

**Automatización De Las Operaciones Unitarias En La PTARnD De Locería
Colombiana**

Trabajo de grado para optar por el título de: Ingeniera Ambiental

María Camila Diosa Correa

**Asesor
Felipe Barrada
Especialista en Derecho Minero y Ambiental**

**Unilasallista Corporación Universitaria
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Ambiental
Caldas, Antioquia
2023**

Tabla de Contenido

Resumen	1
Abstract	2
Objetivos	3
Justificación	4
Antecedentes	6
Alcance del proyecto	8
<i>Limitaciones</i>	8
Marco teórico	9
<i>Definiciones</i>	9
Fuentes de las Aguas Residuales	9
Aguas Residuales Municipales	9
Aguas Residuales Industriales	9
Aguas Servidas	10
Aguas Grises	10
Sistema de Tratamiento del Agua residual	10
Homogenización	10
Remoción de Sólidos / Carga Orgánica	10
Sedimentación simple	11
Sedimentación con ayudas	11
Floculación	12
Coagulación	12
Filtración	12
Recirculación del agua	13
Aforo	13
Automatización	13
Controlador Lógico Programable PLC	14
Identificación de los sensores	14

Marco Legal	15
<i>Metodología de Análisis</i>	15
Turbiedad	15
Procedimiento	16
Conductividad	16
Procedimiento	16
Color	16
Procedimiento	17
Potencial de Hidrogeno (pH)	17
Procedimiento:	17
Marco Metodológico	18
<i>Medición de caudal</i>	18
<i>Test de jarras</i>	18
<i>Metodología SIPOC</i>	18
<i>Tipos y métodos de investigación</i>	19
Herramientas para la recolección de la información	19
Fuentes de información	19
Análisis de puntos críticos del proceso	23
<i>Diagnóstico y evaluación del sistema de pre-tratamiento</i>	28
<i>Diagnóstico y evaluación del sistema de tratamiento primario</i>	28
<i>Optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales</i>	29
<i>Entrenamiento y capacitación en la operación de la unidad de tratamiento</i>	29
<i>Compra de materiales y equipos</i>	29
<i>Sistema de automatización</i>	30
<i>Equipos utilizados</i>	32
PLC WAGO	32
Bomba sumergible A23H	32
Bombas Dosificadoras con doble diafragma	33
Controlador de dosificación por pulsos.	34

Electroválvulas	34
Mejora en el sistema de homogenización	35
Mejora en el sistema de dosificación.	41
Conclusiones	45
Referencias.	47

Lista de Tablas

Tabla 1. Optimización.	19
Tabla 2. Puntos críticos del proceso.	233
Tabla 3. Hallazgos Homogenización	36

Lista de Figuras y Gráficos

Figura 1. Procedimiento turbiedad	16
Figura 2. Conductividad	16
Figura 3. Procedimiento Conductividad	166
Figura 4. Procedimiento pH	17
Figura 5. Diagrama de flujo del proceso	217
Figura 6. Implementación del sistema automatizado	30
Gráfico 1. Turbiedad Inicial – Coagulante	377
Gráfico 2. Floculante – Turbiedad Final	377
Gráfico 3. Turbiedad Inicial - Floculante	378
Gráfico 4. Turbiedad Final - Coagulante	378

Lista de Imágenes

Imagen 1. PLC WAGO	32
Imagen 2. Bomba sumergible A23H	33
Imagen 3. Bombas Dosificadoras con doble diafragma	34
Imagen 4. Controlador de dosificación por pulsos	34
Imagen 5. Electroválvula	355
Imagen 6. Tablero de control homogenizador anterior	399
Imagen 7. Unificación del tablero anterior	39
Imagen 8. Reductor de velocidad en el canal de entrada	40
Imagen 9. Antes Canal de entrada	40
Imagen 10. Tanque 1 homogenizador	41
Imagen 11. Pendiente del tanque 1 homogenizador	41
Imagen 12. Tablero controlador de bombas dosificadoras	42
Imagen 13. Inicial sistema de dosificación manual 1	42
Imagen 14. Inicial sistema de dosificación manual 2	43
Imagen 15. Inicial sistema de dosificación manual 3	43
Imagen 16. Bomba Dosificadora	44

Resumen

En esta tesis de grado se ha realizado en el desarrollo y la planificación de un sistema automático de control en la empresa Locería Colombiana la cual utiliza el agua como un recurso fundamental para su proceso productivo, la cual proviene del acueducto de EPM y de la recirculación residual tratada la cual debe cumplir con las especificaciones de las normas ambientales como la resolución 1256 que permite el reúso de agua residual y la resolución 0631 en donde se establecen los parámetros permisibles para los vertimientos, además de los requerimientos internos, dicho recurso se distribuye a los diferentes procesos y actividades, con el fin de controlar los estados de operación del sistema y detectando condiciones inseguras, para así estandarizar y optimizar, parte de los sistemas del tren de tratamiento.

El proyecto permitirá optimizar la unidad de tratamiento de aguas residuales industriales mediante la identificación de las dosis óptimas de los insumos, además de la medición de caudales y volúmenes, para así identificar los cambios necesarios y pertinentes en el proceso; además, se analizaron los equipos más adecuados para la automatización del proceso, los cuales permitan un funcionamiento óptimo en condiciones seguras y que reduzcan el tiempo de intervención en el proceso. También se evaluó el funcionamiento de los equipos y se realizaron propuestas de mejora, incluyéndose las condiciones de operación.

Palabras clave: Recurso hídrico, automatización, tratamiento de aguas residuales

Abstract

In this degree thesis, the development and planning of an automatic control system have been carried out in the Locería Colombiana company, which uses water as a fundamental resource for its production process, which comes from the EPM aqueduct and from recirculation. Treated residual which must comply with the specifications of environmental standards such as resolution 1256 that allows the reuse of residual water and resolution 0631 Where the permissible parameters for discharges are established, in addition to internal requirements, said resource is distributed to the different processes and activities, in order to control the operating states of the system and detecting unsafe conditions, in order to standardize and optimize part of the treatment train system.

The project will make it possible to optimize the industrial wastewater treatment unit by identifying the optimal doses of inputs, in addition to the measurement of flows and volumes, in order to identify the necessary and pertinent changes in the process; In addition, the most appropriate equipment for the automation of the process was analyzed, which allows optimal operation in safe conditions and reduces the intervening time in the process. The operation of the equipment was also evaluated and proposals for improvement were made, including the operating conditions

Keywords: Water resource, wastewater treatment, process automation

Objetivos

Objetivo General

Optimizar las operaciones unitarias que se realizan en la planta de tratamiento de agua residual no doméstica, en adelante PTARnD

Objetivos Específicos

- Identificar puntos críticos el proceso actual de la planta de tratamiento de ARnD.
- Identificar y cuantificar los parámetros fisicoquímicos relevantes en el monitoreo de cada proceso (Volúmenes, caudales)
- Analizar los equipos adecuados para el tren de tratamiento evaluando la viabilidad técnica y económica de los equipos más adecuados

Justificación

La necesidad de automatizar el sistema de aguas residuales en la Locería Colombiana, empresa manufacturera encargada de la fabricación y venta de productos cerámicos y porcelana dirigidos a la línea hogar, como platos, mugs, es decir, vajillas, por tal motivo es de suma importancia llevar a cabo la optimización de la PTARnD debido a que de esta depende la mayor parte del proceso, debido a que esta asegura la calidad del producto y la eficiencia en el proceso; esto es de suma importancia porque la Locería Colombiana utiliza el agua como un recurso fundamental para su proceso productivo, además de que esta es requerida para preparación de pasta y esmaltes, refrigeración de equipos, fabricación de moldes, pulido de piezas, limpieza de equipos, lo que hace que se convierta en una de las materias primas más importantes para el proceso. Sin embargo, la empresa en su proceso de tratamiento de agua residual no doméstica se comporta como una planta muy mecánica, dado que la mayoría de los procesos necesitan de personal para su ejecución, lo que ha hecho que varíen algunos procesos del tren de tratamiento ya que no se hacen de manera automática, sino que está sujeto a la mano de obra de los colaboradores.

Con este proyecto se busca generar un uso eficiente y adecuado de los productos químicos, tanto del coagulante como del floculante, trayendo como beneficio la reducción de costos y además de esto estaríamos asegurando y por ende estandarizando, el proceso, evitando que por altas o mínimas cantidades de químicos se presenten problemas posteriores, como puede ser una postfloculación por alta cantidad de floculante o también la falta de floculante, o ambos afectando el proceso de tratamiento; rapidez en la toma y mejor visualización de muestras, lo que le daría garantías de calidad a los operarios de planta que realizan actividades de muestreo y verificación, en la medición de variables y la dosificación de químicos. Se busca ayudar a disminuir los errores causados por el factor humano, lo que haría que se eliminaran las operaciones repetitivas o que necesitan de una reacción inmediata, permitiendo que el operario se concentre en otras tareas también indispensables, que

necesitan de tiempo, pero que son necesarias para el proceso; por ejemplo, las pruebas organolépticas, el funcionamiento de ósmosis y otras funciones directas de permanencia en el laboratorio.

