TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD PASANTÍA

APOYO EN LA GESTIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL QUE PERMITA EL SEGUIMIENTO DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR) SALITRE POR MEDIO DE LOS MANTENIMIENTOS DE LOS EQUIPOS.

Presentado por:

Karen Yulieth Estupiñán Barrera

20181181019

Docente director:

Diego Alejandro Pulgarín Montoya

Director externo:

Jorge Luis González Castro

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Ingeniería Sanitaria

Bogotá – 2023

CONTENIDO

LISTADO DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS 6

1. RESUMEN 7

2. ABSTRACT 8

3. INTRODUCCIÓN 9

4. OBJETIVOS DE LA PASANTÍA 13

4.1. Objetivo General. 13

4.2. Objetivos Específicos. 13

5. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA EMPRESA DONDE SE DESARROLLÓ LA PASANTÍA 14

5.1. Justificación 14

6. PLAN DE TRABAJO 17

7. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES 19

7.1. FASE I. Levantamiento de Información 19

7.2. FASE II. Análisis de la información 21

7.3. Fase III. Estructuración del Software 25

7.4. Fase IV. Análisis de Afectación y Funcionamiento de la PTAR 26

8. ANALISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS 28

8.1. FASE I. Levantamiento de Información 28

8.2. FASE II. Análisis de la información 29

8.3. Fase III. Estructuración del Software 30

8.4. Fase IV. Análisis de Afectación y Funcionamiento de la PTAR 33

8.4.1. Tratamiento Preliminar 33

8.4.2. Tratamiento Primario 35

8.4.3. Tratamiento Secundario 37

8.4.4. Espesamiento y deshidratación de fangos 39

8.4.5. Generación de energía a partir de Biogás. 41

9. CONCLUSIONES 43

10. BIBLIOGRAFÍA 44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 Diagrama de proceso - PTAR SALITRE FASE II. 11
Figura 5-1 Distribución de lotes en la PTAR..... 16
Figura 7-1 distribución de la PTAR SALITRE (Tratamientos principales). 20
Figura 7-2 Ejemplo OTM de los equipos de la PTAR Salitre 23
Figura 7-3 Dificultad de la relación de mantenimientos..... 24
Figura 7-4 Estructura preliminar..... 26
Figura 8-1 Sistema de gestión y aseguramiento de la operación y mantenimiento 30
Figura 8-2 Componentes de ingreso 31
Figura 8-3 Componente por lotes. 31
Figura 8-4 Ejemplo de la información de un equipo. 32
Figura 8-5 estructura del ingreso de información para los mantenimientos. 33
Figura 8-6 Diagrama general de algunos equipos utilizados en el tratamiento preliminar vs el resultado obtenido del proceso..... 34
Figura 8-7 Diagrama general de algunos equipos utilizados en el tratamiento primario vs el resultado obtenido del proceso..... 35
Figura 8-8 Diagrama general de algunos equipos utilizados en el tratamiento secundario vs el resultado obtenido del proceso..... 37
Figura 8-9 Diagrama general de algunos equipos utilizados en el tratamiento de espesamiento y deshidratación de fangos vs el resultado obtenido del proceso 39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6-1 Cronograma de actividades 18
Tabla 7-1 Resumen del consolidado de la información de los mantenimientos de la PTAR Salitre. 21
Tabla 7-2 Nivel de dificultad de los mantenimientos. 24
Tabla 7-3 Nivel de criticidad de repuestos en relación con la ubicación del proveedor 25
Tabla 8-1 Equipos principales distribuidos por lotes..... 28

LISTADO DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS

- PTAR SALITRE: Planta de tratamiento de agua residual El Salitre
- Universidad Distrital FJC: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- OTM: Orden Trabajo Mecánico.
- OTL: Orden Trabajo Lubricación.
- DBO: Demanda Biológica de Oxígeno.
- DQO: Demanda Química de Oxígeno.
- SST: Sólidos suspendidos totales.

1. RESUMEN

En el marco del desarrollo de la pasantía y como parte del trabajo de grado, se ha desarrollado un software libre para el control y seguimiento de los mantenimientos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) El Salitre. El software se basa en la información recopilada de los mantenimientos de los equipos electromecánicos de la planta.

Por un lado, el software abarca los principales procesos que se llevan a cabo en la PTAR Salitre, como la recolección del agua residual, el tratamiento preliminar, primario, secundario, la desinfección, el tratamiento de lodos y la recuperación de energía a través del biogás.

En cuanto al funcionamiento del software, desarrollado en Python, se buscaba mejorar la organización de los documentos relacionados con los mantenimientos, ya que la gestión documental que se ha venido llevando a cabo está generando dificultades en el control, por la magnitud de la información que se maneja en la PTAR. Lo cual, a largo plazo, puede generar impactos negativos en los procesos y operaciones de la planta. Por ejemplo, puede ocasionar la pérdida de rendimiento en la remoción de contaminantes, el aumento del consumo de energía, un mayor riesgo de fallas y tiempos de inactividad no planificados, así como costos significativos de reparación y reemplazo.

Por lo tanto, la herramienta desarrollada permite a los operarios ingresar la información obtenida durante los mantenimientos, lo que facilita la detección temprana de equipos que requieren cuidados preventivos o correctivos para prolongar su vida útil.

2. ABSTRACT

As part of the development of the internship and as part of the degree work, a free software has been developed for the control and monitoring of the maintenance of the Waste Water Treatment Plant (WWTP) El Salitre. The software is based on the information collected from the maintenance of the electromechanical equipment of the plant.

On the one hand, the software covers the main processes carried out at the Salitre WWTP, such as wastewater collection, preliminary, primary and secondary treatment, disinfection, sludge treatment and energy recovery through biogas.

Regarding the operation of the software, developed in Python, the aim was to improve the organization of documents related to maintenance, since the document management that has been carried out is generating difficulties in the control, due to the magnitude of the information handled at the WWTP. This, in the long term, can generate negative impacts on the plant's processes and operations. For example, it can cause loss of performance in the removal of pollutants, increased energy consumption, increased risk of failures and unplanned downtime, as well as significant repair and replacement costs.

Therefore, the developed tool allows operators to enter the information obtained during maintenance, which facilitates the early detection of equipment that requires preventive or corrective care to prolong its useful life.

3. INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de los mantenimientos es un aspecto fundamental en el funcionamiento óptimo de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) El Salitre. En este contexto, se ha llevado a cabo el trabajo de grado en modalidad de pasantía en INCOHISA S.A.S con el objetivo de abordar el desafío de mejorar la gestión documental de los mantenimientos en la PTAR, por medio del desarrollo de un software libre (aplicativo) que permita el control y seguimiento de la operación de la PTAR. Este software se basó en la información recopilada de los mantenimientos de los equipos electromecánicos distribuidos en la planta.

A continuación, se mencionan los principales procesos que se llevan a cabo en la PTAR Salitre y que fueron incluidos en el desarrollo del aplicativo:

Línea de agua:

1. Recolección: El agua residual de la cuenca norte de la ciudad (Cuenca El Salitre) es recolectada por el sistema de alcantarillado sanitario siendo transportada por los diferentes interceptores (red troncal) hacia el canal de entrada de la planta. En esta zona se encuentra la estación de bombeo del afluente, la cual está compuesta por 10 bombas que permiten elevar un caudal de hasta $14m^3/s$. Adicionalmente, el sistema cuenta con un bypass que permite ingresar un caudal máximo de $21m^3/s$ en condiciones extremas (SALITRE, s.f.).
2. Tratamiento Preliminar: En esta etapa se realiza la remoción de sólidos gruesos y arenas presentes en las aguas residuales. Para esto se utiliza un sistema de cribado mecánico (Rejas muy gruesas, gruesas y finas) y desarenadores aireados para separar y eliminar estos materiales.
3. Tratamiento Primario: Este proceso permite la remoción de la fracción particulada presente en las aguas residuales. En esta etapa se utiliza la sedimentación primaria, donde los sólidos se separan por gravedad generando un lodo primario.
4. Tratamiento Secundario: Es el proceso biológico de remoción de materia orgánica, principalmente mediante la acción de microorganismos aerobios. En el PTAR Salitre, se utiliza un sistema de lodos activados, el cual está compuesto por reactores anaerobios, tanques aireados y un sistema de clarificadores secundarios.

5. Desinfección: Una vez finalizado el tratamiento biológico, se lleva a cabo la desinfección del agua para eliminar patógenos y microorganismos nocivos. En el PTAR Salitre, se emplea principalmente la desinfección mediante cloro o hipoclorito de sodio.

Línea de lodos:

1. Tratamiento de lodos: Está compuesta por espesadores mecánicos tipo banda, digestores anaerobios mesofílicos y centrifugas de deshidratación, lo que permite alcanzar un lodo con un contenido de sólido superior al 23% (CAR, s.f.).

Línea de Biogás:

1. Recuperación de energía: Durante el proceso de digestión anaerobia, se genera biogás como resultado de la descomposición de los residuos orgánicos. Este biogás, compuesto principalmente por metano, es capturado y utilizado como combustible en equipos de cogeneración donde se produce electricidad y calor, para uso interno de la planta (especialmente para los digestores y los compresores de aire) (SALITRE, s.f.).

Así las cosas, la siguiente imagen se presenta el diagrama de procesos de la planta:

