos, Transformadores de Control y Barrajes de Distribución
Motores Controlados	Bombas Centrífugas, Sopladores, Agitadores, Barredores de Lodos, Mecanismos de Puentes, etc.
Protecciones Eléctricas	Sobrecarga, Cortocircuito, Falla a Tierra, Desequilibrio de Fases Baja/Alta Tensión
Tipo de Control	Control local (en el CCM) y control remoto (desde sala de control) SCADA
Monitoreo y Supervisión	Parámetros eléctricos, Estado de los equipos, Eventos y alarmas.
Entorno Operativo	- Ambiente con presencia de humedad y vapores - Protección contra ambientes corrosivos y explosivos
Régimen de Operación	- Funcionamiento continuo. - Arranques y paradas frecuentes de motores

Tabla 24 Condiciones operativas de lo CCM. Fuente: Elaboración Propia

Los Centros de Control de Motores (CCM) son componentes críticos en la PTAR de Yumbo, ya que gestionan y protegen los motores eléctricos utilizados en los diferentes procesos de la planta. Sin embargo, estos equipos pueden ser vulnerables a ciertos puntos débiles, especialmente cuando se enfrentan a problemas de calidad de energía, como los picos de tensión y la inestabilidad de la red externa que surte la planta. Uno de los principales puntos débiles de los CCM en este contexto es la sensibilidad de los componentes electrónicos a las perturbaciones eléctricas, lo que puede provocar fallos prematuros y afectar la confiabilidad general del sistema.

Los picos de tensión y las fluctuaciones de energía pueden estresar los componentes electrónicos de los CCM, como los fusibles, los contactores, los relés y las tarjetas de control.

Con el tiempo, estas perturbaciones eléctricas pueden degradar el aislamiento, causar sobrecalentamiento y provocar fallos en los componentes. Además, los transitorios de

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

tensión pueden causar disparos involuntarios de los dispositivos de protección, lo que lleva a paradas no planificadas y afecta la continuidad del proceso de tratamiento de aguas residuales.

Para abordar este punto débil y prevenir fallas, es esencial implementar un programa de mantenimiento predictivo y preventivo que tenga en cuenta la calidad de la energía y la protección de los componentes electrónicos. Ver tabla 25

Actividad de Mantenimiento	Responsable	Periodicidad
Monitoreo de la Calidad de Energía	Ingenieros Eléctricos	Trimestral
Protección contra Sobretensiones	Electricistas	Semestral
Acondicionamiento de Energía	Ingenieros Eléctricos	Anual
Inspecciones Visuales Periódicas	Técnicos de Mantenimiento	Trimestral
Termografía Infrarroja	Especialistas Eléctricos, Outsourcing	Semestral
Pruebas de Resistencia de Aislamiento	Electricistas	Anual
Mantenimiento Preventivo de Componentes	Técnicos de Mantenimiento	Semestral
Capacitación del Personal	Jefe de Mantenimiento	Anual

Tabla 25 Actividades de mantenimiento de los CCM. Fuente: Elaboración Propia

Estas actividades de mantenimiento tienen como objetivo mantener la confiabilidad y el correcto funcionamiento del Centro de Control de Motores (CCM) en la PTAR de Yumbo, asegurando la calidad de la energía eléctrica, la protección de los componentes y la capacitación del personal.

7.4.2.8 MOTOR REJILLAS CRIBADO

El motor en las rejillas de cribado de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), en pretratamiento, tiene la función principal de impulsar el movimiento de los elementos de cribado que retienen los sólidos gruesos y objetos grandes presentes en las aguas residuales. Este movimiento permite que los sólidos retenidos en las rejillas se desplacen hacia arriba y se desprendan, facilitando su posterior recolección y eliminación.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

El motor proporciona la energía necesaria para activar el mecanismo de limpieza de las rejillas, que puede ser mediante un sistema de rastrillo o cepillo que barre la superficie de las rejillas. Esta acción de limpieza garantiza que las rejillas permanezcan libres de obstrucciones y puedan continuar funcionando de manera eficiente en la retención de sólidos durante el proceso de pretratamiento. Ver figura 23.



Figura 23 Rejilla de cribado gruesa. Fuente: ESPY

Los motores que impulsan las rejillas de cribado en la etapa de pretratamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se enfrentan a desafiantes condiciones debido a la presencia de sólidos, humedad y posibles elementos corrosivos en las aguas residuales. Estos factores pueden dar lugar a puntos débiles que, si no se abordan adecuadamente mediante un mantenimiento predictivo y preventivo, pueden ocasionar fallas y afectar la eficiencia del proceso de cribado. Uno de los principales puntos débiles de los motores de las rejillas de cribado es la acumulación de residuos y la corrosión en los componentes mecánicos, como los engranajes, ejes y cojinetes.

Condiciones operativas:

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

CONDICIONES OPERATIVAS	
PARÁMETRO	CONDICIÓN OPERATIVA
Función	Accionar el sistema de arrastre del rastrillo limpia rejilla mediante 2 cadenas laterales.
Tipo de Motor	Motorreductor
Potencia Nominal	0,37 KW (0,5 HP)
Voltaje de Alimentación	460 V
Velocidad de Operación	5 rpm
Tipo de Protección	IP 55
Clase de Aislamiento	Clase F
Entorno Operativo	- Ambiente con presencia de humedad y vapores
Régimen de Operación	Funcionamiento continuo. - Arranques y paradas frecuentes de motores
Características Adicionales	- Sensores de corriente y térmico

Tabla 26 Condiciones operativas del motor rejillas cribado. Fuente: Elaboración Propia

Los sólidos y objetos presentes en las aguas residuales pueden adherirse y acumularse en los componentes mecánicos del motor y del sistema de accionamiento de las rejillas. Con el tiempo, esta acumulación puede causar un desgaste excesivo, reducir la eficiencia de la transmisión de potencia y generar mayor estrés en el motor. Además, la exposición constante a la humedad y a posibles sustancias corrosivas puede provocar la corrosión de los componentes metálicos, debilitando su integridad estructural y aumentando el riesgo de fallas.

Para abordar este punto débil y prevenir fallas, es fundamental implementar un programa de mantenimiento predictivo y preventivo que se enfoque en la limpieza, inspección y protección de los componentes mecánicos del motor y del sistema de accionamiento. Ver tabla 27.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Actividad de Mantenimiento	Responsable	Periodicidad
Inspección Visual y limpieza externa	Técnicos de Mantenimiento	Diario
Verificación de nivel de aceite y lubricación	Técnicos de Mantenimiento	Mensual
Inspección de conexiones eléctricas y cableado	Técnico Electricista	Bimestral
Medición de temperatura y vibración	Técnicos de Mantenimiento	Trimestral
Reemplazo de lubricante	Técnicos de Mantenimiento	Semestral o según horas de operación
Inspección y ajuste de cadenas de transmisión	Técnicos de Mantenimiento	Semestral
Medición de aislamiento de bobinados	Técnico Electricista	Anual
Inspección y limpieza interna del motor	Técnico Electricista	Anual
Inspección y limpieza interna del reductor	Técnicos de Mantenimiento	Anual
Pruebas de funcionamiento y ajustes generales	Técnico Mantenimiento/Electricista	Anual
Pintura y recubrimientos protectores corrosión	Técnicos de Mantenimiento	Según Necesidad
Capacitación del Personal	Jefe de Mantenimiento	Anual

Tabla 27 Actividades de mantenimiento del motor de rejilla de cribado. Fuente: Elaboración Propia

7.4.2.9 Planta de emergencia

La planta de emergencia, también conocida como grupo electrógeno, desempeña un papel crucial en la PTAR al proporcionar energía eléctrica de respaldo en situaciones de emergencia o cortes de energía. Su función principal es garantizar la continuidad operativa de la planta incluso cuando hay interrupciones en el suministro eléctrico principal.

En caso de un apagón o falla en la red eléctrica, el grupo electrógeno se activa automáticamente para suministrar energía a los equipos esenciales de la PTAR, como las bombas, los sistemas de aireación y los controles automatizados. Esto asegura que los procesos de tratamiento de aguas residuales no se detengan y que la planta pueda seguir funcionando de manera eficiente y cumpliendo con sus objetivos de tratamiento, incluso en situaciones de emergencia. Ver figura 24.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



Figura 24 Grupo electrógeno. Fuente: ESPY

Condición operacional

Ver tabla 28

CONDICIONES OPERATIVAS	
PARÁMETRO	CONDICIÓN OPERATIVA
Potencia	800 kva
Generador	Síncrono, de polos salientes o cilíndricos
Voltaje de salida	208/120V, 480/277V
Velocidad de Operación	1500 rpm (50Hz) o 1800 rpm (60Hz)
Sistema de Arranque	Eléctrico, con baterías y cargador incorporado
Sistema de Enfriamiento	Por agua o por aire, con radiador y ventilador
Sistema de Lubricación	Aceite lubricante con filtros y enfriador
Protecciones	Sobre/sub-voltaje, sobre/sub-frecuencia, sobrecarga, baja presión de aceite, alta temperatura, etc.

Tabla 28 Condiciones operativas de la planta de emergencia. Fuente: Elaboración Propia

La planta de emergencia, o grupo electrógeno, en una PTAR presenta su punto débil principal en el sistema de arranque y transferencia de carga automática. Este sistema desempeña un papel crucial al permitir una transición suave y rápida del suministro eléctrico principal al suministro de emergencia en caso de interrupciones de energía.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Existen varios problemas potenciales que pueden conducir a fallas en este sistema. Entre ellos se encuentran los fallos en los componentes del sistema de arranque automático, como sensores, relés y contactores, los cuales pueden afectar la capacidad del grupo electrógeno para activarse correctamente cuando se necesita. Asimismo, los problemas en el sistema de transferencia de carga automática, como interruptores de transferencia defectuosos o conexiones eléctricas inadecuadas, pueden ocasionar interrupciones en el suministro eléctrico durante el proceso de transferencia. La falta de un mantenimiento adecuado, que incluye lubricación, limpieza y pruebas regulares del sistema de arranque (en vacío y con carga) y transferencia automática, puede provocar un deterioro gradual de los componentes y aumentar el riesgo de fallas.