Además de todo lo anterior, la automatización de la planta permitirá conocer en tiempo real las condiciones de entrada y salida del efluente, y de esta manera, tomar las acciones correspondientes para entregarla, en condiciones ideales creando confiabilidad en el proceso.

Por lo antes mencionado, la automatización del sistema resulta de gran importancia para la empresa, ya que al contar con ésta se evita depender de un operario, que eventualmente podría fallar o cometer errores, y se garantiza un proceso efectivo que cumple con todos los requerimientos sin obviar ningún paso. Se puede asegurar la mejor calidad de agua y parámetros fisicoquímicos que no variarían en el tiempo y que consolidaría la confiabilidad, rendimiento y productividad a tal punto, que la planta se pueda dejar en ausencia de personal los días domingo, eliminando así las horas de trabajo dominicales.

Esto se llevará a cabo de una manera sistemática, analítica y cuantitativa, teniendo en cuenta puntos críticos e importantes del tren de tratamiento, análisis fisicoquímicos relevantes para el cálculo de variables, volúmenes y Tiempo de resistencia hidráulica (TRH), lo que nos llevará a tener una visión más clara y directa a la hora de implementar la instrumentación.

Antecedentes

Locería Colombiana es una empresa que lleva 141 años en el mercado, fundada en 1881 con el nombre de “Compañía Locería de la Cerámica Nacional”. Se creó inicialmente para producir loza y vidrio. Durante sus inicios la empresa presentó dificultades, cambiando varias veces de dueños, además de cambiar dos veces su razón social, para quedar finalmente con su nombre actual “Locería Colombiana”. Finalmente, los dueños que impulsaron el crecimiento de locería fue la familia Echevarría, los cuales ayudaron a que esta tuviera una máxima expansión con la creación de nuevas empresas hasta llegar lo que es hoy la Organización Corona.

El consumo de agua en Locería Colombiana es de suma importancia ya que para lograr el producto final es indispensable el uso de este recurso en sus diferentes procesos. Desde varios años atrás se ha venido implementando la gestión ambiental como parte de la política integrada de Locería Colombiana; la empresa cuenta con una planta de tratamiento de aproximadamente 15 años de operación, la cual inicialmente fue diseñada para el tratamiento de agua potable, con el fin de captar el agua de la fuente hídrica la Valeria, tratarla y entregarla al proceso productivo, con el pasar de los años, el cambio de las normas, las necesidades y las políticas ambientales de la organización se convirtió en una planta de tratamiento de agua residual no domestica la cual tenía como objeto tratar cada uno de los afluentes generados por los diferentes procesos productivos y luego entregarla al río, cumpliendo la Resolución 0631 del 2015 del Ministerio de Ambiente, en la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles para los vertimientos puntuales, esto fue evolucionando y bajo el concepto de ciclo cerrado se empezó a generar recirculación en algunos procesos productivos. Al día de hoy la empresa tiene una planta de tratamiento de circuito cerrado en donde se recircula el 100% de agua del proceso, con el fin de ser una empresa ceros vertimientos, el sistema de ciclo cerrado esta cobijado por la Resolución 1256 de 2021 parágrafo 3 del Ministerio de Ambiente, en la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan a

otras disposiciones. Lo que en estos momentos busca la empresa es generar un mayor control y automatización de los procesos, con el fin de garantizar las condiciones de operación y mitigar riesgos de vertimientos no controlados y optimizar la mano de obra del proceso. El ciclo cerrado ha sido uno de sus puntos claves en el consumo de agua ya que de consumir 14.800 m³ mensuales se están consumiendo 3000 m³ al mes.

Alcance del proyecto

- El presente estudio alcance del estudio pretendió lo siguiente:
- Todos los procesos del sistema de tratamiento (cajas desarenadoras, decantador de lodos, homogenizador, presedimentador, canal de entrada, tinas de químicos, alimentación y dosificación de químicos, tanque de almacenamiento, y tanque de distribución de osmosis).
- Diseñar un sistema automático de control de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales.
- Garantizar que al final del proceso de tratamiento de aguas, el agua cumpla con las características idóneas que requiere el proceso.
- Modificación en las cantidades y formas de dosificación.
- Cambios en el sistema de bombeo de osmosis y de agua residual tratada.

Limitaciones

- Los recursos económicos para realizar una simulación completa del proceso de tratamiento de agua.

Marco teórico

Definiciones

El agua la sustancia más versátil y más necesaria en la vida humana, de la cual se componen todos los seres vivos y es necesaria para su total supervivencia, de esta manera se han encontrado muchas utilidades para nuestro “disolvente universal”, sus usos van desde procedimientos médicos, físicos y químicos, hasta procesos constructivos e industriales; debido a este tipo de prácticas con este recurso es inevitable no generar un residuo tras su utilización de esta manera se puede definir agua residual como la combinación de residuos líquidos, ya sean provenientes de residencias, instituciones o actividades industriales.

La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana y aún más inevitable en las actividades industriales. El tratamiento y la disposición apropiada de las aguas residuales supone el conocimiento de las características, físicas, químicas y biológicas de dichas aguas, de su significado y de sus efectos principales sobre la fuente receptora (Romero Rojas, 2004).

Fuentes de las Aguas Residuales

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportadas por el sistema de alcantarillado. En general se consideran aguas residuales domesticas (ARD) los líquidos provenientes de las residencias, edificios comerciales e institucionales.

Aguas Residuales Municipales

Residuos líquidos transportados por el alcantarillado de la ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal (Cuidoelagua, 2009).

Aguas Residuales Industriales

Son residuos líquidos que son descargados por industrias de manufactura (Cuidoelagua, 2009).

Aguas Servidas

Son residuos líquidos provenientes de inodoros, es decir que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno, y coliformes fecales (Cuidoelagua, 2009).

Aguas Grises

Son residuos líquidos provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, a portantes de DBO, sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes (Romero Rojas, 2004).

Sistema de Tratamiento del Agua residual

También conocido como proceso de depuración, es un sistema utilizado para remover contaminantes del agua. Eventualmente el agua se descontamina a través de medios naturales, pero esto requiere tiempo; en una planta de tratamiento se acelera este proceso. Así podemos reutilizar el agua en actividades diversas como la industria. Estos métodos de descontaminación se componen de Homogenización, separación de sólidos, coagulación, floculación, sedimentación y filtración (INTERAPAS, 2018).

Homogenización

El objetivo de la homogeneización es amortiguar los picos tanto de carga como de caudal que pueden presentarse a través del día en los efluentes, con el fin de producir un vertimiento de características más uniformes. La homogeneización es el proceso por medio del cual se eliminan variaciones muy grandes en la cantidad o la calidad de un efluente industrial (Fuquene Yate, 2006).

Remoción de Sólidos / Carga Orgánica

El método adecuado para la separación de sólidos depende de la concentración y tamaño de sólidos en el vertimiento, además de su grado de aglomeración y la característica que se desean obtener, hay una gran variedad de métodos utilizados para dicha separación los cuales son: tamizado por rejillas y/o rejillas, separación por gravedad, sedimentación simple y

sedimentación con ayudas., en este caso el más adecuado es, sedimentación simple, para posteriormente realizarse sedimentación con ayuda.

Sedimentación simple

Definimos como "sedimentación" al proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el agua, que se encuentran en su seno en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad. Las impurezas naturales pueden encontrarse en las aguas según tres estados de suspensión en función del diámetro. Éstos son:

- Suspensiones hasta diámetros de 10⁻⁴ cm.
- Coloides entre 10⁻⁴ y 10⁻⁶ cm.
- Soluciones para diámetros aún menores de 10⁻⁶ cm.

Estos tres estados de dispersión dan igual lugar a tres procedimientos distintos para eliminar las impurezas.

El primero destinado a eliminar las de diámetros mayores de 10⁻⁴ cm. constituye la "sedimentación simple" (Perez Farras, 2005).

La sedimentación se convierte en un proceso en la cual se brinda al efluente un tiempo casi siempre entre una y dos horas, con lo cual se permite la sedimentación de partículas de menor tamaño. Este proceso ocurre en un tanque o sedimentador, el cual es diseñado de forma tal que no existen variaciones bruscas en la velocidad del flujo del agua residual, procurando un flujo laminar que no arrastre las partículas (Fuquene Yate, 2006).

Sedimentación con ayudas

La adición de productos químicos puede mejorar la separación por gravedad de sólidos y de grasas, puesto que mejora las características de la aglomeración de las partículas sólidas o de sustancias emulsificadas (Fuquene Yate, 2006).

Floculación

La floculación es la aglomeración de partículas desestabilizadas en microfloculos y después en los floculos más grandes que tienden a depositarse en el fondo de los recipientes construidos para este fin, denominados decantadores. El proceso de floculación es precedido por el de coagulación, por eso suele hablarse de procesos de coagulación – floculación (Cruz, 2011).