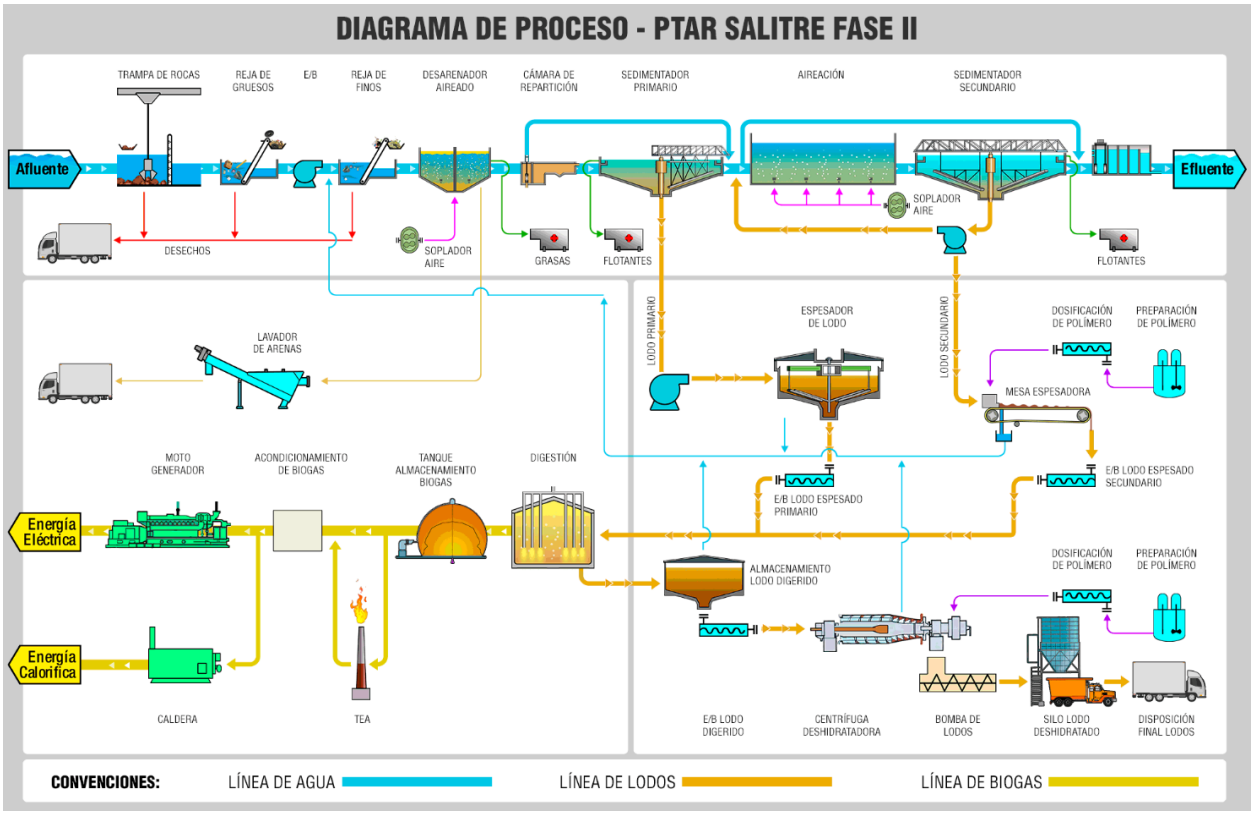


Figura 3-1 Diagrama de proceso - PTAR SALITRE FASE II.

Fuente: Consorcio expansión PTAR SALITRE, 2019.

La necesidad de esta herramienta se produce debido a que se presentan problemáticas relacionadas con la documentación referente a la operación y mantenimiento, ya que al no encontrarse una base de datos consolida la información se encuentra dispersa, por cuánto se dificulta la programación de los mantenimientos a los equipos que pueden traer consecuencias en la vida útil de los mismos.

De modo que se hace necesario la elaboración de una herramienta computacional que se llevó a cabo con el lenguaje de programación Python, en el cual, se cargó la información recopilada en la fase I y II del proyecto que se encuentra consignada en la fase III, elaborada a partir de los conocimientos en la ingeniería sanitaria para proponer una matriz de consolidación de la operación y mantenimiento de los procesos y equipos en la PTAR Salitre. Lo anterior, con el fin de generar de manera automatizada los informes de seguimiento a los mantenimientos aplicados en la PTAR Salitre, en donde se podrán determinar los tiempos específicos, condiciones e insumos para el mantenimiento adecuado en cada uno de los equipos de la PTAR Salitre.

Además, está herramienta servirá para que los operarios puedan ingresar la información que obtienen al haber realizado los mantenimientos, generando la posibilidad de dar alertas a aquellos equipos que requieran de cuidados preventivos o correctivos para alargar la vida útil de los mismos.

Esta iniciativa tuvo como finalidad mejorar la eficiencia operativa, garantizar la trazabilidad de los trabajos realizados y optimizar la toma de decisiones en el ámbito del mantenimiento.

4. OBJETIVOS DE LA PASANTÍA

4.1. Objetivo General.

Categorizar la información de cada equipo utilizado en cada uno de los procesos unitarios de la PTAR Salitre, respecto a los tiempos de operación, mantenimiento y gestión de la operatividad de la planta, con el fin de elaborar una herramienta computacional.

4.2. Objetivos Específicos.

- Recopilar la información relacionada con el mantenimiento para el funcionamiento operacional de las unidades de tratamiento relacionado en los lotes que entran en estudio.
- Relacionar la información obtenida en las listas de verificación a partir de las distintas bases de datos que se manejan en la PTAR Salitre, sobre la operación y mantenimiento, con el fin de mejorar la precisión a lo largo del proceso de tratamiento del agua residual que ingresa a la PTAR.
- Apoyar en la conformación del diseño de la herramienta computacional que permita el seguimiento de los sistemas de tratamiento que se manejan en la planta por medio de la operación y mantenimiento de los equipos de la PTAR, determinando aquellos que requieren mantenimientos preventivos o correctivos.
- Analizar la afectación que tiene el sistema de tratamiento respecto al daño o mal funcionamiento de los equipos que tienen mayor influencia en los procesos de la PTAR.

5. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA EMPRESA DONDE SE DESARROLLÓ LA PASANTÍA

5.1. Justificación

Para el desarrollo del trabajo grado por medio de la empresa INCOHISA S.A.S. (Ingenieros Consultores y Constructores en Hidráulica y Saneamiento S.A.S.) se realizó un contrato con la empresa PTAR Salitre para el desarrollo de un aplicativo, por medio de lenguaje de programación Python, permitiendo el control y seguimiento de la operación para la PTAR Salitre a partir de los mantenimientos a cada uno de los equipos que se encuentran asignados en las divisiones por lotes.

Este aplicativo se propone para la organización de los documentos relacionados con los mantenimientos, debido a que la magnitud de estos genera dificultad en su gestión, lo cual a un largo plazo puede tener impactos negativos en los procesos y operaciones unitarios, por ejemplo:

1. Pérdida de rendimiento en la remoción de contaminantes: Si los equipos de tratamiento, como los clarificadores o tanques de aireación, no se mantienen adecuadamente, pueden verse afectados en su capacidad para remover contaminantes del agua residual de manera efectiva (CONAGUA, 2018). Por ejemplo, una falta de limpieza regular en los equipos de aireación puede reducir la capacidad de transferencia de oxígeno, lo que disminuye la eficiencia del proceso de filtración. También una bomba de agua residual desgastada o con obstrucciones puede no trabajar con el caudal requerido, lo que afecta la capacidad de transporte de los flujos de agua y puede causar problemas de acumulación o estancamiento en la planta (Qasim, 2017).
2. Aumento del consumo de energía: La falta de lubricación, la presencia de fugas en las tuberías o el mal ajuste de los sistemas de control puede derivar en una disminución de la eficiencia de los motores de los equipos y por consiguiente un aumento en el consumo de energía. Este aumento no solo tiene implicaciones económicas, sino que también puede contribuir a una huella ambiental más grande de la planta.
3. Mayor riesgo de fallas y tiempos de inactividad: El mal mantenimiento de los equipos aumenta el riesgo de fallas y tiempos de inactividad no planificados. Si los equipos no se revisan regularmente, pueden ocurrir averías inesperadas que requieren reparaciones prolongadas y costosas. Durante los tiempos de inactividad, la planta puede no ser capaz

de tratar adecuadamente el agua residual, lo que puede resultar en incumplimientos normativos y problemas ambientales (Hossain, 2017).

4. Costos de reparación y reemplazo: Si los equipos no se mantienen adecuadamente, es más probable que se produzcan fallas prematuras o desgaste acelerado, lo que puede resultar en costos significativos de reparación o reemplazo de equipos. Además de los costos directos, los tiempos de inactividad y los retrasos en el proceso de tratamiento pueden tener impactos económicos negativos para la planta y los servicios relacionados (Hernández-Chover, 2020).

Actualmente, el seguimiento de la operación y estado de los equipos de la PTAR Salitre, se realiza mediante el diligenciamiento de formatos establecidos al interior de la planta, estos son digitalizados y almacenados en una base de datos online, esto con el fin de tener acceso y control de los mantenimientos preventivos y correctivos realizados a cada uno de los equipos. Sin embargo, los documentos no se encuentran consolidados, lo cual dificulta la identificación del estado actual de los dispositivos de manera más rápida, por lo que se identificó una oportunidad de mejora, dado que una adecuada gestión de mantenimientos es necesaria para que funcione de forma óptima y se reduzca el riesgo de presentar afectaciones en la eficiencia de la PTAR o discontinuidad en la prestación del servicio.

Por consiguiente, los procesos de la PTAR Salitre se encuentran divididos en 8 lotes (Figura 5-1), sin embargo, para la revisión de la documentación de los equipos se tuvieron en cuenta 5 lotes, del 2 hasta el 6. Esto se debe a que el lote 1 corresponde a la adecuación del predio, el lote 7 a los sistemas auxiliares de la PTAR y los lotes 8 y 9 a la asistencia administrativa. Siendo así, los lotes que entran en estudio corresponden a:

- 2. Obras de Aducción, Tratamiento Preliminar y Primario.
- 3. Tratamiento Secundario y Desinfección.
- 4. Espesamiento y Deshidratación de Fangos.
- 5. Estabilización de Lodos y Recuperación de Energía.
- 6. Infraestructura Para Operación y Mantenimiento (SALITRE, s.f.).



Figura 5-1 Distribución de lotes en la PTAR

Fuente: PTAR SALITRE, 2021.

Por otro lado, el seguimiento de los equipos se realiza directamente en su ubicación y desde el centro de control donde se encuentra el sistema SCADA, lugar donde se opera la PTAR, ya que se encuentra automatizada.

6. PLAN DE TRABAJO

Para la realización de la pasantía se plantearon las actividades correspondientes a las exigencias del proyecto y a los requisitos académicos que demanda la Universidad Distrital FJC. Dichas actividades se resumen a continuación:

1. Recopilación de los datos e información relevante de la PTAR Salitre, tales como bases de datos, informes técnicos y manuales operativos de las unidades de tratamiento relacionadas.
2. Análisis de la información respecto a la funcionalidad de los equipos en los procesos de tratamiento a partir de las bases de datos y de los manuales técnicos de la PTAR, para el desarrollo de la herramienta computacional.
3. Estudio de los datos desde la fecha solicitada por la PTAR Salitre (diciembre, 2021), para recopilar en una sola base de datos la información necesaria para el desarrollo de la herramienta computacional por medio del lenguaje de programación Python, permitiendo mejorar el desarrollo operativo de cada una de las unidades de tratamientos utilizadas en la PTAR.
4. Apoyo en el desarrollo del Software que permita el seguimiento de cada uno de los equipos utilizado en cada uno de los procesos de la PTAR, validando la operatividad del tratamiento de la PTAR y determinando si es necesario un mejoramiento para el tratamiento del agua.

Con el fin de dar cumplimiento a las actividades propuestas se desarrolló un plan de trabajo para cumplir con lo establecido en el Acuerdo 038 de 2015 de la Universidad Distrital FJC, donde se determina que las tareas a realizar deben disponerse en un tiempo no menor a 384 horas. A continuación, se presenta el cronograma de actividades ejecutado para el desarrollo de la pasantía.