Para abordar estos puntos débiles y prevenir fallas en la planta de emergencia, es fundamental implementar un programa de mantenimiento predictivo y preventivo específicamente diseñado para el sistema de arranque y transferencia automática. Ver tabla 29.

Actividad de Mantenimiento	Responsable	Periodicidad
Inspección visual general y limpieza externa	Operador	Diaria
Verificación de nivel de combustible y aceite	Operador	Diaria
Prueba de arranque y funcionamiento en vacío	Operador	Semanal
Inspección de baterías y cargador	Técnico Eléctrico	Mensual
Cambio de filtros de aire, aceite y combustible	Técnico Mecánico	Según horas de operación
Cambio de aceite y refrigerante	Técnico Mecánico	Según horas de operación
Inspección y limpieza del sistema de enfriamiento	Técnico Mecánico	Semestral
Inspección y limpieza del sistema de escape	Técnico Mecánico	Semestral
Inspección y prueba del alternador y AVR	Técnico Eléctrico	Semestral
Inspección y prueba del tablero de control y ATS	Técnico Eléctrico	Semestral
Ajuste de válvulas y calibración de inyectores	Técnico Mecánico	Según horas de operación
Prueba de carga y verificación de parámetros eléctricos	Técnico Eléctrico	Anual
Inspección y limpieza de devanados del generador	Técnico Eléctrico	Anual

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Actividad de Mantenimiento	Responsable	Periodicidad
Pruebas de aislamiento del generador	Técnico Eléctrico	Anual
Limpieza y ajuste de contactos eléctricos	Técnico Eléctrico	Anual
Reemplazo de mangueras y sellos	Técnico Mecánico	Según necesidad
Pruebas de funcionamiento bajo carga	Técnico Mecánico/Eléctrico	Anual

Tabla 29 Actividades de mantenimiento de la Planta de emergencia. Fuente: Elaboración Propia

7.4.2.10 Bomba EBAR (Efluente)

La función principal de la bomba EBAR (Efluentes) en una PTAR es transportar los efluentes tratados hacia su destino final, que puede ser un cuerpo receptor, como un río o un cuerpo de agua, o un sistema de reutilización o disposición final.

Una vez que las aguas residuales han pasado por los procesos de tratamiento primario y secundario en la PTAR y se han purificado hasta cierto punto, se denominan efluentes tratados. Estos efluentes ya han sido sometidos a procesos de eliminación de contaminantes y se consideran seguros para su descarga o reutilización.

La bomba EBAR se encarga de bombear estos efluentes tratados desde la PTAR hasta el lugar designado para su disposición final o reutilización, en nuestro caso es el cauce del río Cauca, después de cumplir con los estándares de calidad del agua establecidos por las autoridades ambientales, como la CVC o su envío a sistemas de riego agrícola u otros usos específicos. Ver figura 25.



Figura 25 Bomba EBAR. Fuente: ESPY

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Las bombas EBAR (Efluentes) en una PTAR enfrentan condiciones de operación rigurosas y están expuestas continuamente a efluentes tratados que aún pueden contener ciertas sustancias químicas, sólidos residuales y otros contaminantes. Estos factores pueden generar ciertos puntos débiles que, si no se abordan adecuadamente mediante un mantenimiento predictivo y preventivo, pueden ocasionar fallas y afectar la capacidad de la PTAR para descargar los efluentes tratados de manera eficiente. Uno de los principales puntos débiles de las bombas EBAR se encuentra en el desgaste y la obstrucción del impulsor y la voluta debido a la presencia de sólidos residuales y sustancias abrasivas en los efluentes tratados.

Aunque los efluentes han pasado por procesos de tratamiento, aún pueden contener pequeñas cantidades de sólidos suspendidos, arena, sedimentos y otras partículas abrasivas. Con el tiempo, estos materiales pueden causar desgaste en el impulsor y la voluta de la bomba, lo que reduce su eficiencia y aumenta el riesgo de fallas. Además, la acumulación de sólidos y la obstrucción parcial pueden generar desequilibrios, vibraciones y un mayor estrés en los componentes de la bomba, acelerando su deterioro.

Condiciones operativas:

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

CONDICIONES OPERATIVAS	
PARÁMETRO	CONDICIÓN OPERATIVA
Tipo de Motor:	Motor eléctrico WEG W22 PREMIUN, modelo 07518ET3E36ST-W22, horizontal.
Potencia Nominal:	75 kW
Voltaje de Alimentación:	440 V
Velocidad de Operación:	- Motor eléctrico: 1780 RPM - Bomba axial (velocidad de salida): 1440 RPM
Entorno Operativo:	La bomba EBAR está diseñada para operar en un ambiente de estación de bombeo de aguas residuales. Esto implica exposición a humedad, posibles gases corrosivos y sólidos en suspensión en el agua.
Régimen de Operación:	La bomba opera de forma intermitente según la demanda de caudal y los niveles en el pozo de succión.
Características Adicionales:	- Bomba axial marca BAS, modelo AVRE-16SO, serie 21-015-00, vertical. - Unión cardánica para transmisión de potencia entre el motor y la bomba. - El equipo requiere lubricación con aceite SAE 30 - 15W40 para la bomba y aceite ISO 220 para el reductor.

Tabla 30 Condiciones operativas de la bomba Ebar. Fuente: Elaboración Propia

Para abordar este punto débil y prevenir fallas, es esencial implementar un programa de mantenimiento predictivo y preventivo que se enfoque en la inspección, limpieza y protección de los componentes internos de las bombas EBAR. Ver tabla 31

Algunas actividades clave que se deben realizar incluyen:

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Actividad de Mantenimiento	Responsable	Periodicidad
MOTOR ELÉCTRICO		
Revisar visualmente la parte externa del motor	Operador	Siempre que esté en funcionamiento
Lubricar las graseras de los rodamientos	Técnico Mecánico	Dos veces por semana
Limpiar el interior de la caja de conexión y verificar ajuste de terminales	Técnico Eléctrico	Según inspección visual
Reemplazar rodamientos en caso de ruido o desajuste	Técnico Mecánico	Semestral
Sustituir escobillas antes de la marca de desgaste	Técnico Eléctrico	Según inspección visual
Limpiar bobinas del estator y rotor, reemplazar rodamientos si es necesario	Técnico Eléctrico	Anual
Inspeccionar y limpiar entrada de aire del sistema de refrigeración	Técnico Mecánico	Según inspección visual
BOMBA AXIAL		
Revisar nivel de aceite en tanque de lubricación (SAE 30 - 15W40)	Operador	Antes de operar
Verificar ajuste de tornillería y prisioneros, requintar si es necesario	Técnico Mecánico	Mensual
Limpiar área de succión de impurezas o sólidos que puedan causar obstrucción	Operador	250 horas / Anual
Cambiar retenes del buje superior	Técnico Mecánico	2000 horas / Anual
Verificar que no haya fuga de agua por el retén del buje	Operador	Siempre que esté en funcionamiento
Cambiar empaque de los prensaestopas	Técnico Mecánico	2000 horas / Anual
Revisar desgaste de bujes y cambiar retenes	Técnico Mecánico	2000 horas / Anual
Revisar desgaste del impulsor	Técnico Mecánico	2000 horas / Anual
REDUCTOR		
Verificar que el nivel de aceite (ISO 220) esté a 3/4 en la mirilla	Operador	Siempre que esté en funcionamiento
Cambiar aceite (primera vez a las 500 horas, luego cada 1500 horas)	Técnico Mecánico	1500 horas

Tabla 31 Actividades de mantenimiento de la Bomba Ebar. Fuente: Elaboración Propia

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

7.5 Codificación de Tareas de Mantenimiento en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR): Optimizando la Gestión y Eficiencia del Mantenimiento

La implementación de un sistema de codificación de actividades es un paso esencial para mejorar la gestión del mantenimiento en una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Al asignar códigos únicos a cada tarea de mantenimiento, se simplifica la planificación, seguimiento y control de las labores llevadas a cabo en los distintos equipos y sistemas de la planta. Este enfoque sistemático contribuye a aumentar la eficiencia del mantenimiento, reducir los tiempos de inactividad y prolongar la vida útil de los activos. A continuación, se presenta una lista de tareas mecánicas, eléctricas y de lubricación adaptadas al entorno operativo de una PTAR, junto con sus respectivos códigos. Estos códigos servirán como base para el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo organizado y efectivo.

Con el objetivo de una organización más efectiva del mantenimiento, se han agrupado las tareas en cuatro secciones distintas:

- **Tareas mecánicas:** Comprenden todas las actividades que implican inspecciones, visualizaciones, ajustes o reemplazos de piezas fundamentales para asegurar el adecuado funcionamiento de los equipos intervenidos.
- **Tareas eléctricas:** Engloban todas las actividades que afectan directa o indirectamente a los sistemas eléctricos, tales como revisiones, inspecciones, verificaciones o reemplazos de conexiones eléctricas.
- **Tareas de lubricación:** Incluyen todas las actividades relacionadas con el engrase, la lubricación y el reemplazo de aceite en los equipos, con el propósito de garantizar un funcionamiento correcto y mejorar su eficiencia.
- **Tareas de instrumentación:** Se refieren a las actividades destinadas a controlar los equipos encargados de medir, registrar y transmitir información o variables de los procesos.