Coagulación

La coagulación consiste en neutralizar la carga, generalmente electronegativa, de los coloides presentes en el agua, quedando estos en condiciones de formar floculos. Este proceso se consigue introduciendo en el agua un producto químico denominado coagulante, para cambiar el comportamiento de las partículas en suspensión, este hace que las partículas, que anteriormente tendían a repelerse unas de otras, sean atraídas las unas a las otras o hacia el material agregado. La coagulación ocurre durante una mezcla rápida o el proceso de agitación que inmediatamente sigue a la adición del coagulante (Ospina Valdes & Nieto Roa, 2009).

Filtración

Consiste en la remoción de sólidos coloidales y suspendidos contenidos en el agua mediante su flujo a través de lechos porosos de partículas sólidas para realizar a adherencia y posterior evacuación de las partículas a remover. Según el tamaño, el tipo y la profundidad del filtro, y la tasa de flujo y las características físicas del agua sin tratar, los filtros pueden extraer los sólidos en suspensión, los patógenos y ciertos productos químicos, sabores y olores (Ospina Valdes & Nieto Roa, 2009).

Recirculación del agua

Se hace con el fin de reducir los vertimientos en el sector industrial se emplea como una alternativa la recirculación de las aguas residuales, técnica que consiste básicamente en reutilizar las aguas de desecho de algunas actividades o procesos, ya sea directamente o mediante un tratamiento previo que permita mejorar sus condiciones hasta el punto que puedan ser utilizadas en otras actividades que lo permitan, o incluso llegar a retornarlas para reutilizarse nuevamente en el proceso productivo (Koning, 2008).

La recirculación del agua es una técnica utilizada en muchos países incluidos Estados Unidos, México, Alemania, los países del Mediterráneo y de Oriente Medio, Sudáfrica, Australia, Japón, China y Singapur. En este aumento han tenido que ver los modernos procesos de tratamiento de las aguas residuales que experimentaron un significativo avance durante el siglo XX (Rios, Posada, & Uribe, 2011).

Aforo

Los aforos de caudal consisten en determinar la cantidad de agua que atraviesa una sección transversal de un cuerpo de agua en un instante de tiempo dado. Este valor permite, entre otros aspectos, conocer la disponibilidad hídrica del cuerpo de agua y constituye un dato útil para la estimación de las cargas contaminantes que transporta la corriente, sus tiempos de viaje, la calibración de los modelos hidráulicos e hidrológicos e, incluso, la prevención de desastres para zonas localizadas aguas abajo de la sección de aforo (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019).

Automatización

El principio de la automatización, consta de tomar procesos manuales o mecánicos y adaptarlos a sistemas de control que garanticen un excelente

desempeño en la realización de tareas definidas. De esta forma con sistemas autómatas y programaciones precisas, se minimizan los costos y los reprocesos generando agilidad en la obtención de resultados para el producto final (Arenas Castaño & Londoño Giraldo, 2015).

Controlador Lógico Programable PLC

El PLC se considera a nivel industrial como un PC de alto rendimiento capaz de proporcionar confianza en un entorno industrial (Arenas Castaño & Londoño Giraldo, 2015).

Identificación de los sensores

El constante avance de la automatización de los complejos sistemas de producción necesita la utilización de componentes que sean capaces de adquirir, transmitir y decodificar información relacionada con el proceso de producción. Los sensores cumplen con estas exigencias, es por esto que se han convertido en componentes cada vez más relevantes en la tecnología de medición y en la de control en ciclo cerrado y abierto. Los sensores proporcionan la información al control en forma de variables individuales del proceso. Las variables de estado del proceso son variables físicas como turbiedad, conductividad, pH, fuerza, longitud, nivel, caudal, etc. Para la automatización del sistema de tratamiento de aguas residuales son necesarios los medidores de nivel para controlar el correcto funcionamiento de los distintos equipos y actuadores que intervienen durante el proceso.

Marco Legal

El gobierno nacional ha implementado una nueva normatividad que se encarga de regular el manejo de vertimientos, en la cual se establecen el valor de los parámetros mínimos que debe cumplir el agua residual para vertimientos al alcantarillado. La normatividad por la cual se rige el vertimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa Locería Colombiana S.A.S es:

“Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

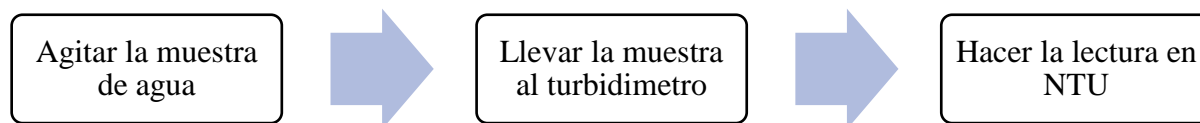
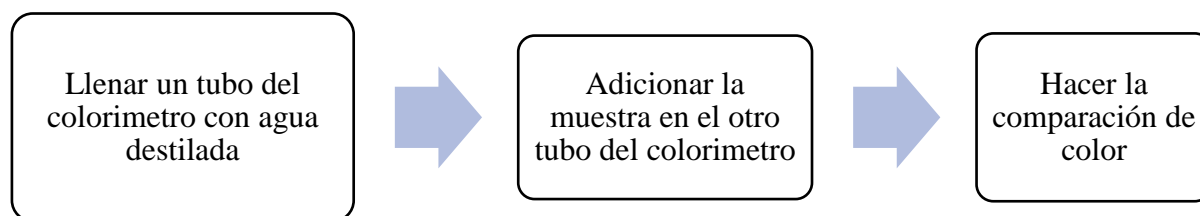
“Por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones”, es decir que acoge el reúso de agua para procesos industriales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Metodología de Análisis

Para un buen desarrollo del análisis se deben establecer los procedimientos a seguir durante todo el proceso.

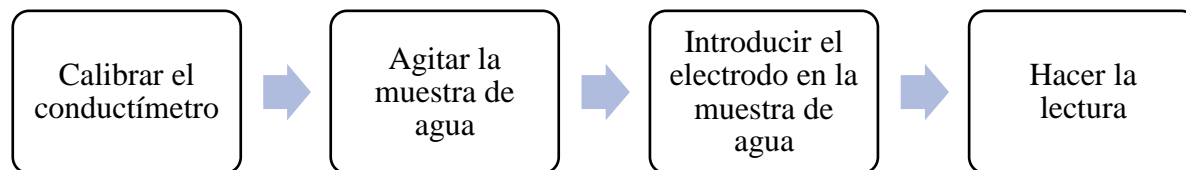
Turbiedad

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que, por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son, por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) (Martel, 2002)

Procedimiento**Figura 1. Procedimiento turbiedad****Conductividad****Figura 2. Conductividad.**

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad

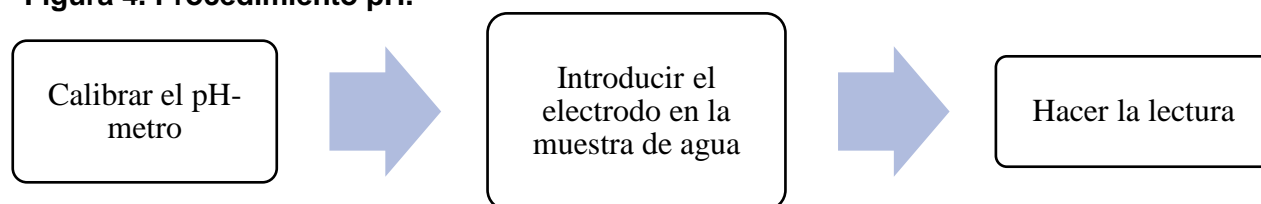
de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de medición (Chacon Chaquea, 2016).

Procedimiento**Figura 3. Procedimiento Conductividad.****Color**

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera (Martel, 2002).

Procedimiento**Potencial de Hidrogeno (pH)**

Es la medida de la concentración de los iones hidronio, H_3O^+ , en la disociación. Las aguas con pH menores de 7 son aguas ácidas y favorecen la corrosión de sustancias metálicas que se encuentren en contacto con ella, y las que poseen valores de pH mayores de 7 son aguas básicas y pueden dar lugar a incrustaciones (Quintuña Tene & Samaniego Gomezcoello, 2016).

Procedimiento:**Figura 4. Procedimiento pH.**

Marco Metodológico

Para la metodología y el desarrollo del trabajo se usaron diversas, las cuales dieron viabilidad a las diversas respuestas.

Medición de caudal

El aforo líquido es un procedimiento técnico que consiste en tomar mediciones sobre cauce que permitan calcular el caudal de este. En la presente sección se desarrolla una metodología que comprende el inventario de los equipos y materiales utilizados, las características que debe cumplir la sección de aforo, el tipo de aforo, el método para el cálculo del caudal y la logística o estrategia de trabajo empleada. Esto con el fin de estandarizar el proceso, agilizar los aforos y minimizar la incertidumbre que se puede presentar durante la toma de datos (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019), en este caso los materiales los cuales utilizamos fueron cronometro, recipiente con volumen conocido.