Tabla 6-1 Cronograma de actividades

ACTIVIDAD	MES/SEMANA																					
	DICIEMBRE		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO			
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recopilar la información de la PTAR El Salitre en sus distintas bases de datos refrentes a la operación y mantenimiento de los equipos.																						
Verificar el contenido de cada una de las carpetas según el ID o tag del equipo, para establecer si la documentación se encuentra completa.																						
Revisar la información contenida en listas de verificación que han sido diseñadas según el procedimiento de mantenimiento a realizar, determinando las características relevantes de la operación de cada equipo																						
Estructurar la base datos para posteriormente tomar esta información, para el desarrollo del aplicativo.																						
Reportar en la base de datos general aquellas observaciones identificadas sujetas a mejoramiento de los equipos principales y no principales.																						
Analizar la información respecto a la funcionalidad de los equipos en los procesos de tratamiento a partir de las bases de datos y de los manuales técnicos de la PTAR, para el desarrollo de la herramienta computacional.																						
Apoyar en el desarrollo del Software que permita el seguimiento de cada uno de los equipos utilizados en los procesos de la PTAR, validando la operatividad del tratamiento de la PTAR y determinando si es necesario un mejoramiento para el tratamiento del agua.																						
Relacionar una comparación entre la información obtenida en el desarrollo del aplicativo con la información referente en las operaciones llevadas a cabo en la PTAR para analizar la trazabilidad de la funcionalidad de esta.																						
Apoyar elaboración de documentos técnicos.																						

Fuente: Elaborado por el autor, 2022.

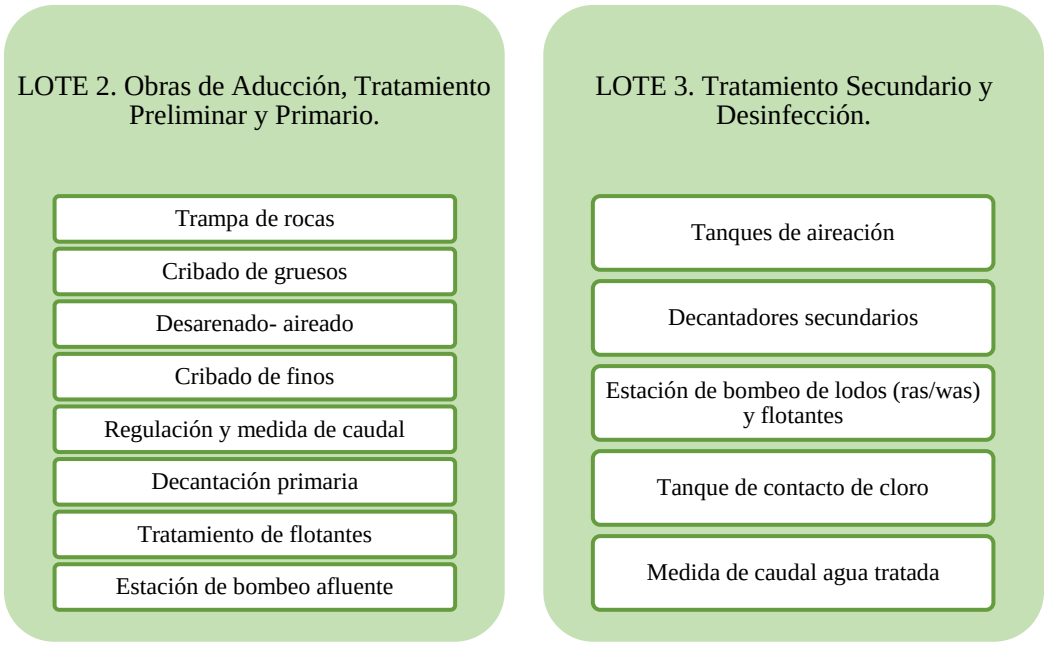
7. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES

7.1. FASE I. Levantamiento de Información

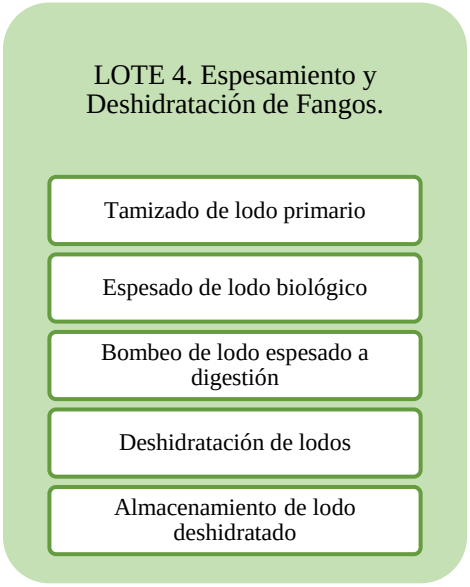
Se llevó a cabo la recopilación de la información desde el 22 de diciembre de 2021 hasta el 10 de noviembre de 2022, utilizando los registros suministrados por la PTAR Salitre. El objetivo era consolidar y organizar la información en una única base de datos, para así facilitar el desarrollo del software.

Durante el proceso de recopilación de información, se identificaron los lotes relevantes que serían de interés para alcanzar los objetivos propuestos, de acuerdo con los procesos realizados en la PTAR.

LÍNEA DE AGUA



LÍNEA DE LODOS



LÍNEA DE BIOGÁS



Figura 7-1 distribución de la PTAR SALITRE (Tratamientos principales).

Fuente: PTAR Salitre, Autor, 2022.

Dentro de la información suministrada por la PTAR Salitre no se encontraron datos registrados del lote 6 (infraestructura para operación y mantenimiento) por tanto, no se tuvo en cuenta el registro de la información para el software.

Adicional a la información de la ubicación de los tratamientos, se determinaron los equipos principales en cada uno de los procesos que permitirá el análisis de la información sobre el funcionamiento de la PTAR Salitre, en el cual se organizaron los manuales de mantenimientos (preventivos, correctivos, lubricación y automatización), dossier de calidad, proveedores de los equipos, certificados de instalación y garantía, planos de los quipos e informes de reparaciones realizadas por los proveedores.

En cuanto a los documentos relacionados con los mantenimientos realizados por el personal de la PTAR se contó con el siguiente número de archivos a revisar, los cuales fueron esenciales para la consolidación de la información:

Descripción	Nro. Equipos	Archivos por revisar
Equipos principales	111	1332
Equipos no principal lote 2	173	2076
Equipos no principal lote 3	267	3204
Equipos no principal lote 4	126	1512
Equipos no principal lote 5	24	288
Equipos no principal lote 7	264	3168
Totales	965	**11580**

Tabla 7-1 Resumen del consolidado de la información de los mantenimientos de la PTAR Salitre.

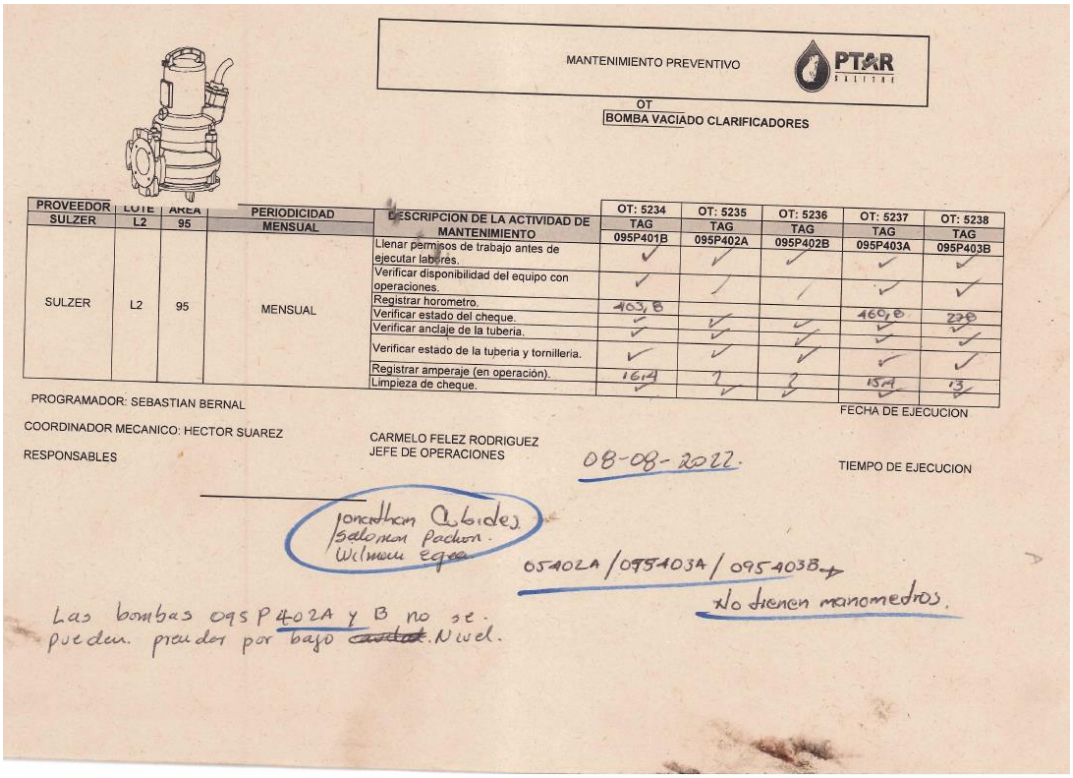
Fuente: Autor, 2022.

7.2. FASE II. Análisis de la información

Se realizó una identificación de cada uno de los documentos relacionados con la operación de la PTAR y se consolidó con el fin de facilitar posteriormente el registro de cada una de las unidades de tratamiento que se encuentran dentro de la PTAR – SALITRE.

Se revisaron 11580 documentos registrados en el repositorio compartido por la PTAR, en el cual la información registrada y almacenada en el repositorio de la PTAR se encontraban documentos escritos a mano, con información que no se podía detallar bien y documentos que se encontraban

incompletos, los cual impedían llevar a cabo la unificación de la información, como se muestra en la Figura 7-2.