Esta clasificación en secciones facilita la planificación, ejecución y seguimiento del mantenimiento en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), permitiendo una gestión más eficiente. Al categorizar las tareas de manera específica, se logra un enfoque

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

más preciso y mejor coordinación en las labores de mantenimiento, lo que contribuye a optimizar la operación y prolongar la vida útil de los equipos en la PTAR.

ACTIVIDAD	CODIGO
Inspección de engranes en sistemas de transmisión de bombas y mecanismos de rastras	M01
Revisión, ajuste y/o reemplazo de bandas, correas y poleas en equipos rotativos	M02
Observación de posibles daños en estructuras, tanques y tuberías	M03
Inspección y/o reemplazo de boquillas, tubos de contacto y toberas en sistemas de aireación y dosificación	M04
Reconocimiento y ajuste general de máquinas (bombas, sopladores, mezcladores, etc.)	M05
Inspección de tubería y mangueras neumáticas e hidráulicas en sistemas de control y accionamiento	M06
Inspección y/o reemplazo de filtros de aire en sopladores y compresores	M07
Inspección de frenos en sistemas de izaje y puentes grúa	M09
Mantenimiento general de equipos mecánicos	M10
Inspección de emisiones de gases en generadores y calderas	M11
Inspección y/o reemplazo de escobillas en motores eléctricos	M12
Inspección, ajuste o cambio de cuchillas en sistemas de desintegración de sólidos	M13
Inspección de nivel de combustible en generadores y calderas	M14
Revisión de válvulas en sistemas de tuberías de proceso y servicios auxiliares	M15
Limpieza y ajuste de inyectores en sistemas de dosificación química	M16
Limpieza y ajuste de terminales de batería en sistemas de control y respaldo de energía	M17
Verificación del sistema de enfriamiento en motores y generadores	M18
Limpieza de ventiladores y extractores en salas eléctricas y de control	M19

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Aseo y lavado general de equipos e instalaciones	M20
Limpieza general de áreas de proceso y exteriores	M21
Pintura de estructuras, equipos y tuberías	M22
Inspección de nivel de agua en tanques y reactores	M23
Inspección de nivel de aceite en reductores y mecanismos	M24
Inspección de elementos de fijación (pernos, tornillos, anclajes)	M25
Inspección de elementos estructurales de acero	M26
Inspección de sistemas hidráulicos en compuertas y válvulas de control	M27
Inspección de señales y placas de seguridad y orientación	M28

Tabla 32 Codificación tareas Mecánicas. Fuente: Elaboración Propia

ACTIVIDAD	CODIGO
Inspección, ajuste y/o reemplazo de conexiones eléctricas en tableros, motores y sensores	E01
Inspección de amperaje y voltaje en sistemas eléctricos de potencia y control	E02
Verificación de tarjetas electrónicas en sistemas de control y monitoreo	E03
Verificación de motores eléctricos (bobinados, rodamientos, conexiones)	E04
Inspección y ajuste de sistemas de puesta a tierra y protección catódica	E05
Inspección de sistemas de iluminación interior y exterior	E06
Verificación de sistemas de respaldo de energía (UPS, generadores)	E07
Inspección y prueba de sistemas de control y automatización (PLC, SCADA)	E08
Inspección y ajuste de arrancadores y variadores de frecuencia	E09
Inspección de cableado y bandejas portacables	E10

Tabla 33 Codificación tareas Eléctricas. Fuente: Elaboración Propia

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

ACTIVIDAD	CODIGO
Lubricación y engrase de equipos rotativos (bombas, motores, reductores)	L01
Reemplazo de aceite en reductores y mecanismos	L02
Lubricación de rodamientos en motores y bombas	L03
Engrase de articulaciones en compuertas y válvulas de control	L04
Engrase de bases de giro en puentes y clarificadores	L05
Engrase de cadenas y piñones en sistemas de rastras y transportadores	L06
Engrase de acoples y juntas en sistemas de transmisión	L07
Engrase de vástagos y actuadores en válvulas de control	L08
Lubricación de rieles y sistemas de izaje	L09
Lubricación de rodillos y chumaceras en transportadores y tamices	L10

Tabla 34 Codificación tareas de lubricación. Fuente: Elaboración Propia

ACTIVIDAD	CODIGO
Calibración de sensores de pH	I01
Calibración de sensores de oxígeno disuelto	I02
Calibración de sensores de conductividad	I03
Calibración de sensores de turbidez	I04
Calibración de sensores de nivel ultrasónicos	I05
Calibración de sensores de nivel tipo radar	I06
Calibración de sensores de caudal electromagnéticos	I07
Calibración de sensores de caudal tipo Coriolis	I09
Calibración de sensores de presión	I10

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Calibración de sensores de temperatura	I11
Inspección y limpieza de elementos de medición (sondas, electrodos, etc.)	I12
Inspección y ajuste de lazos de control (PID)	I13
Verificación de señales de transmisión (4-20mA, 0-10V, HART)	I14
Inspección y ajuste de sistemas de telemetría y comunicación	I15
Inspección y prueba de válvulas de control neumáticas	I16
Inspección y prueba de válvulas de control eléctricas	I17
Inspección y prueba de actuadores neumáticos	I18
Inspección y prueba de actuadores eléctricos	I19
Inspección y ajuste de sistemas de muestreo y análisis en línea	I20
Inspección y prueba de sistemas de dosificación química	I21
Verificación de alarmas y enclavamientos de proceso	I22
Inspección y prueba de sistemas de detección de incendios	I23

Tabla 35 Codificación tareas de Instrumentación. Fuente: Elaboración Propia

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

8. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- Se ha desarrollado una propuesta integral basada en la norma ISO 55000-1 para la gestión de activos eléctricos en la PTAR de Yumbo. Esta propuesta abarca desde la evaluación de las exigencias de la norma hasta la identificación de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo. Además, se enfoca en optimizar la vida útil de los activos y minimizar los tiempos de inactividad, lo que contribuye directamente a la eficiencia y confiabilidad operativa de la planta.
- Se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de las exigencias de la Norma ISO 55000-1, considerando aspectos clave como el contexto de la organización, liderazgo, planificación, apoyo, operación, evaluación del desempeño y mejora continua. Esto proporciona un marco sólido para la implementación de un sistema de gestión de activos eléctricos que garantice la alineación con las mejores prácticas internacionales.
- Se realizó una taxonomía detallada de los activos eléctricos de la PTAR de Yumbo, evaluando su estado actual a través de un análisis de criticidad. La aplicación de la norma ISO 14224 permitió establecer una taxonomía rigurosa, facilitando la identificación y categorización de los activos, lo que es fundamental para una gestión efectiva de los mismos.
- Se diseñaron estrategias específicas de mantenimiento preventivo y predictivo para todos los activos eléctricos de la PTAR de Yumbo, con un enfoque particular en los activos críticos. Estas estrategias fueron fundamentales para optimizar la vida útil de los equipos y minimizar los tiempos de inactividad en toda la planta. Además de definir actividades de mantenimiento para los activos críticos, se establecieron protocolos proactivos para la monitorización continua y la anticipación de posibles fallos, lo que contribuyó significativamente a la confiabilidad operativa y la eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales.
- Aunque el presente trabajo ha abordado de manera exhaustiva la gestión de activos eléctricos en la PTAR Yumbo, se recomienda considerar la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) como un siguiente paso para mejorar aún más la eficiencia operativa y la confiabilidad de la planta.

La combinación de la taxonomía de activos, las estrategias de mantenimiento propuestas y la metodología RCM podría conducir a una optimización significativa de la confiabilidad, disponibilidad y eficiencia de la planta, al tiempo que se minimizan los costos de mantenimiento a largo plazo. La implementación del RCM permitiría identificar y priorizar actividades de mantenimiento basadas en el impacto en la confiabilidad y criticidad de los equipos, lo que resultaría en una asignación más eficiente de recursos y una reducción de los tiempos de inactividad no planificados.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Además, el RCM facilitaría una comprensión más profunda de los modos de falla y los efectos potenciales en la planta, lo que permitiría desarrollar estrategias de mitigación más efectivas y proactivas. Por lo tanto, se sugiere que la dirección considere seriamente la implementación del RCM como parte de las iniciativas de mejora continua en la gestión de activos eléctricos en la PTAR Yumbo

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

9. REFERENCIAS

AES. (2017). AES Chivor, primera empresa en Colombia en certificarse en Gestión de Activos ISO 55001. <https://www.aes.com/es/press-releases/2017/5/aes-chivor-primera-empresa-en-colombia-en-certificarse-en-gestion-de-activos-iso-55001>

Alcaldía Yumbo. (s.f.). Información del Municipio. Alcaldía de Yumbo. <https://www.yumbo.gov.co/portalcamy/index.php/2-uncategorised/22-informacion-del-municipio>

BCG. (2022). Global Asset Management 2022: From Tailwinds to Turbulence. <https://www.bcg.com/publications/2022/tailwinds-to-turbulence-for-global-asset-management>

Campos, M. A. L., & Márquez, A. C. (2011a). Modelling a maintenance management framework based on PAS 55 standard. *Quality and Reliability Engineering International*, 27(6), 805–820. <https://doi.org/10.1002/QRE.1168>

Campos, V., & Márquez, A. (2011b). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare*, 19(1), 125–138. <http://doi.org/10.4067/S0718-33052011000100011>

Carreres Prieto, D. (2021a). Contribución al campo del IoT mediante el desarrollo de sensores inteligentes basados en espectrofotometría de longitud de onda variable. Aplicación a la monitorización en continuo de la carga contaminante en aguas residuales urbanas [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena]. <https://doi.org/10.31428/10317/9726>

Carreres Prieto, D. (2021b). Mantenimiento predictivo y monitorización remota de plantas depuradoras de aguas residuales. <https://www.tecnoaqua.es/articulos/20210412/mantenimiento-predictivo-monitorizacion-remota-plantas-depuradoras-aguas-residuales-edar>

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

CREG. (2018). Resolución No. 015 de 2018. Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional.