Test de jarras

El principal objetivo del test de jarras es encontrar la dosis ideal para el proceso unitario que produzca la mejor calidad de agua posible a los menores costos. El ensayo de jarras es uno de los más importantes en el control del proceso de coagulación química de aguas. Este proceso requiere como datos previos mínimos los valores de pH, turbiedad, color y alcalinidad del agua cruda (Romero Rojas, 2004). En la prueba de jarras se utilizan variaciones en la dosis del coagulante y/o floculante en cada jarra (generalmente se usan equipos de seis (6) jarras), permitiendo la reducción de los coloides en suspensión y materia orgánica a través del proceso de floculación; es decir, simula los procesos unitarios de coagulación, floculación y sedimentación, permitiendo además realizar el ajuste en el pH de cada muestra hasta llegar a los valores en los que la floculación alcanza sus mejores resultados (Fúquene & Yate, 2018).

Metodología SIPOC

El SIPOC es una técnica que permite identificar cuáles son los suministradores del proceso, las entradas de cada suministrador al proceso, el proceso propiamente dicho, o sea,

las etapas o fases del proceso, las salidas que emite el mismo y los clientes externos e internos que reciben estas salidas. En muchos estudios se identifican los requerimientos de calidad que desea el cliente para cada una de las salidas. Se utiliza fundamentalmente para identificar las variables de entradas y de salidas para un posterior análisis de estas y además a partir de las fases generales del proceso que se definen realizar análisis más detallados de estas fases posteriores en la gestión de procesos (Cañedo Iglesias, Curbelo Hernandez, Núñez Chaviano, & Zamora Fonseca, 2012).

Tipos y métodos de investigación

El estudio que se llevó a cabo para el proyecto es de tipo investigación de campo, mediante la recolección de datos en la inspección de la planta, equipos y flujos ya existentes, filtros que aseguran el funcionamiento actual de la planta.

Herramientas para la recolección de la información

Para el proyecto las herramientas utilizadas para la recolección de la información son:

- Trabajo de campo.
- Inspecciones de equipos.
- Información de mantenimientos.

Fuentes de información

- Base de datos Locería Colombiana

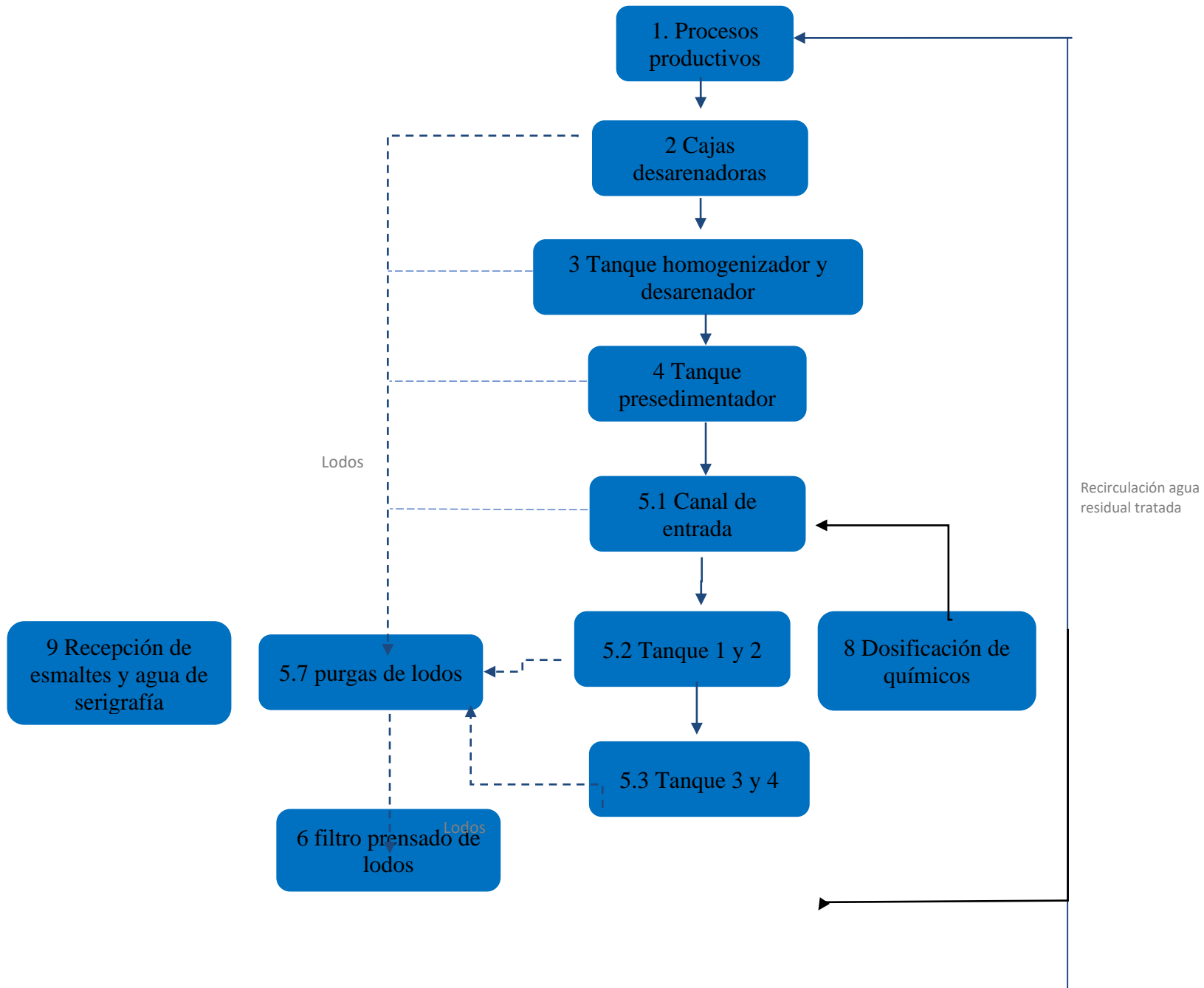
Para llevar a cabo una optimización adecuada que es a lo que se desea llegar, se deben tener en cuenta el proceso y donde se requiere realizar dichas modificaciones.

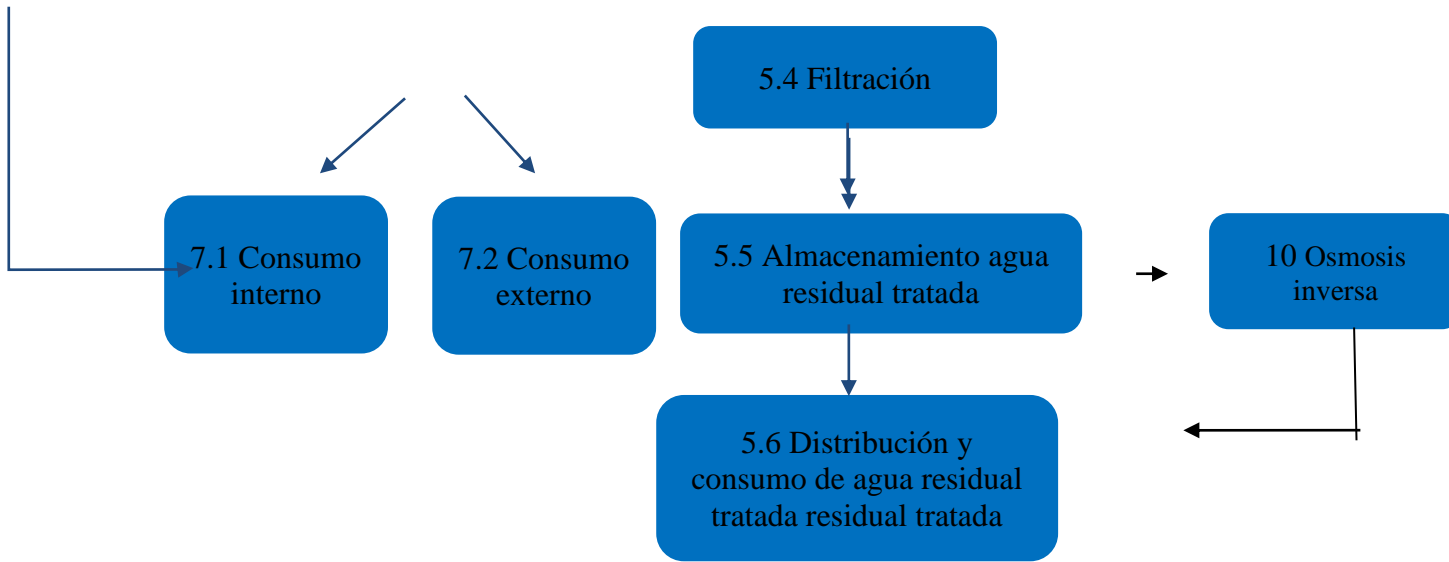
Tabla 1. Optimización.

Equipo / recurso	Finalidad
Cajas desarenadoras	Retener sólidos pesados y retirarlos del agua residual.