MANTENIMIENTO PREVENTIVO

PTAR SALITRE

OT
BOMBA VACIADO CLARIFICADORES

PROVEEDOR	LOTE	AREA	PERIODICIDAD	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	OT: 5234 TAG 095P401B	OT: 5235 TAG 095P402A	OT: 5236 TAG 095P402B	OT: 5237 TAG 095P403A	OT: 5238 TAG 095P403B
SULZER	L2	95	MENSUAL	Llenar permisos de trabajo antes de ejecutar labores.	✓	✓	✓	✓	✓
				Verificar disponibilidad del equipo con operaciones.	✓	✓	✓	✓	✓
				Registrar horometro.	403,8			460,8	228
				Verificar estado del cheque.	✓	✓	✓	✓	✓
				Verificar anclaje de la tuberia.	✓	✓	✓	✓	✓
				Verificar estado de la tuberia y tornilleria.	✓	✓	✓	✓	✓
				Registrar amperaje (en operación).	16,4	?	?	15,4	13
				Limpieza de cheque.	✓	✓	✓	✓	✓

PROGRAMADOR: SEBASTIAN BERNAL

COORDINADOR MECANICO: HECTOR SUAREZ

RESPONSABLES

CARMELO FELEZ RODRIGUEZ
JEFE DE OPERACIONES

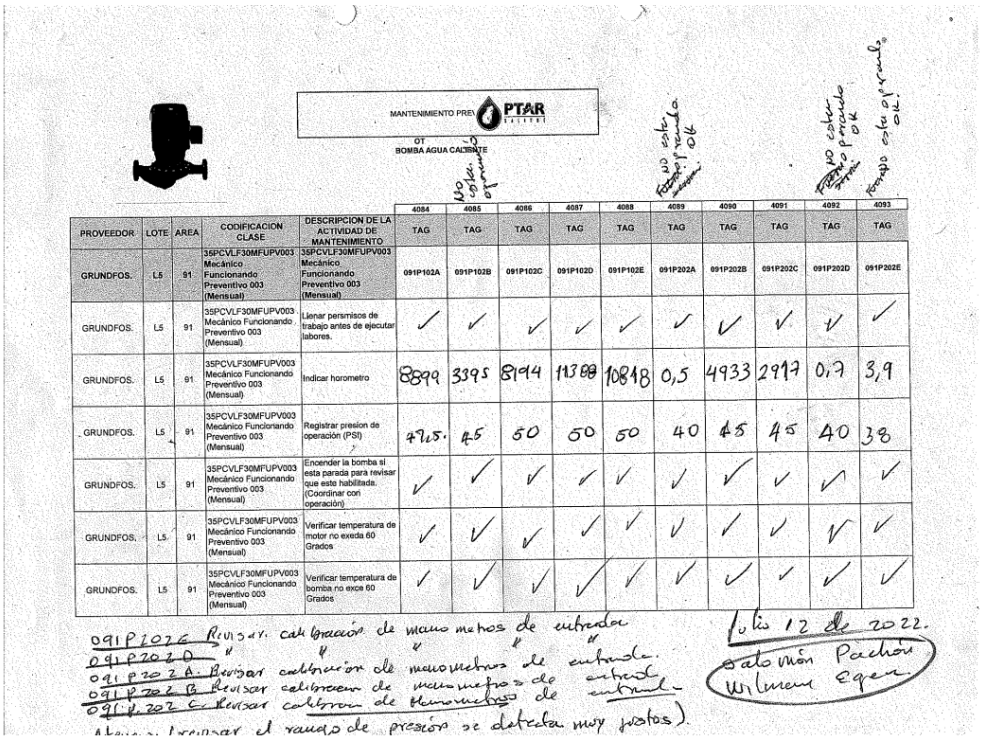
FECHA DE EJECUCION
08-08-2022.

TIEMPO DE EJECUCION

Jonathan Toledo
Salomon Pachon.
Wilmen Egea

095402A / 095403A / 095403B → No tienen manometros.

Las bombas 095P402A y B no se. pueden. prender por bajo ~~caudal~~. Nivel.



MANTENIMIENTO PREV PTAR SALITRE

OT
BOMBA AGUA CALIENTE

Hay que cambiar el manometro

Revisar y cambiar el manometro

Revisar y cambiar el manometro

					4084	4085	4086	4087	4088	4089	4090	4091	4092	4093
PROVEEDOR	LOTE	AREA	CODIFICACION CLASE	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	TAG	TAG	TAG	TAG	TAG	TAG	TAG	TAG	TAG	TAG
GRUNDFOS.	L5	91	35PCVLF30MFUPV003 Mecánico Funcionando Preventivo 003 (Mensual)	35PCVLF30MFUPV003 Mecánico Funcionando Preventivo 003 (Mensual)	091P102A	091P102B	091P102C	091P102D	091P102E	091P202A	091P202B	091P202C	091P202D	091P202E
GRUNDFOS.	L5	91	35PCVLF30MFUPV003 Mecánico Funcionando Preventivo 003 (Mensual)	Llenar persmisos de trabajo antes de ejecutar labores.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
GRUNDFOS.	L5	91	35PCVLF30MFUPV003 Mecánico Funcionando Preventivo 003 (Mensual)	Indicar horometro	8899	3395	8194	11388	10818	0,5	4933	2917	0,7	3,9
GRUNDFOS.	L5	91	35PCVLF30MFUPV003 Mecánico Funcionando Preventivo 003 (Mensual)	Registrar presion de operación (PSI)	4715.	45	50	50	50	40	45	45	40	38
GRUNDFOS.	L5	91	35PCVLF30MFUPV003 Mecánico Funcionando Preventivo 003 (Mensual)	Encender la bomba si esta parada para revisar que este habilitada. (Coordinar con operación)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
GRUNDFOS.	L5	91	35PCVLF30MFUPV003 Mecánico Funcionando Preventivo 003 (Mensual)	Verificar temperatura de motor no exeda 60 Grados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
GRUNDFOS.	L5	91	35PCVLF30MFUPV003 Mecánico Funcionando Preventivo 003 (Mensual)	Verificar temperatura de bomba no exce 60 Grados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

091P102A Revisar y cambiar manometros de entrada
091P102D " " " " "
091P202A Revisar y cambiar manometros de entrada
091P202B Revisar y cambiar manometros de entrada
091P202C Revisar y cambiar manometros de entrada

Nota: Revisar el rango de presión se detectan muy justos).

Julio 12 de 2022.
Salomón Pachón
Wilmen Egea

Figura 7-2 Ejemplo OTM de los equipos de la PTAR Salitre

Fuente: PTAR SALITRE, 2022.

Además, no se encontraron registros de los mantenimientos de la totalidad de los equipos, adicional la información estaba se encontraba cruzada, esto quiere decir que documentos pertenecientes a los mantenimientos del Lote 3 se encontraban en las carpetas del mantenimiento del Lote 1 o 5.

En el consolidado individual por quipo (hoja de vida) se encontraban registrados los ID del reporte de la OTM, sin embargo, no se encontraba el documento que donde se evidenciaran las actividades realizadas en el mantenimiento.

Adicional, para facilitar el desarrollo de las actividades propuestas se planteó un análisis de criticidad en un porcentaje de los equipos en operaciones de la PTAR, con el fin de permitir analizar la trazabilidad de los mantenimientos de la planta y verificar los niveles de dificultad que tienen los equipos al momento de realizar los mantenimientos preventivos o correctivos.

Tabla 7-2 Nivel de dificultad de los mantenimientos.

NIVEL DE DIFICULTAD DE LA REALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO			
NIVEL DE DIFICULTAD	DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE EQUIPOS	% NÚMERO DE EQUIPOS
5	Dificultad alta	91	22.0%
3	Dificultad media	118	28.5%
1	Dificultad baja	205	49.5%

Fuente: PTAR SALITRE, 2022.

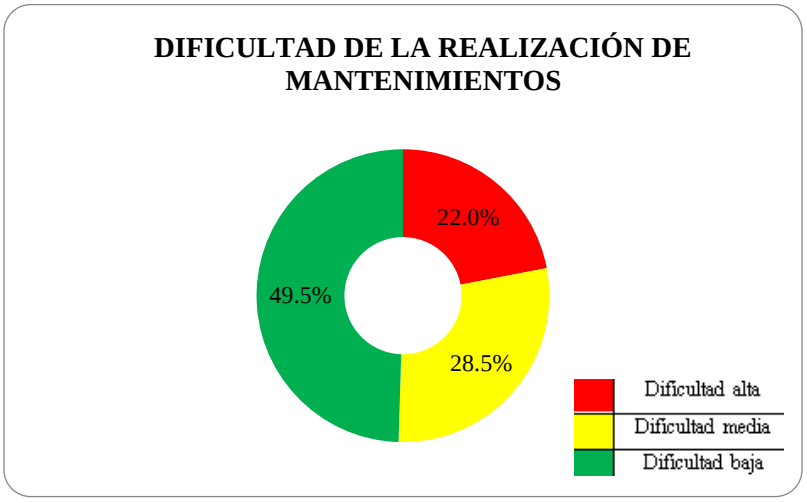


Figura 7-3 Dificultad de la relación de mantenimientos

Fuente: PTAR SALITRE, 2022.

Tabla 7-3 Nivel de criticidad de repuestos en relación con la ubicación del proveedor

CRITICIDAD DE REPUESTOS EN RELACIÓN CON LA UBICACIÓN DE LOS PROVEEDORES			
NIVEL DE CRITICIDAD	**DESCRIPCIÓN**	**NÚMERO DE EQUIPOS**	**% NÚMERO DE EQUIPOS**
5	El proveedor no tiene sede en Colombia.	148	35.8%
1	El proveedor tiene sede en Colombia.	266	64.4%

Fuente: PTAR SALITRE, 2022.

A partir de la información organizada se realiza la estructuración que permitirá el desarrollo del Software.

7.3. Fase III. Estructuración del Software

Con base en la información obtenida de las fases anteriores se hizo una estructuración partiendo de los lineamientos encontrados en las bases de datos de la PTAR Salitre.

- Síntesis en donde se establecen las características relevantes de las actividades llevadas a cabo en cada una de las unidades de tratamientos, administración, operación, mantenimiento, reposición y equipos por finalización de vida útil.
- Localización y características principales por componente.
- Descripción del estado de cada uno de los equipos.
- Resumen de los Programas y planes de contingencia.
- Principales equipos sobre la operatividad de la PTAR fuera de servicio
- Cronograma general de ejecución de actividades. (Figura 7-4).