[http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/65f1aaf1d57726a90525822900064dac/\\$FILE/Creg015-2018.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/65f1aaf1d57726a90525822900064dac/$FILE/Creg015-2018.pdf)

CVC. (2022a). 96 TONELADAS DE CARGA CONTAMINANTE DE YUMBO DEJARÁN DE IR AL RÍO CAUCA. <https://cvc.gov.co/boletin-prensa-283-2022>

CVC. (2022b). Información ambiental.

<https://www.cvc.gov.co/index.php/cvc/informacion-ambiental>

CVC. (2023). CVC CONSTRUYÓ SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN CALI Y YUMBO. BOLETIN 213. <https://www.cvc.gov.co/es/cvc/mision-y-vision>

DURAN, J. B. (2011). Gestión de Mantenimiento bajo estándares Internacionales como PAS 55 Asset Management.

<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/PAS55.pdf>

EESALMANCA SAS. (2018). Actualización del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del casco urbano del municipio de Yumbo, Valle del Cauca.

Escorcía Charris, J., & Agudelo Aguirre, A. (2023). Evaluación del nivel de madurez del sistema de gestión de activos bajo los requisitos de la norma ISO 55001 en una empresa eléctrica. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 11(1), 141-158.

<https://doi.org/10.17081/invinno.11.1.5778>

Fombella, A.C. (2010). Desarrollo e implementación de plan de mantenimiento.

Forero, L. A. (s.f.). ISO 55000: Gestión de Activos. Reliabilityweb.

<https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/iso-55000-gestion-de-activos/>

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Hernández CHOVER DIRECTOR, V., & Hernández Sancho, F. (2020). Gestión de activos en estaciones depuradoras de aguas residuales: una aproximación económica.

ISA. (2020). Certificación ISO 55001. <https://www.isa.co/es/isa-colombia/certificacion-iso-55001/>

Islam, S. M. (2020). Internet of Things for Asset Management: Data Analytics and Security. <https://www.researchgate.net/publication/339253149>

ISO. (2014). Gestión de activos-Sistemas de gestión-Requisitos ISO 55001. www.iso.org

Ivonne, A., & Pulido, A. (2013a). Evolución de la gestión del mantenimiento industrial en el siglo XXI. *Revista Digital de Investigación y Postgrado*, 3(2). 149-157. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7786506>

Ivonne, A., & Pulido, A. (2013b). Propuesta de modelo de gestión de activos fijos con enfoque en procesos. <http://pas55.net/>

KPMG. (2021). Transformación de la gestión de activos sostenibles en Europa. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/es/pdf/2021/05/transformacion-gestion-activos-sostenibles-europa.pdf>

López, L. (2020). Análisis de la Norma ISO 55000. Gestión de Activos, Evolución, Estructura y Fundamentos de Gerencia [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL.

Medrano, M. J., González, A. V., & Díaz de León, S. V. (2017). *Mantenimiento Técnicas y Aplicaciones Industriales*. Patria.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. (2015). Resolución 631 de 2015.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). Normativa Ambiental. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/legislacion/>

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Mobley, R. K. (2002). "An Introduction to Predictive Maintenance". Elsevier.

Moubray, J. (1997). Reliability-Centered Maintenance. Industrial Press Inc.

Pérez, J., & Merino, M. (2012). Definición de gestión. Definicion.de.
<https://definicion.de/gestion/>

Pineda Posada, D. (2014). Potencial y beneficios de la implementación de gestión de activos en el sector de servicios públicos e infraestructura en Medellín [Trabajo de grado, Universidad EAFIT]. Repositorio EAFIT.

predictiva21. (s.f.). ISO 55000/55001. La implantación de la norma PAS 55 / ISO 55001.
<https://predictiva21.com/iso-55000-55001-pas-55/>

Rausand, M., & Hoyland, A. (2004). System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications. Wiley-Blackwell.

Resolución No. 1096. (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Rodríguez, M. (2023). La importancia de la gestión de activos físicos en la estrategia de crecimiento de las empresas. <https://www.linkedin.com/pulse/la-importancia-de-gesti%C3%B3n-activos-f%C3%ADsicos-en-estrategia-manuel-alberto>

Rojas, R. (2002). Curso Internacional "Gestión integral de tratamiento de aguas residuales". Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.

Sánchez Rodríguez, A. (2010). La gestión de los activos físicos en la función de mantenimiento. Ingeniería Mecánica, 13(2), 72–78.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442010000200008

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Schneider, J., Gaul, A. J., Neumann, C., Hografer, J., Wellbow, W., Schwan, M., & Schnettler, A. (2006). Asset management techniques. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 28(9), 643-654. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2006.03.007>

terotecnic. (2023). Referencias según normas APA última edición. <https://terotecnic.com/tag/pas55/>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

10. ANEXOS

ANEXO A

EQUIPO	ELEMENTOS MECANICOS ESTRUCTURA	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE	
Mantenimiento compuerta plana deslizante	Soportes y brida de junta	Se debe reajustar los soportes de la compuerta, también de la brida de junta.	Anual	Mecanico	
	Vástago	Se debe realizar lubricación con grasa a base de grafito, a través de las graseras que dispone el equipo.	Mensual		
	Guías y topes	Remover suciedad en la guía de deslizamiento de la compuerta	Semestral		
BANDA TRANSPORTADORA REJILLAS GRUESAS	ESTRUCTURA "BASTIDOR"	Se debe realizar aseo sobre la estructura no motriz y los elementos que la conforman para optimizar su vida útil, evitando sobresaturación de impurezas y sólidos	diario	Operador	
	SEPARADOR ESTRUCTURA				
	LAMINA PROTECTORA LATERAL				
	LAMINA PROTECTORA INFERIOR				
	TAMBOR MOTRIZ	Mantener libres de residuos e impurezas que puedan obstruir su funcionamiento "realizar aseo", verificar estado de rodamientos	diario	Operador	
	TAMBOR CONDUCCION				
	GRUPO DE RODILLOS	Realizar aseo.	diario	Mecanico	
	CINTA TRANSPORTADORA	Verificar que se encuentre alineada con las guías y realizar aseo.			
	RODAMIENTO	Estado de lubricación y desgaste de la pieza no debe estar por debajo de las condiciones de trabajo óptimas	MENSUAL	Mecanico	
	TENSOR				
	RASPADOR	Realizar aseo y verificar que se encuentre centrado.	MENSUAL	Mecanico	
	ELEMENTOS MECANICOS DEL MOTOR		TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE
	REVISAR VISUALMETE LA PARTE EXTERNA DEL MOTOR	Se debe buscar indicios que puedan provocar fallas a futuro, como sobrecalentamiento, olores, ruidos o vibraciones.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	Operador	
	RODAMIENTOS	En caso de que estos presenten ruido o desajuste, se debe considerar un problema de lubricación, por acumulación de contaminantes o polvo, lo cual lleva a un desgaste prematuro de las piezas, por lo tanto, esta debe ser reemplazada.	SEMESTRAL	Mecanico	
	BOBINADO DEL MOTOR	Desarma el motor evitando maltratar el bobinado, si hay corrosión en la bobina, realizar limpieza con un cepillo suave de material no conductor o con liquido dieléctrico, se recomienda hacerlo en posición vertical, se debe secar bien tanto el rotor como el estator antes de armar, y en caso de que de ser necesario reemplazar los rodamientos.	ANUAL	Electricista	
	REDUCTORA	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA		
	CARCASA	Revisar que la tornillería se encuentre ajustada, en caso contrario requintar. Realizar inspección visual y descartar fugas de aceite y sobre vibraciones.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	Mecanico	
	EJE DE SALIDA	Detectar vibraciones, y revisar que gire sin sobre esfuerzo.	ANUAL		
	GRUPO DE RETENEDORES	Cambiar los retenes de las tapas, para ayudar a quitar la tapa se puede golpear esquiado, utilizando martillo de goma para no dañar el orín que contiene la tapa (Este también se debe reemplazar), una vez terminado, ajustar de forma uniforme.	SEGÚN NECESARIO		
	TORNILLO DE VENTILACION	El orificio de ventilación se tapa con impurezas, es necesario estar limpiado para evitar que este se obstruya	MENSUAL		
GRUPO DE PIÑONES	Se debe revisar el estado del conjunto de piñones, realizar una inspección visual de los dientes y contacto entre sí, en caso de presentar desgaste, se debe reemplazar la pieza	SEGÚN INSPECCION VISUAL			
GRUPO DE RODAMIENTOS	Lubricar, grupo de rodamientos, en caso de que los rodamientos se encuentren desgastados, trabajando en seco, se deben reemplazar	ANUAL			
CAMBIO DE ACEITE	Se debe retirar el tornillo de evacuación de aceite (dejar escurrir) una vez termino de escurrir, se limpia el tapón y para mayor seguridad se recubre con teflón, se atornilla el tapón y se retiran residuos, por ultimo se retira el tapón superior y se agrega de aceite mineral (Telu 68).	SEGÚN INSPECCION VISUAL			
TODO EL EQUIPO	PINTURA	ANUAL			