Químicos	Favorecer los procesos de coagulación, floculación y desinfección del agua residual.
Mangueras	Permitir el transporte del agua residual.
Tanque de contingencia	Amortiguar los incrementos de agua residual que llegan a la planta de tratamiento.
Tanque homogenizador	Recoger las diferentes corrientes de agua residual de los procesos y mezclarlos.
Tanque desarenador	Retener las arenas que llegan desde los procesos.
Tanque presedimentador	Retener los sólidos más pesados
Canal de entrada	Permitir la dosificación del floculante y coagulante, así como la lectura del caudal de entrada.
Tanque 1 y 2	Favorecer la formación de los floc y garantizar la sedimentación de los sólidos sedimentables y suspendidos.
Tanque 3 y 4	Recoger el agua clarificada.
Tanque osmosis	Almacenar el agua de osmosis
Caños de purgas	Almacenar los lodos generados en la planta de tratamiento.

Figura 5. Diagrama de flujo del proceso.





Análisis de puntos críticos del proceso

Mediante la metodología sipoc se hizo un análisis de todo el proceso, tanto de sus entradas como salidas, con el fin de saber cuáles eran los procesos del tren de tratamiento que llevaba más inversión de tiempo en temas de mantenimiento, haciendo que la inversión de tiempo fuera tan alta y tan contante que se pudieran tomar como horas inefectivas, cuando implementando tecnologías podría alargar la frecuencia y los tiempos de limpieza. A continuación, se evidencia el sipoc, cabe resaltar que los seleccionados como puntos críticos fueron el homogenizador, canal de entrada por la manera en la que se dosifica, ya que de estos depende la mayor parte del comportamiento de el tren de tratamiento; resaltar que a pesar de que las cajas desarenadoras son un punto crítico no están en el alcance del proyecto.

Tabla 2. Puntos críticos del proceso.

PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESO	SALIDAS	TIEMPOS	PROBLEMATICAS
Área de producción	Aguas residuales no domesticas	Cajas desarenadoras	Aguas residuales no domesticas	No depende de planta de aguas, le corresponde a Sodexo	Las cajas desarenadoras no cumplen con las características adecuadas para el manejo de las ARnD, además el mantenimiento que se realiza no es el más adecuado, ya que no se hace la limpieza de la manera requerida
Área de producción	Residuos solidos		Arenas		
EPM	Energía		Residuos solidos		
KAISER	Aire		Energía, aire (bombas)		
			Lodos		
			Esmalte		
Cajas desarenadoras, cárcamos	Aguas residuales no domesticas	Tanque homogenizador	Agua Residual	4-4:30 hr 2 veces x semana 1 Persona	El tanque homogenizador no cumple con la función de homogenizar, sino de sedimentador, lo que hace que se altere el funcionamiento del proceso, además de que allá se generan lodos,
Planta Osmosis	Rechazo osmosis		Arenas		

Cajas desarenadoras, cárcamos	Arenas		Lodos		lo que hace que esto genere más mantenimiento de lo habitual, y no se deberían generar.
Cajas desarenadoras, cárcamos	Residuos solidos		Residuos solidos		
Cajas desarenadoras, cárcamos	Colado*		Ruido		
Cajas desarenadoras, cárcamos	Ligante*				
EPM	Energía				
KAISER	Aire				
Bajante recolector	Agua lluvia				
Cajas desarenadoras	Lodos				
Esmaltadora, preparación de esmalte	Esmalte				
Homogenizador	Agua Residual	Presedimentador	Agua Residual	3-3:30 hr Semanal	Lo que hace que se deba hacer un mantenimiento constante va enlazado con la cantidad de lodos que no se envían a tiempo al caño de purga, haciendo que el homogenizador se colmate y de esta forma llegue una gran cantidad de lodos hasta este tanque, es decir que mejorando la cantidad de sedimentos en el tanque 1 evidenciaremos mejoras y de la misma manera disminuirémos tiempos y frecuencia de mantenimiento.
Homogenizador	Arenas		Arenas		
Homogenizador	Lodos		Lodos		
Homogenizador	Residuos solidos		Residuos solidos		
Homogenizador	Esmalte *				
Homogenizador	Colado*				
Homogenizador	Ligante*				
Presedimentador y homogenizador	Residuos solidos	Canal de entrada	Agua residual no domestica	30- 40min Quincenal	El diseño del canal está en condiciones adecuadas, presentamos problemas en

Presedimentador	Agua residual no domestica		Coagulante		que la dosificación es totalmente manual (ojímetro) lo que hace que se consuman más químicos y además de esto no garantiza que se aplique la cantidad adecuada para el tiempo de agua que entra
Tinas de preparación (clorsa)	Coagulante		Floculante		
Tinas de preparación (clorsa)	Floculante		Desinfectante		
Tinas de preparación (clorsa)	Desinfectante		Agua lluvia		
Bajante recolector	Agua lluvia		Lodos		
Presedimentador y homogenizador	Esmalte *		Esmalte *		
Presedimentador y homogenizador	Colado*		Colado*		
Presedimentador y homogenizador	Ligante*		Ligante*		
Presedimentador	Lodos		Retro lavado de filtros*		
Filtros	Retro lavado de filtros*				
Canal de entrada	Agua residual no domestica	Tanque 1	Agua residual no domestica	4-4:30 hr 2 veces x semana 1 Persona	Lo que hace que se deba hacer un mantenimiento constante va enlazado con la cantidad de lodos que no se envían a tiempo al caño de purga, haciendo que el homogenizador se colmate y de esta forma llegue una gran cantidad de lodos hasta este tanque, es decir que mejorando la cantidad de sedimentos en el tanque 1 evidenciaremos mejoras y de la misma manera disminuirémos tiempos y frecuencia de mantenimiento.
Filtros y canal de entrada	Retro lavado de filtros*	Retro lavado de filtros*			
Bajante recolector	Agua lluvia	Agua lluvia			
KAISER	Aireación	Aireación			
Presedimentador y canal de entrada	Lodos	Lodos			
Presedimentador y canal de entrada	Esmalte *	Esmalte *			
Presedimentador y canal de entrada	Colado*	Colado*			

Presedimentador y canal de entrada	Ligante*		Ligante*		
Tanque 1	Agua residual no domestica	Tanque 2	Agua residual no domestica	3-3:30 hr 20 Días	
Tanque 1	Lodos		Lodos		
Velocidad del agua en el tanque	Energía hidráulica		Energía hidráulica		
Tanque 1	Esmalte *		Esmalte *		
Tanque 1	Colado*		Colado*		
Tanque 1	Ligante*		Ligante*		
Tanque 1	Retro lavado de filtros*		Retro lavado de filtros*		
Tanque 2	Agua residual no domestica	Tanque 3	Agua residual no domestica	2-2:30 hr 20 Días	
Tanque 2	Lodos		Lodos*		
Lavado filtros osmosis	Rechazo lavado de osmosis		Rechazo lavado de osmosis		
Tanque 2	Esmalte *		Esmalte *		
Tanque 2	Colado*		Colado*		
Tanque 2	Ligante*		Ligante*		
Tanque 3	Agua residual no domestica	Tanque 4	Agua residual no domestica	1-1:30 hr 20 Días	
KAISER	Energía (flotadores)		Energía (flotadores)		
Tanque 3	Rechazo lavado osmosis		Rechazo lavado osmosis		
Tanque 3	Esmalte *				
Tanque 3	Colado*				

Tanque 3	Ligante*				
Tanque 4	Agua residual no domestica	Filtración	Agua residual no domestica	2-2:30 hr 12 hr	
EPM	Energía				
Tanque 4	Coloración*				
Filtración	Agua residual tratada	Almacenamiento	Agua residual tratada	5-5:30 hr 6 Meses	
Tanque 4					
Distribución	Agua residual tratada	Desinfección	Agua residual tratada	8-8:30 hr 6 Meses	
Tinas de preparación (clorsa)	Desinfectante		Desinfectante		
EPM	Energía				
Tanque Almacenamiento	Agua residual tratada	Distribución	Agua residual tratada	8-8:30 hr 6meses	
EPM	Energía		Energía		

Lo que posterior a esta identificación de puntos críticos dio pie a una evaluación diagnóstica del sistema para de esta forma realizar las intervenciones y de esta forma darle inicio al proceso de automatización y estandarización, centrado en homogenizador y canal de entrada.

Diagnóstico y evaluación del sistema de pre-tratamiento

Encontramos que en el sistema de pre-tratamiento se ven reflejados la mayor cantidad de inconvenientes, ya que es el lugar en el cual se presenta una alta carga de sólidos sedimentables, lo que hace que se pierda capacidad de retención en los tanques, además de que su caudal de entrada no es constante al igual que su turbiedad presentando variaciones constantes y haciendo de su estandarización algo complejo, por lo cual se identifica como un punto crítico a la hora de optimizar y realizarle el tratamiento.