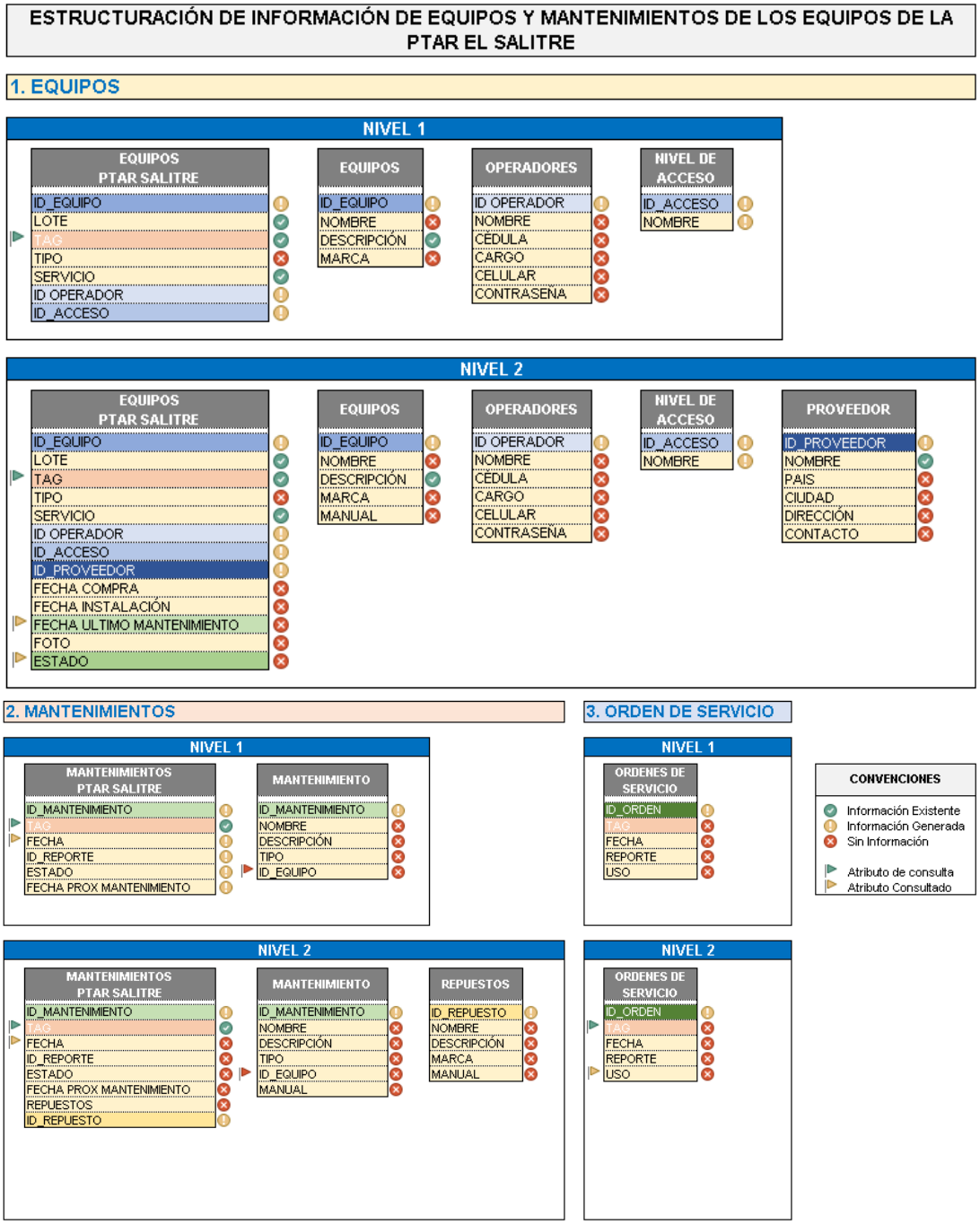


Figura 7-4 Estructura preliminar

Fuente: Autor, 2022.

7.4. Fase IV. Análisis de Afectación y Funcionamiento de la PTAR

En esta fase se determinó realizar un contexto de la importancia de llevar a cabo de manera correcta los lineamientos establecidos para los manteamientos y su aplicabilidad en cada uno de los Lotes,

esto se llevó a cabo mediante la documentación proporcionada por la PTAR Salitre, y en lo consultado en la página de la Empresa de Acueducto de Bogotá (EAAB-ESP).

8. ANALISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

8.1. FASE I. Levantamiento de Información

Durante el levantamiento de la información de las bases de datos de la PTAR Salitre se evidenció una falencia en la organización y depuración de los datos, al momento de relacionar los mismos con la operación y funcionalidad de la PTAR. Por tanto, se realizó la selección de la información relevante de los equipos para el desarrollo del aplicativo, a partir de la división de los equipos principales por lotes, para caracterizar los lotes en los cuales se están presentando mayor número de fallas al momento de realizar los procesos de tratamiento.

Tabla 8-1 Equipos principales distribuidos por lotes

Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5
• Prensa lavado de residuos gruesos • Bomba centrífuga vertical • Compresor aire de servicio pretratamiento • Reja automática en canal • Bomba sumergible • Soplante émbolos rotativos • Concentrador de grasas • Clasificador lavador de arenas • Bombeo vaciado pretratamiento • Puente clarificador primario	• Soplador centrifugo • Bomba del efluente • Bomba recirculacion lodos biologicos • Reactor biológico zona anaerobia • Clarificador secundario • Compresor aire de servicio • Bomba lodos biologicos en exceso • Agitador sumergible • Bomba purga flotantes secundarios • Bomba captacion agua tratada • Bomba dosificacion NaClO	• Espesamiento de lodos secundarios • Compresor de piston • Bomba de lodos a espesadores de banda por gravedad • Agitador sumergible • Bomba lodo deshidratado a silos • Bomba lodos digeridos a deshidratación • Centrifuga	• Compresor de biogás rotativo de anillo líquido • Bomba agua caliente • Bomba recuperación de calor motogeneradores • Bomba vaciado biologico • Aerorefrigerador • Motogenerador • Trampa de condensados

Fuente: PTAR SALITRE, Autor, 2023.

Esta etapa implica recopilar toda la documentación existente que está relacionada con los mantenimientos de los equipos de la PTAR. A continuación, se describe cómo se lleva a cabo esta etapa:

1. Identificación de la documentación relevante: En primer lugar, se identificaron los documentos necesarios para el levantamiento de información. Entre los cuales se encontraban: manuales de equipos, historiales de mantenimiento, registros de inspecciones, informes de averías, programas de mantenimiento preventivo, órdenes de trabajo, certificados de calibración, entre otros. De los cuales únicamente se recopilaron documentos digitales.

2. Recopilación de la documentación: Una vez se identificaron los tipos de documentos necesarios, se revisaron las bases de datos y se solicitó la colaboración del responsable de los mantenimientos y otros involucrados en la gestión de los equipos.

3. Organización y clasificación de la documentación: Una vez recopiló los documentos, fue necesario organizarlos y clasificarlos de manera adecuada. Esto implicó establecer un sistema de categorización que facilitar la búsqueda y acceso a la información.

8.2. FASE II. Análisis de la información

Una vez organizada la documentación, se procedió a realizar al análisis detallado de su contenido. Esto implicó revisar los informes de mantenimiento, los registros de inspecciones y las órdenes de trabajo para obtener información relevante sobre el estado de los equipos, las tareas realizadas, las fechas de mantenimiento y los repuestos utilizados, para poder realizar la consolidación en una sola base de datos que permitiría el desarrollo del Software.

A partir de la información que se consolidó, se tiene como enfoque mejorar el rendimiento de las instalaciones de tratamiento, utilizando como medida de control y enfoque de gestión el software, permitiendo a largo plazo la evaluación del funcionamiento de la PTAR.

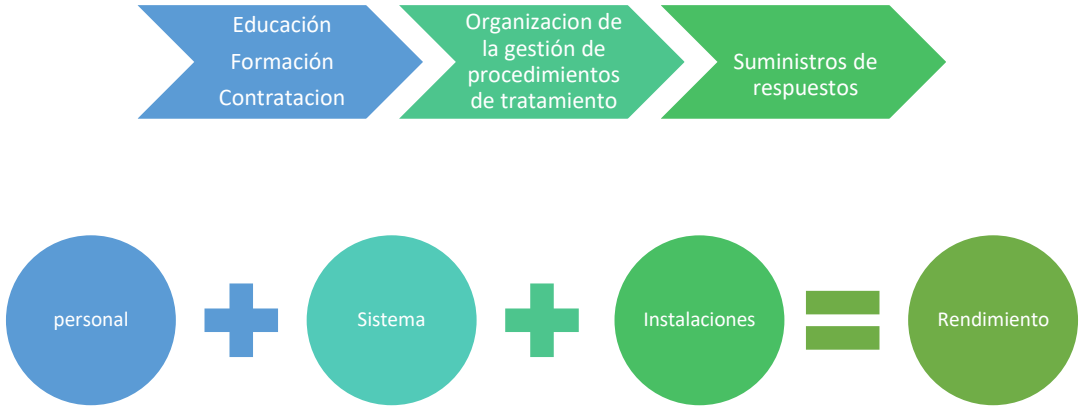


Figura 8-1 Sistema de gestión y aseguramiento de la operación y mantenimiento

Fuente: Autor, 2023.

Durante el análisis de la información de los mantenimientos, se han identificado áreas con oportunidades de mejora en la gestión de los equipos y los procesos de mantenimiento. Estas áreas abarcan la detección de repuestos o componentes propensos a fallas, la identificación de brechas en la capacitación del personal de mantenimiento y la optimización de los tiempos y la frecuencia de los mantenimientos.

Para abordar estas necesidades de mejora, se da como recomendación a la PTAR el ajuste de los procedimientos de mantenimiento y la implementación de programas de capacitación adicionales. Estas acciones permitirán optimizar la programación de las actividades, evitando tanto la sobrecarga de trabajo como la falta de mantenimiento. El resultado será una maximización de la disponibilidad de los equipos y una reducción de los tiempos de inactividad no planificados, lo que mejorará la eficiencia general de la PTAR. (Figura 8-1).

8.3. Fase III. Estructuración del Software

El software desarrollado tiene la capacidad de organizar y centralizar toda la información relacionada con los mantenimientos en un único lugar, lo cual simplifica el acceso y la búsqueda de datos, evitando la dispersión de la documentación en diferentes archivos físicos o digitales. Gracias a la estructura de la base de datos, se optimiza la eficiencia en la gestión de los registros y se reduce el riesgo de pérdida o errores en la información.

Teniendo en cuenta las necesidades específicas de la PTAR, el software se ha diseñado para que sea fácil de usar al momento de ingresar los datos de los mantenimientos. Esto agiliza el proceso de registro y reduce el tiempo necesario para documentar las actividades realizadas. Como resultado, los operarios de la PTAR pueden completar los registros de mantenimiento de forma rápida y eficiente, lo cual ahorra tiempo y recursos valiosos.

El software se divide en dos componentes para el ingreso de información: equipos y mantenimiento, como se presenta en la Figura 8-2.



Figura 8-2 Componentes de ingreso

Fuente: Autor, 2023.

A partir de los componentes planteados, tanto para la consulta de equipos como para la de mantenimientos, se plantea la distribución por lotes con el fin de poder filtrar la información y de buscar el equipo deseado con mayor facilidad en caso de contar con el TAG con el que se identifica el equipo, la estructura se planteó de la siguiente manera:

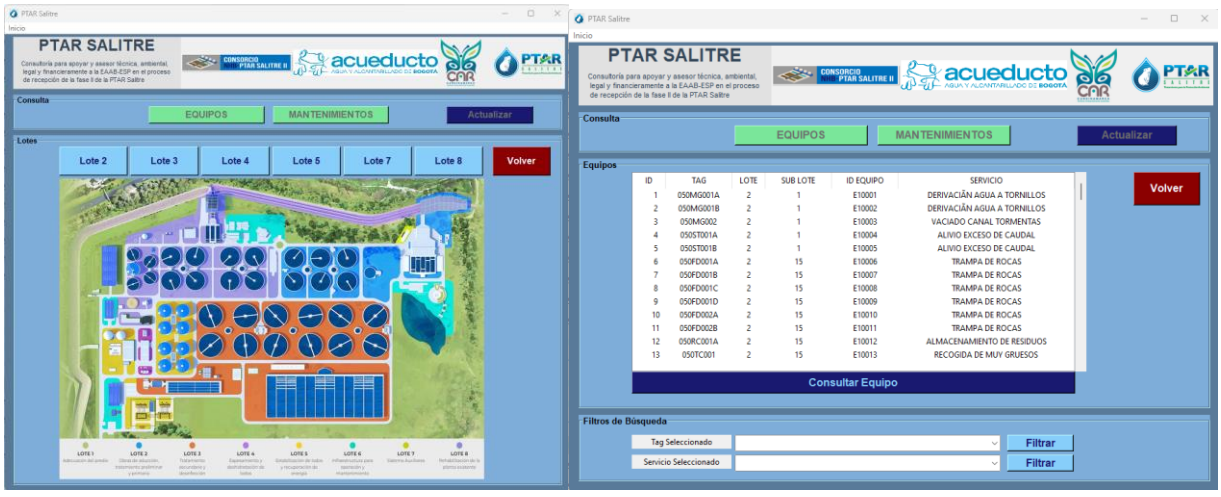


Figura 8-3 Componente por lotes.