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

EQUIPO	ELEMENTOS MECANICOS ESTRUCTURA	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE
REJILLA MEDIA No 1	PIÑÓN DE EJE MOTRIZ Y EJE CONDUCIDO	Se debe revisar el desgaste del piñón de arrastre o eje motriz y eje conducido, este varía según las condiciones de trabajo en las que se encuentre la máquina, la forma en la que se determina el estado del piñón, es por medio de inspección visual en la cual se evalúa el desgaste de los dientes o corona, si estos se encuentran por debajo de la escala original es momento de reemplazar la pieza, si la cadena de rodillos comienza a patinar sobre el piñón es otro determinante para reemplazar la pieza.	ANUAL	Mecanico
	EJE MOTRIZ	Verificar que se encuentre ajustado y que no trabaje forzado, en caso de presentar vibración, ajustar, en caso de presente ruido al girar, lubricar con grasa y revisar rodamientos del mismo.	SEMESTRAL	
	CADENA DE RODILLOS	Se debe mantener aseada ya que las impurezas acumuladas entre los rodillos pueden provocar que se des encarrile obstruyendo el encavamiento sobre el piñón de arrastre, también se debe realizar inspección de forma visual donde se verifique el desgaste de los rodillos, en caso tal de tener un alto nivel de desgaste deben ser reemplazados.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	
	RASTRILLO	Mantener aseado evitando sobreacumulación de solidos que interfieran con su operatividad, siempre debe operar de forma horizontal a 90° con respecto a la cadena de rodillos, en caso contrario se debe corregir su posición.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	
	ESLABON DE CADENA	Se debe verificar que esté trabajando en su posición original, ya que este tiende a moverse y es quien soporta la tensión máxima que se genera al momento de operar.	SEMESTRAL	
	ESTRUCTURA (CHASIS)	Realizar aseo para evitar que este se sobre contamine, revisar que la tornillería se encuentre ajustada.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	operador
	PALA LIMPIADORA	El eje de la pala limpiadora tiende a moverse de su posición original, provocando que este se recueste sobre el piñón de eje motriz, en caso tal se debe regresar a su posición.	SEGÚN INSPECCION VISUAL	
	REJA	Realizar aseo para evitar que se sobre cargue con sólidos y obstruya el paso de agua a través de ella.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	
	ELEMENTOS MECANICOS DEL MOTOR	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	
	REVISAR VISUALMETE LA PARTE EXTERNA DEL MOTOR	Se debe buscar indicios que puedan provocar fallas a futuro, como sobrecalentamiento, olores, ruidos o vibraciones.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	Operador
	CAJA DE CONEXIÓN	Primero se debe des energizar el motor para limpiar el interior de la caja de conexión, también se debe verificar que los terminales de conexión se encuentren ajustados.	SEGÚN INSPECCION VISUAL	Electricista
	GRASERAS DE LOS RODAMIENTOS	Lubricar las graseras de los rodamientos del motor eléctrico. (Si las posee).	DOS VECES POR SEMANA	Mecanico
	RODAMIENTOS	En caso de que estos presenten ruido o desajuste, se debe considerar un problema de lubricación, por acumulación de contaminantes o polvo, lo cual lleva a un desgaste prematuro de las piezas, por lo tanto, esta debe ser reemplazad	SEMESTRAL	
	ESCOBILLAS	Deberán ser sustituidas en tiempo hábil, antes de pasar la marca de desgaste que se indica sobre las mismas (ver marca de desgaste), de ser necesario reemplazar las escobas, a la hora de montar deberán asentar con una presión uniforme sobre la superficie de contacto.	SEMESTRAL	
	BOBINAS DEL ESTATOR Y ROTOR	Desarma el motor evitando maltratar el bobinado, si hay corrosión en la bobina, realizar limpieza con un cepillo suave de material no conductor o con liquido dieléctrico, se recomienda hacerlo en posición vertical, se debe secar bien tanto el rotor como el estator antes de armar, y en caso de que de ser necesario reemplazar los rodamientos.	ANUAL	Electricista
	ENTRADA DE AIRE "SISTEMA DE REFRIGERACION"	Se debe hacer inspección visual de la entrada de aire y en caso de encontrarse con exceso de suciedad, desmontar y realizar aseo, puede hacerse de forma manual o utilizando aire comprimido.	SEGÚN INSPECCION VISUAL	Operador
	ELEMENTOS MECANICOS CAJA REDUCTORA	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE
	CARCASA	Revisar que la tornillería se encuentre ajustada, en caso contrario requintar. Realizar inspección visual y descartar fugas de aceite y sobre vibraciones.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	Mecanico
	EJE DE SALIDA	Detectar vibraciones, y revisar que gire sin sobre esfuerzo.	ANUAL	
	GRUPO DE RETENEDORES	Cambiar los retenes de las tapas, para ayudar a quitar la tapa se puede golpear esquiado, utilizando martillo de goma para no dañar el orín que contiene la tapa (Este también se debe reemplazar), una vez terminado, ajustar de forma uniforme.	SEMESTRAL	
TORNILLO DE VENTILACION	El orificio de ventilación se tapa con impurezas, es necesario estar limpiado para evitar que este se obstruya.	SEGÚN INSPECCION VISUAL	Operador	
GRUPO DE RODAMIENTOS	Se debe verificar el estado de los rodamientos, en caso de que se encuentren desgastados, trabajando en seco, reemplazar	ANUAL	Mecanico	
CAMBIO DE ACEITE	Se debe retirar el tornillo de evacuación de aceite (dejar escurrir) una vez termino de escurrir, se limpia el tapón y para mayor seguridad se recubre con teflón, se atornilla el tapón y se retiran residuos, por ultimo se retira el tapón superior y se agrega aceite mineral (Telu 68).	SEGÚN INSPECCION VISUAL		

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

EQUIPO	ELEMENTOS MECANICOS ESTRUCTURA	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE
NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA: TORNILLO SIN FIN REJAS MEDIAS	TOLVA	Se debe realizar aseo una vez se termine de operar para evitar sobre carga de impureza, ya que estas pueden provocar el atascamiento entre el tornillo la batea y el compactador.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	Operador
	BATEA			
	TORNILLO SIN FIN			
	COMPACTADOR			
	RODAMIENTOS	En caso de que estos presenten ruido o desajuste, se debe considerar un problema de lubricación, por acumulación de contaminantes o polvo, lo cual lleva a un desgaste prematuro de las piezas, por lo tanto, esta debe ser reemplazada.	SEMESTRAL	Mecanico
	BOBINADO DEL MOTOR	Desarma el motor evitando maltratar el bobinado, si hay corrosión en la bobina, realizar limpieza con un cepillo suave de material no conductivo o con liquido dieléctrico, se recomienda hacerlo en posición vertical, se debe secar bien tanto el rotor como el estator antes de armar, y en caso de que de ser necesario reemplazar los rodamientos.	ANUAL	Electricista
	ELEMENTOS MECANICOS CAJA REDUCTORA	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	
	CARCASA	Revisar que la tornillería se encuentre ajustada, en caso contrario requintar. Realizar inspección visual y descartar fugas de aceite y sobre vibraciones.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	Mecanico
	EJE DE SALIDA	Detectar vibraciones, y revisar que gire sin sobre esfuerzo.	ANUAL	
	GRUPO DE RETENEDORES	Cambiar los retenes de las tapas, para ayudar a quitar la tapa se puede golpear esquiado, utilizando martillo de goma para no dañar el orín que contiene la tapa (Este también se debe reemplazar), una vez terminado, ajustar de forma uniforme.	SEMESTRAL	
TORNILLO DE VENTILACION	El orificio de ventilación se tapa con impurezas, es necesario estar limpiado para evitar que este se obstruya	MENSUAL		
GRUPO DE PIÑONES	Se debe revisar el estado del conjunto de piñones, realizar una inspección visual de los dientes y contacto entre si, en caso de presentar desgaste, se debe reemplazar la pieza	SEGÚN INSPECCION VISUAL		
GRUPO DE RODAMIENTOS	Se debe verificar el estado de los rodamientos, en caso de que se	ANUAL		
CAMBIO DE ACEITE	Se debe retirar el tornillo de evacuación de aceite (dejar escurrir) una vez termino de escurrir, se limpia el tapón y para mayor seguridad se recubre con teflón, se atornilla el tapón y se retiran residuos, por ultimo se retira el tapón superior y se agrega de aceite mineral (Telu 68).	SEGÚN INSPECCION VISUAL		