Diagnóstico y evaluación del sistema de tratamiento primario

En el sistema de tratamiento primario de la empresa, se han establecido las siguientes oportunidades de mejora al proceso:

- No existe una homogenización adecuada de las aguas almacenadas en el tanque homogeneizador donde se van recolectando las aguas residuales industriales previo a su tratamiento. Esta falta de homogenización impide obtener una muestra representativa que permita caracterizar con exactitud el agua residual.
- El tratamiento primario es realizado sin ningún análisis previo, ya que se desconocen las características físicas-químicas del agua residual industrial a ser tratada. Cabe resaltar que la carga de contaminantes en el agua es variable por lo que no se puede tratar el agua residual aplicando siempre la misma dosificación de químicos, los mismos tiempos de reacción, además del tiempo de sedimentación, etc., lo cual garantiza que la remoción de estas partículas haya sido efectiva.

- No existe un ensayo preliminar que permita establecer las condiciones de proceso, ni de la cantidad insumo requerida en el proceso, ya que como expresamos anteriormente es demasiado variables.
- Presencia de floc en la superficie del líquido tratado en calidad de sobrenadante, lo que da muestras de no ha existido una buena formación del floc con el peso adecuado para que se pueda sedimentar, esto se debe por la dosificación inadecuada, es decir, por una dosis excesiva de coagulante o la cantidad no ha sido la suficiente.

Optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales

Para la realización de la optimización de la unidad de tratamiento primario fue necesario realizar las modificaciones de acuerdo con lo establecido en la tratabilidad de las aguas residuales. Las cuales se expresan a continuación:

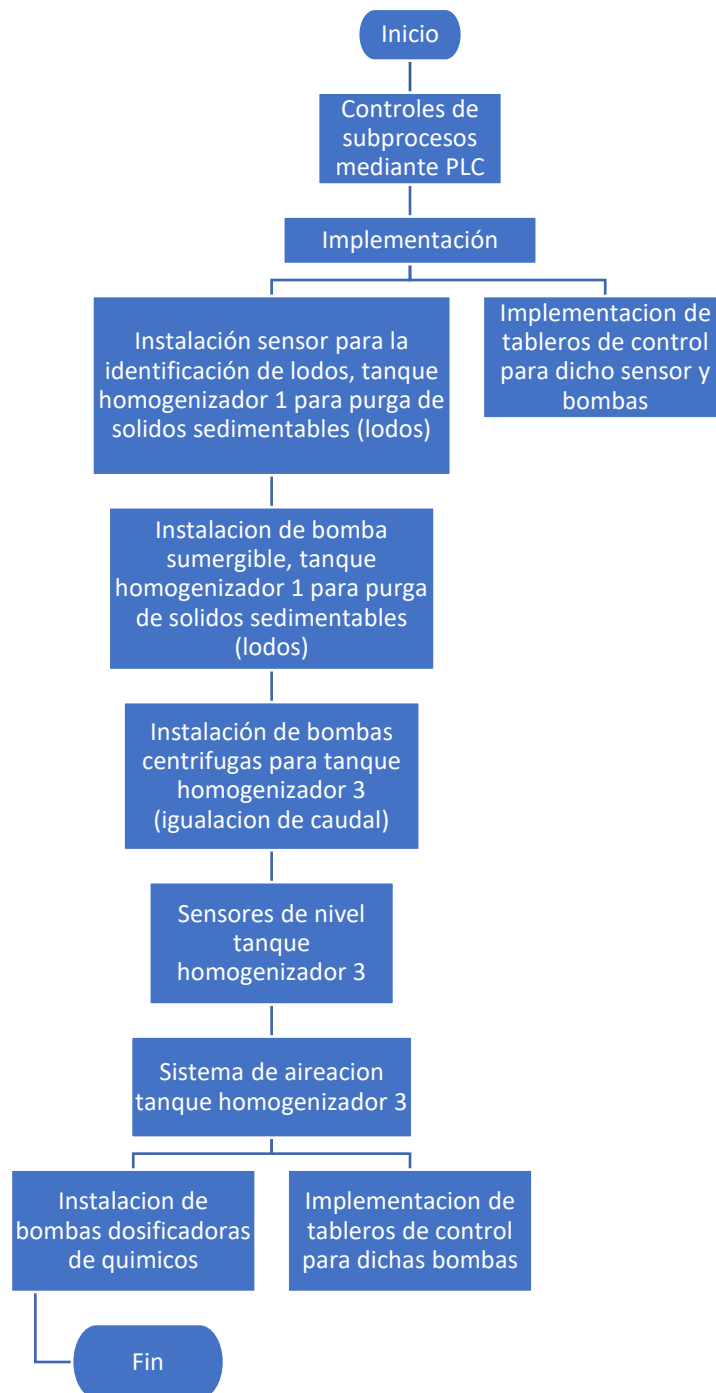
Entrenamiento y capacitación en la operación de la unidad de tratamiento

Para poder realizar la operación de la unidad de tratamiento de manera apropiada es imprescindible el entrenamiento y capacitación al personal que está a cargo del funcionamiento de la PTARnD. Sin el conocimiento no se hace posible una buena operación y los resultados no serían satisfactorios. Este entrenamiento debe ser de manera permanente para que se pueda identificar los errores más comunes durante la operación, determinar el origen de sus causas, establecer medidas que permitan corregir e instituir medidas de control que permitan minimizar los riesgos de repetir las mismas faltas.

Compra de materiales y equipos

Con la finalidad de poder evaluar la calidad del agua que se va a encauzar y determinar las condiciones con que debe ser procesada el agua residual de la empresa, la gerencia general consciente de la importancia aprobó la compra de materiales, equipos, reactivos, instrumentos, para poder realizar la caracterización y establecer las dosis más apropiadas para alcanzar la remoción más efectiva usando la cantidad de reactivos teóricamente requeridos y evitar el sobreuso.

Figura 6. Implementación del sistema automatizado



Sistema de automatización

Al poner en marcha el sistema de automatización se busca mejorar la eficiencia de la planta, así como la optimización de los tiempos de duración en los diferentes procesos ante esta demanda, se planifico un proceso estandarizado, que se efectúa de la siguiente manera:

1. Encendido y apagado de las bombas centrifugas, las cuales dirigen el agua al canal de entrada de la planta, por medio de un controlador lógico programable PLC.
2. Implementación de sensor en tanque 1 para identificar cuando hay lodos, lo que enviara una señal al tablero para que accione la bomba sumergible, haciendo que se evite la colmatación y Re suspensión del material sedimentado físicamente por los efectos de la gravedad.
3. Implementación de bomba sumergible la cual por medio de una programación en simultaneo con el sensor que hará posible el desalojo de dichos solidos sedimentables hacia los caños de purga, evitando los problemas mencionados en el numeral anterior.
4. Implementación de tablero de control en el homogenizador, para tener control de dichos sensores, bombas etc. Estos tableros se encargan de controlar los distintos procesos de manera automática. Adicionalmente cuenta con un sistema paralelo que permite en cualquier momento pasar de modo automático a modo manual.
5. Implementación de sensores de nivel para el control de llenado y vaciado de tanque homogenizador (en el que se almacena el agua residual, que proviene de los distintos procesos), ya que con esto tendríamos tiempos ideales.
6. Instalación de sistema de aireación en el tanque homogenizador 3, para garantizar una turbiedad un poco más constante y más homogénea, logrando de esta manera que la dosificación no presente variaciones.
7. Implementación de bombas dosificadoras, para asegurar los procesos químicos que se dan en la planta evitando que se presenten fenómenos de grandes cantidades de químicos, o por el contrario deficiencia de estos, haciendo que el proceso posterior presente deficiencias.

Equipos utilizados

PLC WAGO

Instalado en el tablero del homogenizador con la finalidad de controlar todo el sistema automatizado instalado. Por medio del puerto Ethernet se realizará una comunicación constante con una HMI. Para su íntegro funcionamiento deberán ser agregados módulos de entrada digital y analógica (4-20 mA) para monitorear en todo momento el valor o estado de las variables más importantes del proceso, así como módulos de salida digital para el accionamiento de las distintas bombas y motores (Oviedo Moreno, 2016).

Imagen 1. PLC WAGO



Fuente: (Wago, 2023).

Bomba sumergible A23H

Es una bomba que tiene un impulsor sellado a la carcasa. El conjunto se sumerge en el líquido a bombear. La ventaja de este tipo de bomba es que puede proporcionar una fuerza de elevación significativa pues no depende de la presión de aire externa para hacer ascender el líquido. Este equipo se utiliza para el bombeo de aguas residuales para enviarlo al pozo de pulimento de tratamiento de aguas residuales (Rosales Velasquez, 2017).

Además, que estas bombas se adecuen fácilmente a estos tipos de aguas las características y las aplicaciones presentadas, fueron las más acordes para el trabajo

requerido, ya que este tipo de bomba era bastante resistente a el tipo de residuos que se manejan en la planta ya que estos son bastante corrosivos.