Fuente: Autor, 2023.

A partir de la organización de la información suministrada por la PTAR salitre en una sola base de datos, se pudo asignar a cada uno de los equipos en el software las características básicas, el estado actual, las especificaciones y el manual de operaciones del equipo, permitiendo la consulta inmediata del estado del inventario y otra información requerida para el mantenimiento preventivo o correctivo de los equipos de la planta, como se presenta a continuación:



Figura 8-4 Ejemplo de la información de un equipo.

Fuente: Autor, 2023.

Para el caso del segundo componente que se encuentra al inicio del Software (mantenimiento), se cuenta con la información del histórico de mantenimientos que se han realizado desde diciembre del 2021 hasta noviembre del 2022 y las especificaciones de dichos mantenimientos de cada uno de los equipos, con el fin de poder generar un reporte del estado actual y contar con un control de la operatividad de los equipos y como estos puedes generar afectación en los procesos generales que se llevan a cabo en la planta de tratamiento.



Figura 8-5 estructura del ingreso de información para los mantenimientos.

Fuente: Autor, 2023.

8.4. Fase IV. Análisis de Afectación y Funcionamiento de la PTAR

A partir de la información suministrada por la PTAR a continuación se presenta la descripción de los diferentes procesos llevados a cabo en la PTAR que se podrían ver afectados a causa de las falencias que se pueden presentar en el control de la información de cada equipo:

8.4.1. Tratamiento Preliminar

En este diagrama, se presentan varios equipos utilizados en el tratamiento preliminar de una PTAR y el resultado obtenido del proceso en cada etapa:

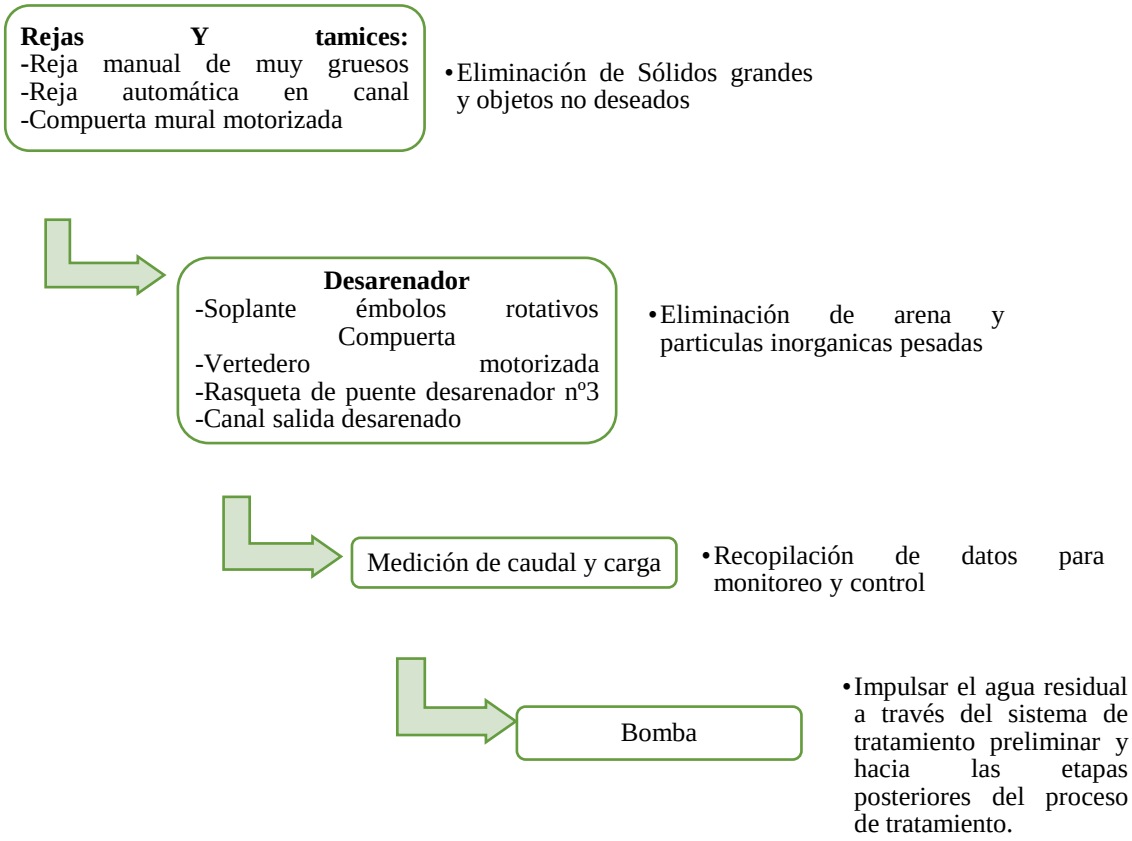


Figura 8-6 Diagrama general de algunos equipos utilizados en el tratamiento preliminar vs el resultado obtenido del proceso

Fuente: Tchobanoglus, Autor, 2023.

Si un equipo falla en el tratamiento preliminar de la PTAR puede tener varias consecuencias negativas en el funcionamiento de la planta y en la calidad del agua tratada. Algunas de estas consecuencias incluyen:

1. Obstrucción de equipos y tuberías: Si un equipo de tratamiento preliminar, como una reja o un tamiz, falla, es posible que los sólidos grandes y objetos no deseados lleguen a los equipos y tuberías posteriores (Gad, 2022). Esto puede causar obstrucciones y bloqueos, lo que reduce la eficiencia operativa de la PTAR y puede requerir tiempos de inactividad y reparaciones costosas (Qasim, 2017).
2. Daño a equipos y componentes: Si un equipo de tratamiento preliminar no funciona correctamente, pueden producirse daños en los equipos y componentes de las unidades aguas abajo, como bombas, mezcladores, agitadores o sistemas de aireación. Esto puede

resultar en la necesidad de reparaciones o reemplazos costosos, así como en retrasos en el proceso de tratamiento y la operación de la PTAR (Viveros, 2021).

3. Reducción de la calidad del agua tratada: El tratamiento preliminar desempeña un papel crucial en la eliminación de sólidos grandes, grasas y aceites, así como en la protección de los procesos posteriores. Si un equipo de tratamiento preliminar falla, la carga de sólidos y materiales no deseados que ingresan a las etapas posteriores aumentará, lo que puede afectar negativamente la calidad del agua tratada, especialmente en el parámetro de SST (Newhart, 2019). Esto puede resultar en un incumplimiento de los estándares y regulaciones ambientales, así como en una menor eficiencia del tratamiento global de la PTAR (Finger, 1980).
4. Mayor demanda de mantenimiento y limpieza: Por ejemplo, si los sólidos grandes no se eliminan adecuadamente en el tratamiento preliminar, es probable que se acumulen en los sistemas de tratamiento biológico o en los tanques de sedimentación, lo que requerirá una limpieza más frecuente y costosa (Hossain, 2017).

8.4.2. Tratamiento Primario

En este diagrama, se presentan varios equipos utilizados en el tratamiento primario y el resultado obtenido del proceso en cada etapa:

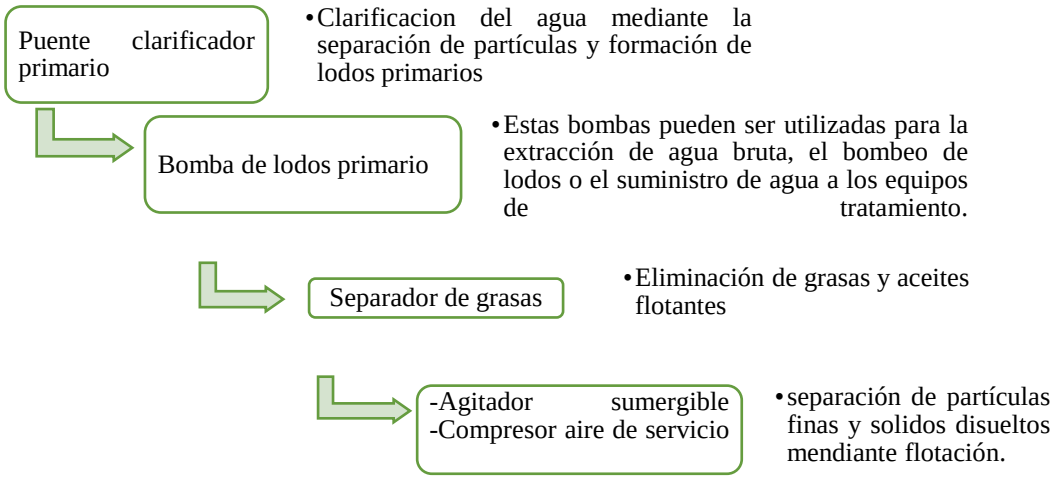


Figura 8-7 Diagrama general de algunos equipos utilizados en el tratamiento primario vs el resultado obtenido del proceso

Fuente: Tchobanoglus, Autor, 2023.

Si un equipo falla en el tratamiento primario, puede tener varias consecuencias no muy favorables en el funcionamiento de la planta. Algunas de estas consecuencias incluyen:

1. Acumulación de sólidos suspendidos: El tratamiento primario se encarga de la eliminación de los sólidos suspendidos más grandes en el agua residual (Bachmann, 2015). Si un equipo como un sedimentador o un sistema de flotación falla, se reduce la eficiencia de la remoción de estos sólidos, lo que puede resultar en una mayor carga de sólidos suspendidos en las etapas posteriores del tratamiento. Esto puede afectar la eficiencia del tratamiento biológico y químico subsiguiente, y comprometer la calidad del agua tratada. (Zhang, 2019)
2. Reducción de la claridad del agua: El tratamiento primario tiene como objetivo la separación y la sedimentación de los sólidos suspendidos presentes en el agua residual (Bachmann, 2015). Si un equipo de tratamiento primario falla, puede resultar en una menor claridad del agua tratada, ya que los sólidos suspendidos no se eliminan adecuadamente. Esto puede afectar la apariencia visual del agua tratada y puede requerir una mayor inversión en procesos de clarificación adicionales (Chen, 2018).
3. Sobrecarga del sistema de lodos: En el tratamiento primario, los sólidos sedimentados o flotados se acumulan y forman lodos primarios (Davis, 2014; Newhart, 2019). Si un equipo de tratamiento primario falla, puede resultar en una menor eficiencia en la formación y retención de los lodos, lo que puede afectar el rendimiento general del sistema de lodos de la PTAR. Esto puede generar problemas en la disposición y gestión de los lodos, así como en la reducción de la capacidad de tratamiento de la PTAR (Vesilind, 2014).
4. Incumplimiento de los estándares y regulaciones: El tratamiento primario es esencial para cumplir con los estándares y regulaciones ambientales establecidos para la calidad del agua tratada (Brown, 2018; Davis, 2014). Si un equipo de tratamiento primario falla y no se remueven adecuadamente los sólidos suspendidos y otros contaminantes, la calidad del agua tratada puede no cumplir con los requisitos legales y ambientales. Esto puede dar lugar a sanciones y consecuencias legales para la PTAR (Lech, 2016).
5. Biogás: Una disminución en la eficiencia de este proceso deriva en una reducción en la producción de lodos primarios, los cuales son ricos en materia orgánica.