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

EQUIPO	ELEMENTOS MECANICOS ESTRUCTURA	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE	
REJILLA FINA No 1	PIÑON DE EJE MOTRIZ Y EJE CONDUCIDO	Se debe revisar el desgaste del piñón de arrastre o eje motriz y eje conducido, este varía según las condiciones de trabajo en las que se encuentre la máquina, la forma en la que se determina el estado del piñón, es por medio de inspección visual en la cual se evalúa el desgaste de los dientes o corona, si estos se encuentran por debajo de la escala original es momento de reemplazar la pieza, si la cadena de rodillos comienza a patinar sobre el piñón es otro determinante para reemplazar la pieza.	ANUAL	Mecanico	
	EJE MOTRIZ	Verificar que se encuentre ajustado y que no trabaje forzado, en caso de presentar vibración, ajustar, en caso de presente ruido al girar, lubricar con grasa y revisar rodamientos del mismo.	SEMESTRAL		
	CADENA	Se debe mantener aseada ya que las impurezas acumuladas entre la cadena y las guías de la estructura por donde esta se desplaza puede causar obstrucción provocando un paro de emergencia, también se debe verificar que este templada o en su defecto que no halla excedido su vida útil en función de su alargamiento a través del tiempo, verificar que se encuentre lubricada siempre.			
	CEPILLO DE LIMPIEZA	Mantener aseado evitando sobreacumulación de solidos que interfieran con su operatividad. Revisar estado de chumaceras.	MENSUAL		
	ESLABON DE CADENA	Se debe verificar que esté trabajando en su posición original, ya que este tiende a moverse y es quien soporta la tensión máxima que se genera al momento de operar.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO		
	ESTRUCTURA (CHASIS)	Realizar aseo para evitar que este se sobre contamine, revisar que la tornillería se encuentre ajustada.	Operador		
	CHUMACERAS Y RODAMIENTOS	Se debe revisar el estado de las chumaceras de la estructura, sin fisuras o desajuste, posteriormente verificar que estén lubricadas.	MENSUAL		
	ELEMENTOS MECANICOS DEL MOTOR		TAREA DEL MANTENIMIENTO		FRECUENCIA
	REVISAR VISUALMETE LA PARTE EXTERNA DEL MOTOR	Se debe buscar indicios que puedan provocar fallas a futuro, como sobrecalentamiento, olores, ruidos o vibraciones.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	Operador	
	CAJA DE CONEXIÓN	Primero se debe desenergizar el motor para limpiar el interior de la caja de conexión, también se debe verificar que los terminales de conexión se encuentren ajustados.	SEGÚN INSPECCION VISUAL	Electricista	
	GRASERAS DE LOS RODAMIENTOS	Lubricar las graseras de los rodamientos del motor eléctrico. (Si las posee).	DOS VECES POR SEMANA	Mecanico	
	RODAMIENTOS	En caso de que estos presenten ruido o desajuste, se debe considerar un problema de lubricación, por acumulación de contaminantes o polvo, lo cual lleva a un desgaste prematuro de las piezas, por lo tanto, esta debe ser reemplazada.	SEMESTRAL		
	ESCOBILLAS	Deberán ser sustituidas en tiempo hábil, antes de pasar la marca de desgaste que se indica sobre las mismas (ver marca de desgaste), de ser necesario reemplazar las escobas, a la hora de montar deberán asentar con una presión uniforme sobre la superficie de contacto.	SEGÚN INSPECCION VISUAL	Electricista	
	BOBINAS DEL ESTATOR Y ROTOR	Desarma el motor evitando maltratar el bobinado, si hay corrosión en la bobina, realizar limpieza con un cepillo suave de material no conductor o con liquido dieléctrico, se recomienda hacerlo en posición vertical, se debe secar bien tanto el rotor como el estator antes de armar, y en caso de que de ser necesario reemplazar los rodamientos.	ANUAL	Mecanico	
	ENTRADA DE AIRE "SISTEMA DE REFRIGERACION"	Se debe hacer inspección visual de la entrada de aire y en caso de encontrarse con exceso de suciedad, desmontar y realizar aseo, puede hacerse de forma manual o utilizando aire comprimido.	SEGÚN INSPECCION VISUAL	Operador	
	ELEMENTOS MECANICOS CAJA REDUCTORA		TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	
	CARCASA	Revisar que la tornillería se encuentre ajustada, en caso contrario requintar. Realizar inspección visual y descartar fugas de aceite y sobre vibraciones.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	Mecanico	
	EJE DE SALIDA	Detectar vibraciones, y revisar que gire sin sobre esfuerzo.	ANUAL		
	GRUPO DE RETENEDORES	Cambiar los retenes de las tapas, para ayudar a quitar la tapa se puede golpear esquiado, utilizando martillo de goma para no dañar el orín que contiene la tapa (Este también se debe reemplazar), una vez terminado, ajustar de forma uniforme.	SEMESTRAL		
	TORNILLO DE VENTILACION	El orificio de ventilación se tapa con impurezas, es necesario estar limpiado para evitar que este se obstruya	MENSUAL		
GRUPO DE PIÑONES	Se debe revisar el estado del conjunto de piñones, realizar una inspección visual de los dientes y contacto entre si, en caso de presentar desgaste, se debe reemplazar la pieza	SEGÚN INSPECCION VISUAL			
GRUPO DE RODAMIENTOS	Se debe verificar el estado de los rodamientos, en caso de que se encuentren desgastados, trabajando en seco, reemplazar	ANUAL			
CAMBIO DE ACEITE	Se debe retirar el tornillo de evacuación de aceite (dejar escurrir) una vez termino de escurrir, se limpia el tapón y para mayor seguridad se recubre con teflón, se atornilla el tapón y se retiran residuos, por ultimo se retira el tapón superior y se agrega aceite mineral (Telu 68).	SEGÚN INSPECCION VISUAL			

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

EQUIPO	ELEMENTOS MECANICOS ESTRUCTURA	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA		
TORNILLO SIN FIN REJAS FINAS	TOLVA	Se debe realizar aseo una vez se termine de operar para evitar sobre carga de impureza, ya que estas pueden provocar el atascamiento entre el tornillo la batea y el compactador.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	Mecanico	
	BATEA				
	TORNILLO SIN FIN				
	COMPACTADOR				
	RODAMIENTOS	un problema de lubricación, por acumulación de contaminantes o	SEMESTRAL	Electricista	
	BOBINADO DEL MOTOR	Desarma el motor evitando maltratar el bobinado, si hay corrosión en la bobina, realizar limpieza con un cepillo suave de material no conductivo o con líquido dieléctrico, se recomienda hacerlo en posición vertical, se debe secar bien tanto el rotor como el estator antes de armar, y en caso de que de ser necesario reemplazar los rodamientos.	ANUAL		
	ELEMENTOS MECANICOS CAJA REDUCTORA		TAREA DEL MANTENIMIENTO		FRECUENCIA
	CARCASA	Revisar que la tomillería se encuentre ajustada, en caso contrario requintar. Realizar inspección visual y descartar fugas de aceite y sobre vibraciones.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO		
	EJE DE SALIDA	Detectar vibraciones, y revisar que gire sin sobre esfuerzo.	ANUAL		
	GRUPO DE RETENEDORES	Cambiar los retenes de las tapas, para ayudar a quitar la tapa se puede golpear esquiado, utilizando martillo de goma para no dañar el orín que contiene la tapa (Este también se debe reemplazar), una vez terminado, ajustar de forma uniforme.	SEMESTRAL		
TORNILLO DE VENTILACION	El orificio de ventilación se tapa con impurezas, es necesario estar limpiado para evitar que este se obstruya	MENSUAL			
GRUPO DE PIÑONES	Se debe revisar el estado del conjunto de piñones, realizar una inspección visual de los dientes y contacto entre si, en caso de presentar desgaste, se debe reemplazar la pieza	SEGÚN INSPECCION VISUAL			
GRUPO DE RODAMIENTOS	Se debe verificar el estado de los rodamientos, en caso de que se verifique desgaste, reemplazarlos	ANUAL			
CAMBIO DE ACEITE	Se debe retirar el tornillo de evacuación de aceite (dejar escurrir) una vez termino de escurrir, se limpia el tapón y para mayor seguridad se recubre con teflón, se atornilla el tapón y se retiran residuos, por ultimo se retira el tapón superior y se agrega de aceite mineral (Telu 68).	SEGÚN INSPECCION VISUAL			

	ELEMENTOS MECANICOS DEL MOTOR	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE
EQUIPO BOMBAS HIDROSTAL	PARTE EXTERNA DEL EQUIPO	Lave la bomba con agua a presión y compruebe lo siguiente: - El motor y el cable no han sufrido daños físicos. -Verificar que los tapones OIL Y R y se encuentren ajustados y sellando correctamente, revise el ajuste.	INSPECCION VISUAL PENDIENTE TIEMPO	Operador
	AISLAMIENTO	Revise el aislamiento de los bobinados del motor y cables con un megóhmetro.No mida el aislamiento de los cables de control con los sensores instalados. Estos pueden dañarse por los altos voltajes.	POR DEFINIR	Electricista
	REVISIÓN DEL ACEITE	Pare la bomba con el eje vertical (sobre la brida de succión) y remueva el tapón marcado con "OIL". El aceite debería estar cerca del nivel de este tapón.	CADA 500 HORAS	Mecanico
	IMPULSOR	Revise el estado del impulsor, Limpie con solvente las superficies del cono y el canal Lubrique las superficies del cono en el eje y en la brida impulsor con aceite ligero. A continuación fije el impulsor mediante el perno central. El ajuste correcto del perno central se da dando golpes secos con un martillo al extremo largo de la llave allen.	POR DEFINIR	
	SELLO MECANICO	Extraiga el sello mecánico superior e inferior, La extracción del sello no debe intentarse en el campo. Una vez retirado el sello verifique su estado, parte estacionaria y la parte giratoria en caso de encontrarse desgastado, reemplace la pieza. Una vez terminado, lubrique los O-rings interiores del sello y el eje con aceite ligero. Coloque el sello sobre el eje y empuje hasta que encaje en su ranura. Pude ser necesario utilizar el tubo de PVC o acero como herramienta. A continuación coloque los tres tornillos prisioneros en la parte rotatoria del eje y ajuste firmemente.	POR DEFINIR	
	RODAMIENTOS	Verifique el estado de los rodamientos de la bomba, realice inspección sobre el eje y verifique si el eje está girando libremente, en caso de presentarse desgaste sobre los rodamientos reemplace la pieza.	POR DEFINIR	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