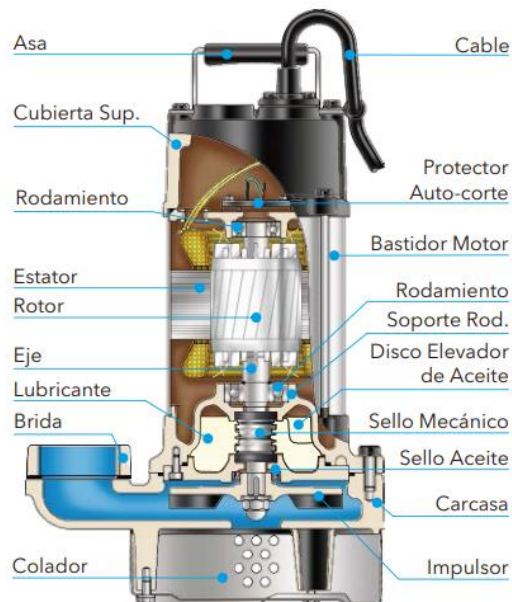
Imagen 2. Bomba sumergible A23H

APLICACIONES

- Drenaje de sumideros.
- Control de inundaciones.
- Fuentes, cascadas y otras decoraciones con agua.
- Drenajes de estanques de peces, sótanos y bodegas.

NOMENCLATURA DEL PRODUCTO

A/AN	–	2	1
Tipo		Descarga Pulg	HP



Fuente: (HCP, 2022).

Bombas Dosificadoras con doble diafragma

Realizan el movimiento de fluidos mediante la utilización de aire comprimido o gas natural (en determinadas condiciones). Son una excelente opción para un amplio rango de aplicaciones, debido a su bajo costo inicial, instalación simple y gran flexibilidad frente a diferentes condiciones de bombeo. Este tipo de equipo suprime las principales deficiencias de las bombas a diafragma de accionamiento mecánico y ofrece una serie de ventajas frente a otros tipos de bombas (INDESUR, 2018).

Imagen 3. Bombas Dosificadoras con doble diafragma



Controlador de dosificación por pulsos.

El Controlador PDC-S, es un dispositivo diseñado para realizar el control de dosificación y/o flujo de líquidos con bombas de diafragma que tengan la opción de control por medio de pulsaciones y/o señal analógica. Con modos de operación predefinidos, seleccionables (Trasegar, 2022).

Imagen 4. Controlador de dosificación por pulsos



Fuente: (Endress+Hauser, 2022).

Electroválvulas

Válvulas monoestables operadas a través de bobinas energizadas a 120 V AC con función de válvula 2/2 vías que controlan el encendido automático de las bombas neumáticas distribuidas a lo largo del proceso (Oviedo Moreno, 2016).

Imagen 5. Electroválvula



Fuente: (FESTO, 2022).

Mejora en el sistema de homogenización

Para propiciar una homogenización de las aguas residuales almacenadas en el tanque 2 y 3 de homogenización se llevó a cabo la implementación de aireación de modo que el homogenizador si cumpliera su trabajo y proporcionara turbiedades más constantes, ya que en uno de los ensayos realizados para la construcción de la curva de turbiedad se evidencio que se tienen valores un poco variables(tabla #), de igual forma esto aporta a la estandarización y optimización del procesos; además de esto se instalaron bombas eléctricas, con el fin de que el caudal en el canal de entrada previo al tratamiento físico-químico sea constante, lo que al tener la turbiedad y el caudal más estandarizados, tendremos una mejor dosificación y para hacerlo de una manera más optima, se instaló un tablero PLC, conjunto con sensores de nivel lo que hace que la bomba funcione de manera automática sin que los colaboradores deban prender u apagar (imagen#1 antes, imagen#2 después). Otra mejora presentada en el homogenizador fue reducir la velocidad del canal de entrada (imagen#3 antes, imagen #4 después), lo que hace que los sólidos sedimentables del fondo se re-suspendieran, haciendo que la calidad del agua variara notoriamente, adicional a esto aumentamos la pendiente en el tanque 1 del homogenizador (imagen#5 antes, imagen #6 después) con el objeto de que nuestros lodos por gravedad quedaran en un solo lugar y no se distribuyeran en todo el tanque, conjuntamente se instaló

una bomba sumergible con un sensor de lodos, el cual por programación idéntica cuando los lodos obtienen columna significativa, lo que posteriormente envía una señal a el PLC para que encienda dicha bomba, lo que garantiza que a nuestros caños de lodo, llegue lodo y no agua.

Tabla 3. Hallazgos homogenización.

TURBIEDAD INICIAL	COAGULANTE	FLOCULANTE	TURBIEDAD FINAL
95	0,2	0,2	1,8
161	0,5	0,3	1,8
232	0,4	0,3	2,41
280	0,3	0,4	1,24
333	0,5	0,5	2,65
624	0,4	0,5	1,75
652	0,5	0,6	2,56
656	0,6	1	1,69
881	2	1	2,17
888	1	1,1	1,87
1020	3	2	1,45
3320	4	2,2	0,89
3790	2	3	1,89
3860	6	4	1,85
6380	3	6	2,86
13600	6	7	2,1