   Esto generaría una disminución en la producción de Biogás, ya que hay menos solidos volátiles en el lodo primario, lo que en el largo plazo aumentaría los consumos de energía

de la planta no solo por la disminución de biogás sino porque habría una mayor carga orgánica en los reactores de lodos activados aumentando los consumos de aire y por consiguiente de energía

8.4.3. Tratamiento Secundario

En este diagrama, se presentan varios equipos utilizados en el tratamiento secundario y el resultado obtenido del proceso en cada etapa:

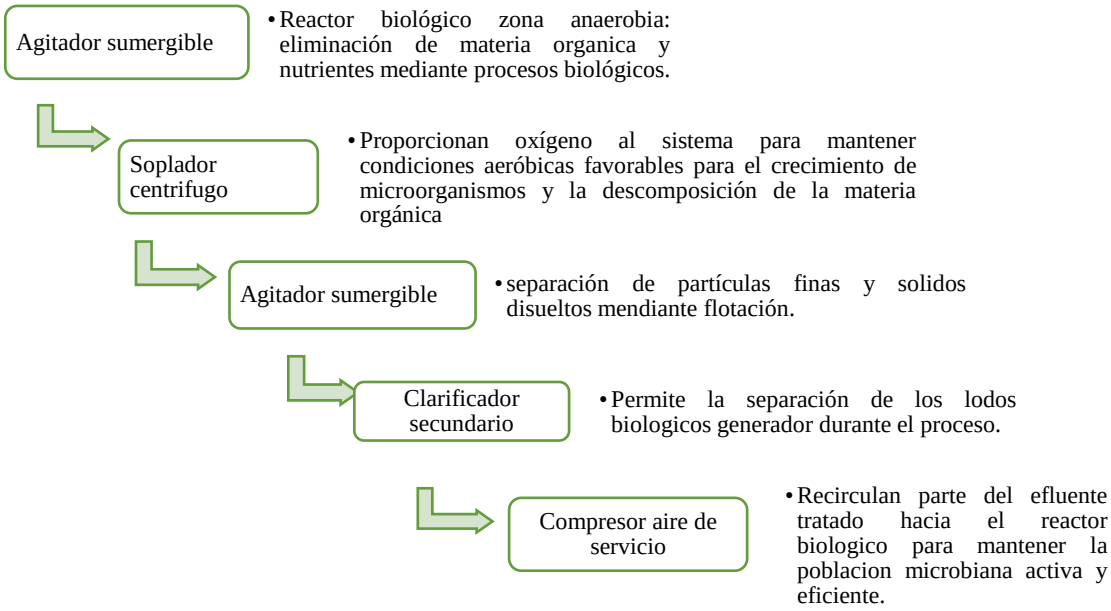


Figura 8-8 Diagrama general de algunos equipos utilizados en el tratamiento secundario vs el resultado obtenido del proceso

Fuente: Tchobanoglus, Autor, 2023.

El resultado obtenido del proceso de tratamiento secundario incluye:

- Reducción de DBO, el cual Indica la cantidad de materia orgánica biodegradable eliminada durante el proceso de tratamiento.
- Reducción DQO, Indica la cantidad total de materia orgánica y sustancias oxidables presentes en el agua residual eliminada durante el tratamiento.
- Eliminación de nutrientes: Incluye la reducción de nitrógeno amoniacal y otros compuestos nitrogenados, así como la reducción de fósforo.

- Mejora en la turbiedad y calidad del efluente: El agua tratada en el proceso secundario muestra una reducción significativa en la turbidez y los sólidos suspendidos, lo que resulta en un efluente más claro y de mejor calidad (CONAGUA, 2018).

Si un equipo falla en el tratamiento secundario puede tener las siguientes consecuencias en la PTAR:

1. Acumulación de materia orgánica: El tratamiento secundario tiene como objetivo principal la eliminación de la materia orgánica disuelta en el agua residual. Si un equipo, como un reactor biológico o un sistema de aireación, falla, la capacidad de descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos se ve comprometida. Esto puede provocar una acumulación de materia orgánica en el agua tratada, lo que afecta la calidad y la estabilidad del efluente (Hernández-Chover, 2020).
2. Reducción de la eficiencia de tratamiento: La falta de descomposición adecuada de la materia orgánica puede resultar en una menor remoción de contaminantes y una menor eficiencia de tratamiento. Como resultado, el agua tratada puede no cumplir con los estándares de calidad requeridos antes de ser descargada o reutilizada.
3. Aumento de los tiempos de retención hidráulica: En algunos sistemas de tratamiento secundario, como los reactores biológicos, un fallo en los equipos puede requerir una reducción en el flujo de agua residual o incluso detener por completo el proceso. Esto puede llevar a un aumento en los tiempos de retención hidráulica, lo que significa que el agua residual permanece en el sistema durante más tiempo del previsto. Esto puede afectar la capacidad de la PTAR para procesar volúmenes de agua residuales entrantes y puede causar respaldos en el sistema. (Bogotá, s.f.)
4. Incumplimiento de los estándares y regulaciones: Si el tratamiento secundario no funciona correctamente debido a una falla en el equipo, el agua tratada puede no cumplir con los estándares y regulaciones ambientales establecidos. Esto puede resultar en incumplimientos legales, sanciones y consecuencias negativas para la PTAR.
5. Riesgo de proliferación de microorganismos indeseables: En el tratamiento secundario, se utilizan microorganismos beneficiosos para descomponer la materia orgánica. Si el equipo falla y se produce un desequilibrio en el sistema, puede haber un crecimiento excesivo de

microorganismos no deseados o patógenos. Esto puede representar un riesgo para la salud pública y la seguridad del personal de la planta.

8.4.4. Espesamiento y deshidratación de fangos

En este diagrama se realiza una breve explicación del equipo utilizado en el espesamiento y deshidratación de fangos y su función:

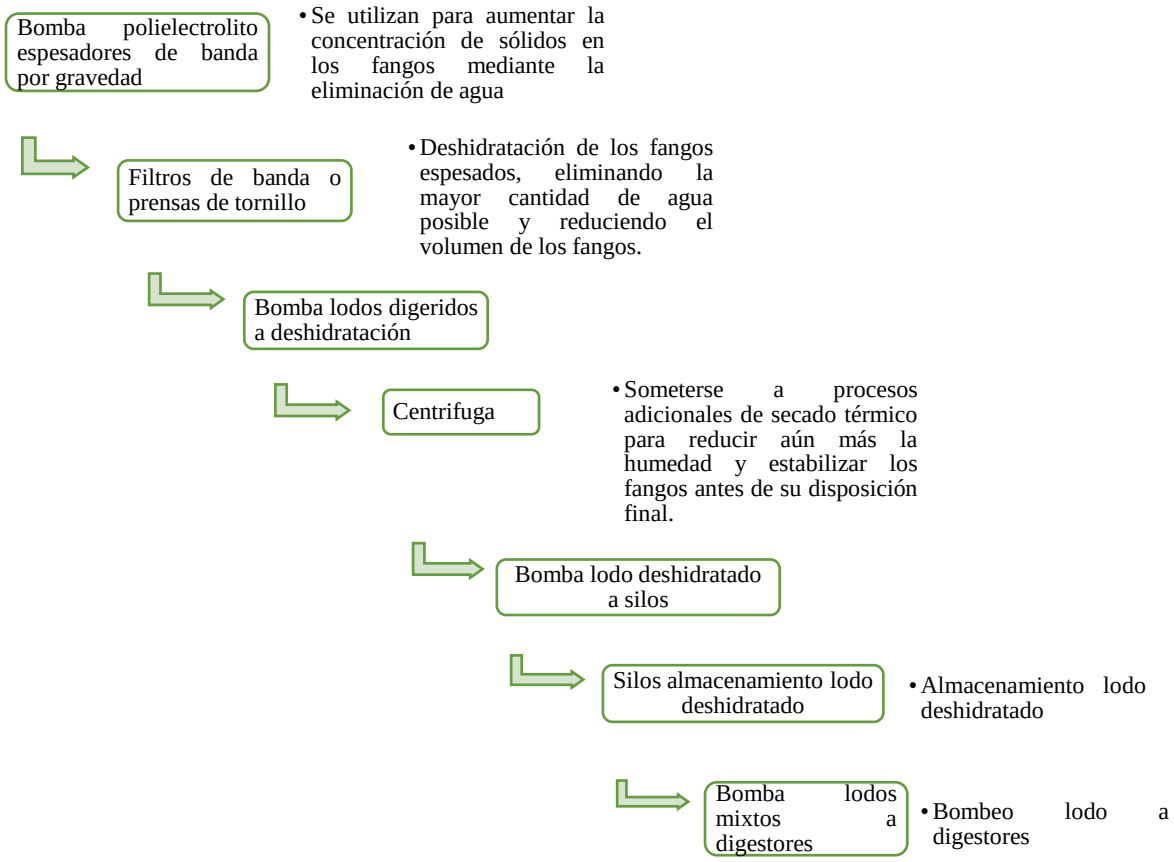


Figura 8-9 Diagrama general de algunos equipos utilizados en el tratamiento de espesamiento y deshidratación de fangos vs el resultado obtenido del proceso

Fuente: Tchobanoglus, Autor, 2023.

El proceso de espesamiento y deshidratación de fangos tiene como objetivo reducir la cantidad de agua presente en los fangos generados durante el tratamiento de las aguas residuales. Esto permite obtener fangos con una mayor concentración de sólidos y un menor volumen, facilitando su manejo y disposición final.

El resultado obtenido del proceso de espesamiento y deshidratación de fangos incluye:

- Reducción en el contenido de agua: El proceso permite eliminar gran parte del agua presente en los fangos, lo que resulta en una reducción significativa de su contenido de humedad.
- Aumento de la concentración de sólidos: Al eliminar el agua, se logra aumentar la concentración de sólidos en los fangos, lo que facilita su manipulación y disposición.
- Reducción del volumen de los fangos: Al eliminar el agua, se reduce el volumen total de los fangos, lo que disminuye los costos asociados al transporte y almacenamiento de estos.
- Obtención de fangos estables y manejables: El proceso de deshidratación permite obtener fangos con una mayor estabilidad y consistencia, lo que facilita su manejo y disposición final de manera segura y eficiente.