EQUIPO RESPONSABLE	ELEMENTOS MECANICOS ESTRUCTURA	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE
DESARENADOR VORTEX No 1	ESTRUCTURA	Realizar inspección visual de la estructura, buscar indicios que pueda provocar fallas a futuro, sobre vibraciones, alta temperatura o ruidos.	DIARIO	Operador
	MOTOR PRINCIPAL	Desarma el motor evitando maltratar el bobinado, si hay corrosión en la bobina, realizar limpieza con un cepillo suave de material no conductivo o con liquido dieléctrico, se recomienda hacerlo en posición vertical, se debe secar bien tanto el rotor como el estator antes de armar, y en caso de que de ser necesario reemplazar los rodamientos.	SEGÚN SEA NECESARIO	Mecanico
	BOMBA DESARENADORA	Si esta presenta fallas verificar el sello de la bomba, verificar que su motor se encuentre trabajando según sus parámetros rpm y niveles de tensión.		
	DOMO DE CEBADO AL VACIO	Realice limpieza del domo y de la línea de cebado al vacío.	Mensual	Operador
	SENSOR SONIC STAR	Realice limpieza del sensor con agua a baja presión.	cada 2 años	Instrumentista
	SENSOR SONIC STAR	El domo debe ser reemplazado cada dos (2) años a pesar de su apariencia.		
VALVULA DE RETENCION DE FLOTADOR	Esta válvula no debe desensamblarse, pero debe limpiarse.	Mensual	Mecanico	
EQUIPO	ELEMENTOS MECANICOS ESTRUCTURA	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE
NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA: LAVADOR CONICO DE ARENA	ESTRUCTURA	Observe el funcionamiento de la unidad en general y verifique de que se encuentra operando de forma correcta.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	Operador
	AGITADOR	Verifique que el agitador este funcionando de forma correcta según la programación.	MENSUAL	Mecanico
	DESCARGA	Verifique que este libre de materia residual, si no lo esta limpie para evitar cualquier obstrucción.		
	PERNOS	Compruebe que los pernos de la barra de desgaste esten apretados.		
	TORNILLO ELEVADOR DE ARENA	Verifique el estado del tornillo.		
	MOTORREDUCTOR AGITADOR	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	
	MOTOR Y CAJA REDUCTORA	Observe el estado general de la máquina y compruebe que opera de forma correcta.	DIARIO	Operador
	VENTILADOR	Realice inspección del ventilador de enfriamiento del motor, en caso de que se encuentre con exceso de suciedad, retire y limpie con cuidado garantizando el flujo de aire a través de la rejilla.	MENSUAL	Mecanico
	ACEITE	Compruebe el estado y el nivel de aceite en el motorreductor.	MENSUAL	
	CAMBIO DE ACEITE ANUAL	Drene y reemplace el lubricante en los motorreductores cada 2500 horas de operación.	ANUAL	
	MOTORREDUCTOR ELEVADOR	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	
	MOTOR Y CAJA REDUCTORA	Observe el estado general de la máquina y compruebe que opera de forma correcta.	DIARIO	Mecanico
	VENTILADOR	Observe el estado general de la máquina y compruebe que opera de forma correcta.	DIARIO	
	ACEITE	Compruebe el estado y el nivel de aceite en el motorreductor.	MENSUAL	
CAMBIO DE ACEITE ANUAL	Drene y reemplace el lubricante en los motorreductores cada 2500 horas de operación.	ANUAL		

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

PERCOLADOR					
	TANQUE PRINCIPAL	Realizar inspección visual de los componentes, de ser necesario realizar aseo, evitando la sobrecumulación de impurezas a la entrada de los brazos distribuidores.	MENSUAL	Operador de Turno	
	TAPA TANQUE PRINCIPAL				
NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA: FILTRO PERCOLADOR	BRAZOS " 4 BRAZOS "	Realizar aseo de los brazos "tuberías" y los platillos, retirando las impurezas que se acumulen durante la operación de la máquina.			Operador de Turno
	PLATILLOS				
	TENSORES " 3 TENSORES POR BRAZO"	Se debe verificar la calibración de los mismos de forma tal que, la distribución del peso de los brazos sea homogénea para cada tensor.			Mecanico
	ENGRANAJE COLUMNA CENTRAL	Engrasar , retirar grasa vieja.			Mecanico
	SOPORTE DEL MOTOR	verificar ajuste de la tornillería.			Mecanico
	RODAMIENTOS DEL SOPORTE DE GIRO DE LOS BRAZOS.	Realizar inspección visual de los rodamientos que sostienen los brazos del filtro, desgaste y balanceo sobre el riel de giro.		Mecanico	
	ELEMENTOS MECANICOS DEL MOTOR	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE	
	REVISAR VISUALMENTE LA PARTE EXTERNA DEL MOTOR	Se debe buscar indicios que puedan provocar fallas a futuro, como sobrecalentamiento, olores, ruidos o vibraciones	MENSUAL	Tecnico electricista	
	EJE DE SALIDA	Detectar vibraciones, y revisar que gire sin sobre esfuerzo.	ANUAL	Mecanico	
	GRUPO DE RETENEDORES	golpear esquiado, utilizando martillo de goma para no dañar el orín que contiene la tapa (Este también se debe reemplazar), una vez	SEMESTRAL	Mecanico	
	TORNILLO DE VENTILACION	El orificio de ventilación se tapa con impurezas, es necesario estar limpiado para evitar que este se obstruya	MENSUAL	Mecanico	
	GRUPO DE PIÑONES	Se debe revisar el estado del conjunto de piñones, realizar una inspección visual de los dientes y contacto entre si, en caso de presentar desgaste, se debe reemplazar la pieza	MENSUAL	Mecanico	
	GRUPO DE RODAMIENTOS	Se debe verificar el estado de los rodamientos, en caso de que se encuentren desgastados, trabajando en seco, se deben reemplazar	ANUAL	Mecanico	
	CAMBIO DE ACEITE	Se debe retirar el tornillo de evacuación de aceite (dejar escurrir) una vez termino de escurrir, se limpia el tapón y para mayor seguridad se recubre con teflón, se atornilla el tapón y se retiran residuos, por ultimo se retira el tapón superior y se agrega aceite mineral.	SEGÚN INSPECCION VISUAL	Mecanico	
SOPLADORES TANQUE DE CONTACTO					
ESQUIPO	ELEMENTOS MECANICOS DEL EQUIPO	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE	
NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA: SOPLADOR TANQUE DE CONTACTO ABC MAPNER SEM 35 #1	FILTRO DE AIRE	Se debe realizar inspección visual y dependiendo del estado del elemento filtrante se determina si se realiza limpieza, con aire comprimido o si se debe reemplazar la pieza.	SEMESTRAL	Mecanico	
	NÚCLEO SOPLANTE	Es normal que eventualmente se presenten adherencias de productos sobre la superficie de los émbolos y periferia del estator, pueden generar ruidos extraños y desequilibrios en los elementos rotantes, en estos casos y dependiendo de la naturaleza de los sedimentos se utilizará el producto adecuado para su disolución, petróleo, Tras la limpieza interna del núcleo soplante es preciso proceder al cambio del aceite lubricante de los cárteres, asimismo se debe verificar la transparencia de los visores de aceite. gasoil, spray limpiador, vapor recalentado, etc. Para verificar las incrustaciones y realizar las operaciones de limpieza se debe desmontar el filtro de aspiración y la tubería de impulsión.			
CODIGO: PTARYU-TS-MT-SO-01-75HP-440V-ROT	ENGRANAJES DE SINCRONIZADO	Se debe verificar que el par de engranajes se encuentre templado y rectificado con precisión según DIN.867-6.1 1 que asegura un funcionamiento suave, reduciendo al mínimo el frotamiento y consecuentemente la potencia mecánica absorbida.	MENSUAL	Mecanico	
	TRANSMISION	Verificar el estado de las correas de transmisión, en caso de presentar alto nivel de desgaste reemplazar la pieza.	ANUAL	Mecanico	
	MOTOR DE ACCIONAMIENTO	Detectar sobrecargas en el motor, defectos en los rodamientos del motor, u otros defectos de origen mecánico. Reparar o reemplazar las piezas defectuosas			
	VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN	evitar renciones que puedan generar deformaciones en los componentes de la válvula.			
	VÁLVULA ANTIRETORNO	Verificar funcionamiento de la válvula anti retorno			
	DETECTOR DE COLMATACIÓN	Verificar el valor máximo de presión generado por el filtro no debe exceder los 65 mbar.			
	NIVEL DE ACEITE	El nivel adecuado de aceite en la máquina se sitúa en el centro de la mirilla colocada directamente sobre el cárter del equipo.	MENSUAL	Mecanico	
	CAMBIO DE ACEITE	Sustituir el aceite recomendado por el fabricante.	ANUAL	Mecanico	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

ESTACION BOMBEO DE LODOS				
NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA: BOMBA DE LODOS No 1	ELEMENTOS MECANICOS DEL MOTOR No 1	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE
		PARTE EXTERNA DEL MOTOR	Revisar visualmente indicios que puedan provocar fallas a futuro, como sobrecalentamiento, olores, ruidos o vibraciones.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO
	GRASERAS	Se debe lubricar las diferentes graseras que tiene el equipo tanto las que corresponden al motor como las de la bomba centrífuga, posteriormente retirar la grasa sobrante y limpiar el equipo.	SEMANAL	
	VENTILADOR	Realizar limpieza.	SEMANAL	
	EJE DEL MOTOR	Revisar el estado del eje de salida del motor, debe estar trabajando sin sobre esfuerzo, verificar que el acople con el eje de la bomba se encuentre ajustado y lubricado.	QUINCENAL	
	RODAMIENTOS	En caso de que estos presenten ruido o desajuste, se debe considerar un problema de lubricación, por acumulación de contaminantes o polvo, lo cual lleva a un desgaste prematuro de las piezas, por lo tanto, esta debe ser reemplazada.	QUINCENAL	
	BOBINADO DEL MOTOR	la bobina, realizar limpieza con un cepillo suave de material no conductivo o con líquido dieléctrico, se recomienda hacerlo en posición vertical, se debe secar bien tanto el rotor como el estator antes de armar, y en caso de que de ser necesario reemplazar los rodamientos.	ANUAL	
NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA: BOMBA DE LODOS No 1	ELEMENTOS MECANICOS HIDROSTAL No 1	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE
	REVISAR VISUALMETE LA PARTE EXTERNA DE LA BOMBA	Se debe buscar indicios que puedan provocar fallas a futuro, como sobrecalentamiento, olores, ruidos o vibraciones.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	Operador
	GRASERAS	Se debe lubricar las diferentes graseras que tiene el equipo tanto las que corresponden al motor como las de la bomba centrífuga, posteriormente retirar la grasa sobrante y limpiar el equipo.	SEMANAL	Mecanico
	EJE DE LA BOMBA	Revisar el estado del eje de salida de la bomba, debe estar trabajando sin sobre esfuerzo, verificar que el acople con el eje de del motor se encuentre ajustado y lubricado.	QUINCENAL	Operador
	RODAMIENTOS	En caso de que estos presenten ruido o desajuste, se debe considerar un problema de lubricación, por acumulación de contaminantes o polvo, lo cual lleva a un desgaste prematuro de las piezas, por lo tanto, esta debe ser reemplazada.	QUINCENAL	
	EMPAQUES	Verificar su estado y en caso de no estar sellando bien reemplazar.	ANUAL	
	RETENES	Verificar su estado y en caso de no estar sellando bien reemplazar.	ANUAL	
	IMPULSOR	Realizar inspección visual de las paletas, realizar aseo.	ANUAL	
	VOLUTA	Realizar inspección visual del estado de la pieza junto con la voluta	ANUAL	
	BOMBA DE LODOS No 2	ELEMTO MECANICOS DEL MOTOR No 2	TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
PARTE EXTERNA DEL MOTOR		Revisar visualmente y auditivamente indicios que puedan provocar fallas a futuro, como sobrecalentamiento, olores, ruidos o vibraciones.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	Operador
GRASERAS		Se debe lubricar las diferentes graseras que tiene el equipo tanto las que corresponden al motor como las de la bomba centrífuga, posteriormente retirar la grasa sobrante y limpiar el equipo.	SEMANAL	Mecanico
VENTILADOR		Realizar limpieza.	SEMANAL	
EJE DEL MOTOR		Revisar el estado del eje de salida del motor, debe estar trabajando sin sobre esfuerzo, verificar que el acople con el eje de la bomba se encuentre ajustado y lubricado.	QUINCENAL	
RODAMIENTOS		En caso de que estos presenten ruido o desajuste, se debe considerar un problema de lubricación, por acumulación de contaminantes o polvo, lo cual lleva a un desgaste prematuro de las piezas, por lo tanto, esta debe ser reemplazada.	QUINCENAL	
BOBINADO DEL MOTOR		Desarma el motor evitando maltratar el bobinado, si hay corrosión en la bobina, realizar limpieza con un cepillo suave de material no conductivo o con líquido dieléctrico, se recomienda hacerlo en posición vertical, se debe secar bien tanto el rotor como el estator antes de armar, y en caso de que de ser necesario reemplazar los rodamientos.	ANUAL	
ELEMTO MECANICOS HIDROSTAL No 2		TAREA DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE
PARTE EXTERNA DE LA BOMBA		Se debe buscar indicios que puedan provocar fallas a futuro, como sobrecalentamiento, olores, ruidos o vibraciones.	SIEMPRE QUE ESTE EN FUNCIONAMIENTO	Operador
GRASERAS		Se debe lubricar las diferentes graseras que tiene el equipo tanto las que corresponden al motor como las de la bomba centrífuga, posteriormente retirar la grasa sobrante y limpiar el equipo.	SEMANAL	Mecanico
EJE DE LA BOMBA		Revisar el estado del eje de salida de la bomba, debe estar trabajando sin sobre esfuerzo, verificar que el acople con el eje de del motor se encuentre ajustado y lubricado.	QUINCENAL	
RODAMIENTOS		En caso de que estos presenten ruido o desajuste, se debe considerar un problema de lubricación, por acumulación de contaminantes o polvo, lo cual lleva a un desgaste prematuro de las piezas, por lo tanto, esta debe ser reemplazada.	QUINCENAL	
EMPAQUES		Verificar su estado y en caso de no estar sellando bien reemplazar.	ANUAL	
IMPULSOR		Realizar inspección visual de las paletas, realizar aseo	ANUAL	
CARCASA	Realizar inspección visual del estado de la pieza junto con la voluta	ANUAL		

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

ANEXO B

RUTA DE LUBRICACION EQUIPOS PTAR YUMBO					
EQUIPO		FRECUENCIA	TIPO DE LUBRICANTE	REFERENCIA	RESPONSABLE
Compuerta plana deslizante	Lubricación del vástago	Mensual	Grasa	Grasa a base de grafito	Tecnico Mecanico
Rejillas de cribado grueso y medio	Lubricación de rodamientos y cajas reductoras	Quincenal	Grasa	NLGI grado 3, base aceite mineral con jabón de litio	Tecnico Mecanico
Banda transportadora rejillas gruesas	Lubricación de chumaceras y cajas reductoras	Quincenal	Grasa	Grasa NLGI grado 3, base aceite mineral con jabón de litio	Tecnico Mecanico
Desarenador Vortex	Lubricación de rodamientos y motores	Quincenal	Grasa	Grasa ISO 220 EP	Tecnico Mecanico
Filtro percolador	Lubricación del engranaje de la columna central	Mensual	Grasa	Grasa NLGI grado 2	Tecnico Mecanico
Sedimentador	Lubricación de caja de engranajes	Mensual	Aceite	Aceite mineral ISO VG-220	Tecnico Mecanico
Bomba centrífuga Hidrostal	Lubricación de rodamientos y graseras	Quincenal	Grasa	Grasa SKF LGHT 3	Tecnico Mecanico
Sopladores MAPNER	Lubricación de los cárteres de aceite	Mensual	Aceite	Aceite sintético MAPNER o ISO VG-150/220 según temperatura	Tecnico Mecanico
Bombas de cavidad progresiva NEMO (bombas de lodos)	Lubricación de rodamientos y juntas	Mensual	Grasa	Grasa a base de aceite mineral	Tecnico Mecanico
Bombas Axiales Diesel y Eléctricas Lubricación de rodamientos, embrague y reductor Mensual (Bombas EBAR)	MOTOR DIESEL	Cada 250 horas	Aceite	Aceite SAE 30-15W40	Tecnico Mecanico
	MOTOR ELECTRICO	Quincenal	Grasa	Grasa NLGI grado 2	
Decantador	Lubricación de caja de engranajes	Semanal	Grasa	Grasa SKF LGHP 2	Tecnico Mecanico
Bomba Jockey Barmesa	Lubricación de rodamientos	Mensual	Grasa	Grasa multipropósito EP-2	Tecnico Mecanico
Bombas Grundfos	Lubricación de rodamientos	Mensual	Grasa	Grasa multipropósito	Tecnico Mecanico
Desarenador Vortex	Rodamiento superior	Mensual	Grasa	Grasa ISO 220 EP	Tecnico Mecanico
	Rodamiento inferior	Quincenal			
Cepillo Limpiador Rejilla Fina No 1 y No 2	Lubricación de caja reductora	Semestral	Aceite	Aceite mineral ISO VG-220	Tecnico Mecanico
	Banda Transportadora Rejillas Gruesas Lubricación de chumaceras				
Tornillo Transportador Rejillas Medias y Finas	Lubricación de caja reductora	Semestral	Aceite	Aceite mineral ISO VG-220	Tecnico Mecanico
Agitador Clasificador de Arenas	Lubricación de caja reductora	Semestral	Aceite	Aceite mineral ISO VG-220	Tecnico Mecanico
Tornillo Lavador de Arena	Lubricación de caja reductora	Semestral	Aceite	Aceite mineral ISO VG-220	Tecnico Mecanico
Bombas de Vacío del Sistema de Cebado.	Lubricación de motores eléctricos	Quincenal	Grasa	Grasa NLGI grado 2	Tecnico Mecanico
Motores de Hélices 1 y 2	Lubricación de caja reductora Semestral	Semestral	Aceite	Aceite mineral ISO VG-220	Tecnico Mecanico
Bombas Grit Pump 1 y 2	Lubricación de motores eléctricos	Quincenal	Grasa	Grasa NLGI grado 2	Tecnico Mecanico
Bomba de Achique	Lubricación de motor eléctrico	Quincenal	Grasa	Grasa NLGI grado 2	Tecnico Mecanico
Bomba de Natas SED-1 y SED-2	Lubricación de motor eléctrico	Quincenal	Grasa	Grasa NLGI grado 2	Tecnico Mecanico
Bomba de Agua Caliente 1 y 2	Lubricación de motor eléctrico	Quincenal	Grasa	Grasa NLGI grado 2	Tecnico Mecanico
Caldera	Limpieza, drenado y regeneración	Anual			Tecnico Mecanico
Sistema Preparador de Solución de Polímero	Verificación de fugas e inspección	Mensual			Tecnico Mecanico
Bomba Dosificadora de Cavidad Progresiva 1 y 2	Lubricación	Mensual	Grasa	Grasa a base de aceite mineral	Tecnico Mecanico
Tornillo Sin Fin - Descarga Lodo Deshidratado	Lubricación de caja reductora	Semestral	Aceite	Aceite mineral ISO VG-220	Tecnico Mecanico