Si un equipo falla en el espesamiento y deshidratación de fangos de una PTAR, pueden ocurrir diversas consecuencias que afectarán el proceso de tratamiento de los fangos. Algunas posibles repercusiones incluyen:

1. Reducción en la eficiencia de deshidratación: Si un equipo de deshidratación de fangos falla, es probable que la cantidad de agua eliminada de los fangos sea insuficiente. Esto resultará en fangos con un contenido de humedad más alto de lo deseado, lo que dificultará su manejo y disposición final.
2. Aumento del volumen de los fangos: La falla de un equipo de deshidratación puede llevar a un menor grado de compactación de los fangos, lo que resultará en un mayor volumen de fangos a ser tratados y dispuestos. Esto puede generar problemas de almacenamiento y costos adicionales de transporte (Hossain, 2017).
3. Disminución en la calidad del efluente: Si los fangos no se deshidratan adecuadamente, pueden contener una mayor cantidad de agua residual. Esto puede llevar a una mayor carga de contaminantes en el efluente final de la PTAR, lo que comprometerá la calidad del agua tratada antes de su descarga.
4. Mayor consumo de energía: En caso de una falla en el equipo de deshidratación, es posible que se requiera un mayor consumo de energía para llevar a cabo procesos adicionales de deshidratación, como el uso de secado térmico. Esto resultará en costos operativos más altos y un mayor impacto ambiental (Tchobanoglus, 2003).

5. Posibles obstrucciones o daños en otros equipos: Si se produce una falla en un equipo de deshidratación, puede haber efectos secundarios, como obstrucciones en tuberías o daños en otros equipos relacionados, debido al exceso de humedad y a la mala manipulación de los fangos (Qasim, 2017).

En resumen, una falla en el equipo de espesamiento y deshidratación de fangos de una PTAR puede tener consecuencias negativas en términos de eficiencia de deshidratación, volumen de fangos, calidad del efluente, consumo de energía y funcionamiento general del sistema. Por lo tanto, es fundamental contar con un mantenimiento adecuado y realizar reparaciones rápidas en caso de fallas para asegurar un funcionamiento óptimo del proceso de tratamiento de los fangos.

8.4.5. Generación de energía a partir de Biogás.

El resultado obtenido del proceso es la generación de energía en forma de electricidad y/o calor. La electricidad puede ser alimentada a la red eléctrica para su distribución y uso general, o puede ser utilizada directamente en las instalaciones de la PTAR. El calor generado puede ser aprovechado para calentar agua, sistemas de calefacción u otros procesos térmicos dentro de la PTAR.

Es importante destacar que la generación de energía a partir del biogás en una PTAR tiene beneficios ambientales al aprovechar un subproducto del proceso de tratamiento de aguas residuales y reducir la dependencia de fuentes de energía convencionales. Además, el proceso de generación de energía ayuda a gestionar y controlar el biogás, evitando su liberación a la atmósfera, donde contribuiría al calentamiento global debido a su potente efecto de gases de efecto invernadero.

Si un equipo falla en el proceso de generación de energía a partir del biogás en una PTAR, puede tener varios efectos en el funcionamiento de la planta:

1. Pérdida de energía: El principal impacto sería la pérdida de la capacidad de generar energía a partir del biogás. Esto significa que la planta dependerá más de fuentes externas de energía para su funcionamiento, lo que podría aumentar los costos operativos (Newhart, 2019).
2. Acumulación de biogás: Si el equipo encargado de la generación de energía falla, es posible que el biogás generado no se capture y utilice de manera adecuada. Esto puede llevar a la

acumulación de biogás en el sistema de digestión anaerobia, lo que podría afectar negativamente el proceso de tratamiento de los fangos o lodos (Hernández-Chover, 2020).

3. Problemas de rendimiento del digestor: El biogás generado en el proceso de digestión anaerobia es un subproducto del tratamiento de los fangos. Si el equipo de generación de energía falla, es posible que no se controle adecuadamente el nivel de biogás en el digestor. Esto puede afectar la eficiencia del proceso de descomposición de la materia orgánica y disminuir el rendimiento general de la PTAR.
4. Emisiones de gases de efecto invernadero: Si el biogás no se captura y utiliza de manera adecuada debido a la falla del equipo, existe el riesgo de que se libere a la atmósfera. El biogás, compuesto principalmente de metano, es un gas de efecto invernadero mucho más potente que el dióxido de carbono. Su liberación contribuiría al calentamiento global y al deterioro ambiental (Shen, 2015).
5. Necesidad de reparación o reemplazo del equipo: Ante una falla en el equipo de generación de energía, se requerirá la reparación o reemplazo del equipo defectuoso. Esto implica tiempo y recursos adicionales, así como la necesidad de contar con personal capacitado para llevar a cabo las reparaciones o realizar el reemplazo del equipo (Hernández-Chover, 2020).

En resumen, la falla de un equipo en el proceso de generación de energía a partir del biogás de la PTAR Salitre puede resultar en la pérdida de energía, problemas en el rendimiento del proceso de tratamiento, acumulación de biogás y emisiones de gases de efecto invernadero.

Teniendo en cuenta los procesos anteriormente mencionados es fundamental que los equipos utilizados para el tratamiento del agua residual en la PTRA Salitre sean monitoreados regularmente, se realice un mantenimiento preventivo y se tomen acciones rápidas en caso de fallas. El mantenimiento adecuado y la pronta reparación o reemplazo de los equipos defectuosos son cruciales para garantizar un tratamiento eficiente y cumplir con los estándares de calidad establecidos.

9. CONCLUSIONES

- Se concluye que la fase de levantamiento de información es representativa para la estructuración del aplicativo debido a que, en esta fase, se consolida la información que será aplicable en los componentes a utilizar en el Software, para esto es importante las consultas realizadas en las bases de datos de la PTAR SALITRE.

- La identificación de actividades y subactividades de los equipos llevadas a cabo en los Lotes de la PTAR, es de importancia para la asignación de equipos principales y equipos secundarios, debido a que a partir de estos se puede tener una estimación del impacto hacia la planta debido al estado actual en el que se puede encontrar el equipo.

- Se realizó la consolidación de una sola base de datos para el desarrollo del proyecto, de la cual se concluyó que el Operador de Administración, Operación y Mantenimiento, tendrá que especificar cuáles artículos son aplicables o no a sus procedimientos y deberá tener en cuenta las disposiciones asignadas para el desarrollo de sus actividades.

- El mal desarrollo de los mantenimientos de los equipos en una planta de tratamiento de agua residual puede llevar a una disminución en la eficiencia del tratamiento, problemas en la remoción de contaminantes, aumento del consumo de energía, riesgo de fallas y tiempos de inactividad no planificados, y costos adicionales de reparación y reemplazo. Por lo tanto, es esencial implementar prácticas de mantenimiento adecuadas y regulares para garantizar el funcionamiento óptimo de los procesos unitarios y la eficiencia global de la planta.

- Las PTAR están sujetas a regulaciones y normativas estrictas en cuanto a la calidad del agua tratada y las descargas al medio ambiente. El mantenimiento adecuado de los equipos y sistemas de la planta es esencial para cumplir con estas normativas y evitar sanciones legales o incumplimientos regulatorios. Los mantenimientos aseguran que los equipos estén en condiciones de cumplir con los estándares requeridos y que los procesos de tratamiento se realicen correctamente.

10. BIBLIOGRAFÍA

Bachmann, N. l. (2015). *Sustainable biogas production in municipal wastewater treatment plants.* Massongex, Switzerland: IEA Bioenergy.

Bogotá, E. d. (n.d.). *Biogás*. Retrieved from https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/ambiente/saneamiento/rio-bogota/ptar-salitre/productos-de-la-ptar-salitre/biogas

Brown, A. D. (2018). Impact of Poor Maintenance on the Efficiency of Grit Removal Systems in Wastewater Treatment Plants. . *Environmental Science and Pollution Research 25(15)*, 14455-14465.

CAR. (n.d.). *Rio Bogotá*. Retrieved from https://www.car.gov.co/rio_bogota/vercontenido/9

Chen, W. L. (2018). Impact of Inadequate Maintenance on the Efficiency of Primary Clarifiers in Wastewater Treatment Plants: Case Study. . *Water Science and Technology, 72(6)*, 988-995.

CONAGUA. (2018). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales.*

Davis, L. &. (2014). Equipment Selection and Design Guidelines for Primary Sedimentation Tanks in Wastewater Treatment Plants. *Water Environment Research, 86(7),*, 647-664.

EAAB-ESP. (2000). *Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá DC*. Retrieved from Guía conceptual sobre la PTAR Salitre: https://www.acueducto.com.co/wps/wcm/connect/EAB2/ef7d8e6b-b073-4ea8-9e0b-a654a5065d34/guia_concPTARSalitre.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mHHH8GN

Finger, R. E. (1980). Optimization of grit removal at a wastewater treatment plant. *Journal Water Pollution Control Federation*, 2106-2116.

Gad, M. A.-L. (2022). Performance Assessment of Natural Wastewater Treatment Plants by Multivariate Statistical Models: A Case Study. . *Sustainability, 14(13)* , 7658.

Hernández-Chover, V. C.-V.-S. (2020). Preventive maintenance versus cost of repairs in asset management: An efficiency analysis in wastewater treatment plants. . *Process Safety and Environmental Protection, 141*, 215-221.

Hossain, M. A. (2017). Impact of Inadequate Maintenance on the Performance of Wastewater Treatment Plants: A Review. *Journal of Environmental Management, 220,* , 126-135.

Lech, B. G. (2016). Impact of Inadequate Maintenance on the Efficiency of Wastewater Treatment Plants: Case Study. . *Chemical and Process Engineering, 37(4),*, 571-583.

Newhart, K. B. (2019). Data-driven performance analyses of wastewater treatment plants: A review. . *Water research, 157,*, 498-513.

Qasim, S. R. (2017). *Wastewater treatment plants: planning, design, and operation.* . Routledge.

SALITRE, P. (n.d.). *Planta de Tratamiento de Agua Residual Salitre*. Retrieved from https://ptarsalitre.com.co/

Shen, Y. L.-D. (2015). An overview of biogas production and utilization at full-scale wastewater treatment plants (WWTPs) in the United States: challenges and opportunities towards energy-neutral WWTPs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 346-362.

Tchobanoglus, G. B. (2003). Wastewater engineering: treatment and reuse. . *American Water Works Association. Journal, 95(5),* , 201.

Vesilind, P. A. (2014). Primary Treatment Processes: Equipment, Design, and Operation. . *En Introduction to Environmental Engineering* , 286-329.

Viveros, P. M. (2021). Opportunistic Strategy for Maintenance Interventions Planning: A Case Study in a Wastewater Treatment Plant. . *Applied Sciences, 11(22),* , 10853.

Zhang, Y. L. (2019). Effects of Inadequate Maintenance on the Performance and Economics of Biogas Power Plants. . *Journal of Energy Engineering, 145(1).*