Gráfico 1. Turbiedad Inicial – Coagulante

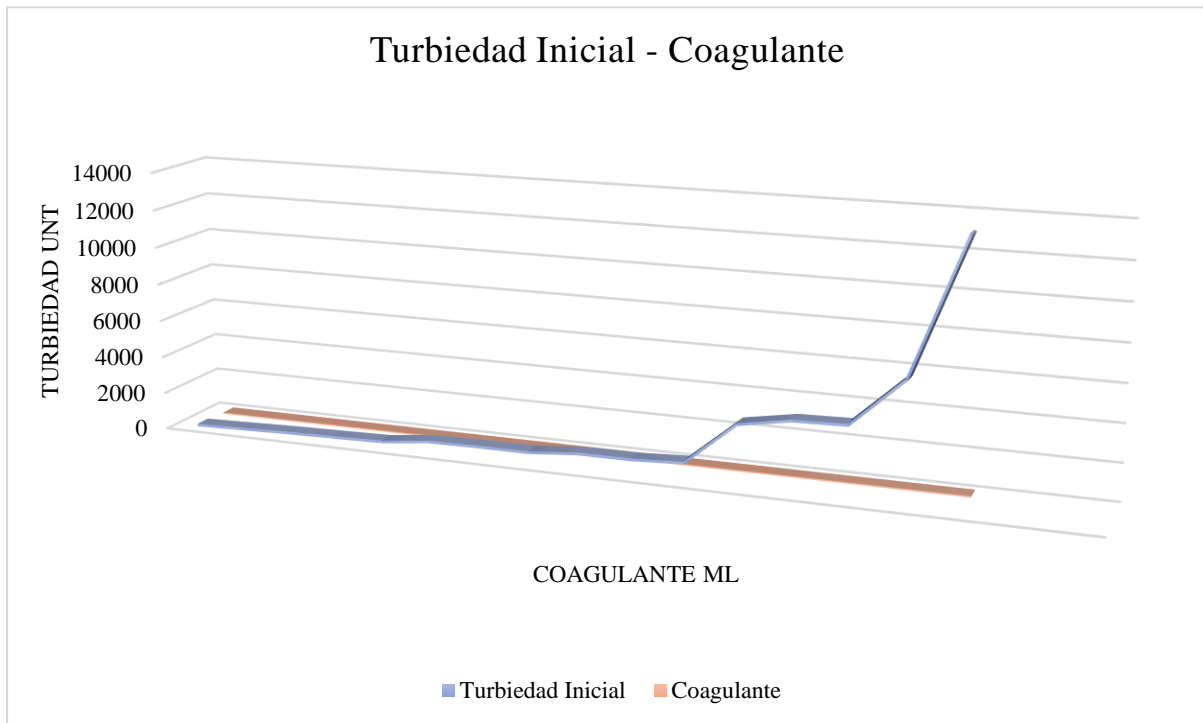


Gráfico 2. Floculante – Turbiedad Final

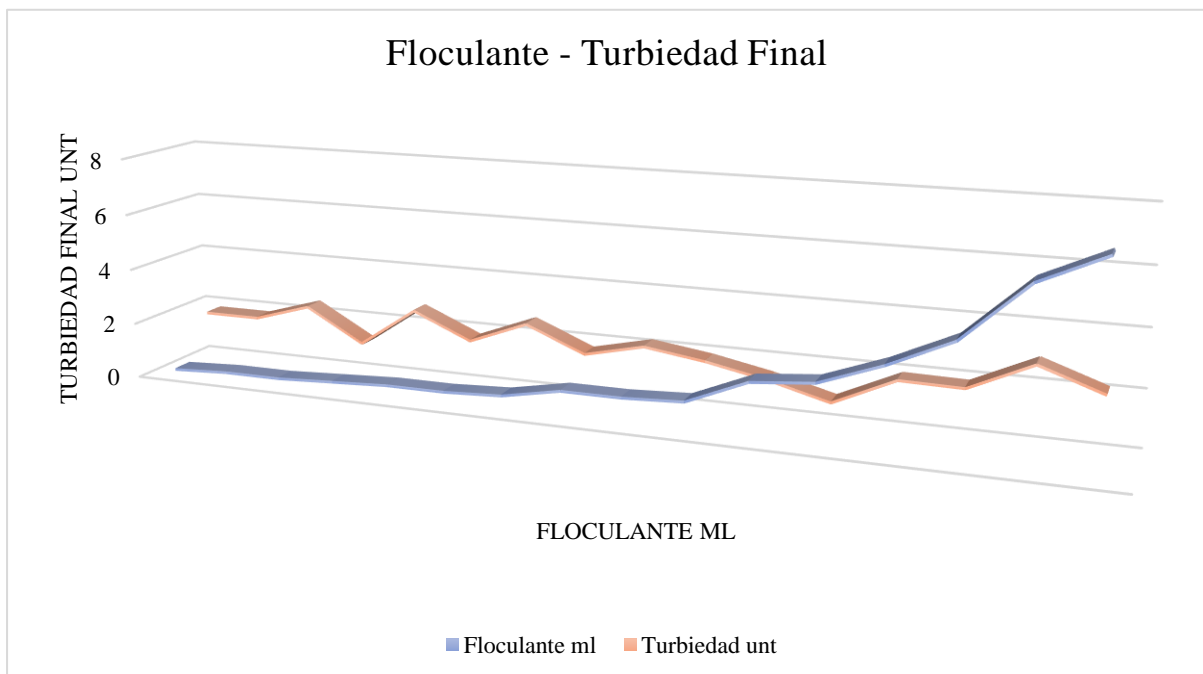


Gráfico 3. Turbiedad Inicial - Floculante

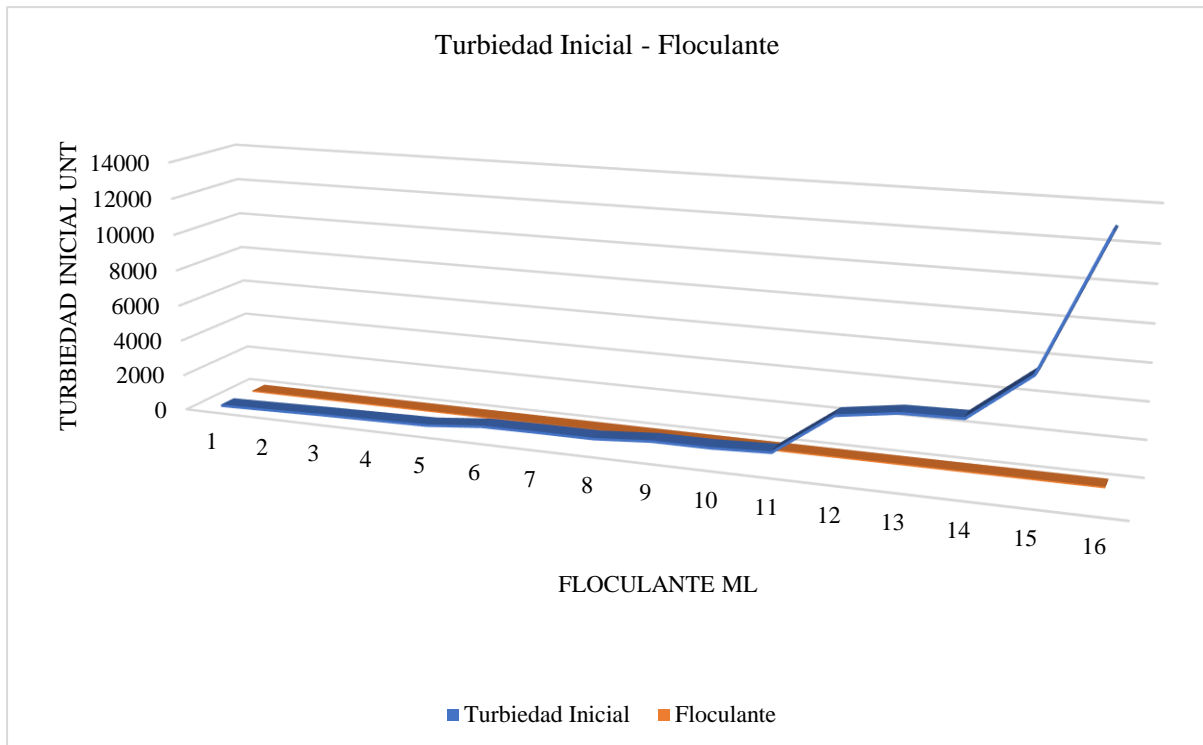
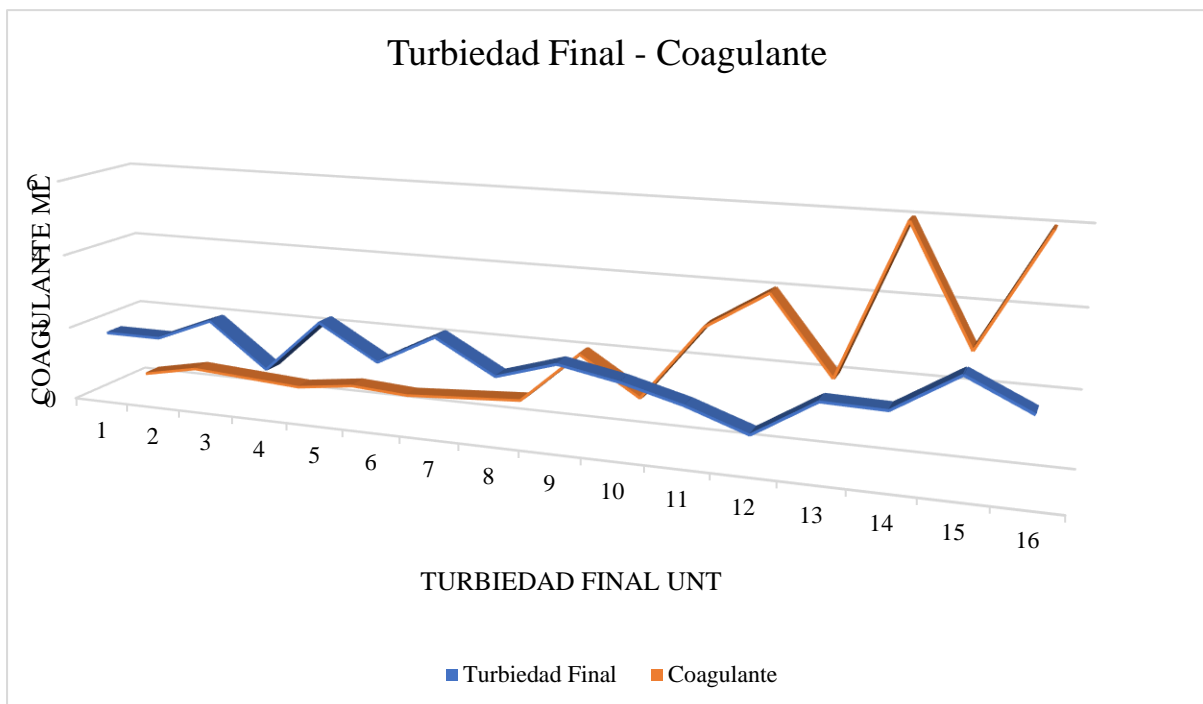


Gráfico 4. Turbiedad Final – Coagulante



Cabe resaltar que este muestreo de datos se hizo con el fin de crear una curva de turbiedad ya que la empresa no contaba con esta por las variaciones tan constantes en su proceso, dejando esto como una noción y un avance para finalizar los procesos de construcción de dicha curva.

Imagen 6. Tablero de control homogenizador anterior



Imagen 7. Unificación del tablero anterior



Imagen 8. Reductor de velocidad en el canal de entrada



Imagen 9. Antes Canal de entrada



Imagen 10. Tanque 1 homogenizador



Imagen 11. Pendiente del tanque 1 homogenizador



Mejora en el sistema de dosificación.

Se constató que uno de los puntos críticos era el sistema de dosificación ya que se dosifica con base a la experiencia mas no con un ensayo preliminar previo, lo cual hace que el proceso no se lleve de una manera estandarizada, lo cual garantiza que la remoción de estas partículas posiblemente no haya sido efectiva, además no gastando el químico

adecuado, ya que en muchos casos podría ser mucho, y en otros lo contrario, por esta razón se implementaron las bombas dosificadoras, las cuales estarían controladas por un tablero PLC, para garantizar que la dosificación es la adecuada, con base en los ajustes tano de caudal, como en homogenizar la turbiedad presentada.

Imagen 12. Tablero controlador de bombas dosificadoras



Imagen 13 Inicial sistema de dosificación manual 1



Imagen 14. Inicial sistema de dosificación manual 2



Imagen 15 Inicial sistema de dosificación manual 3



Imagen 16. Bomba Dosificadora



Conclusiones

- El aporte tecnológico realizado en este proyecto es la selección, la instalación y puesta en marcha de los equipos apropiados para mejorar y estandarizar una mejor calidad de agua residual tratada.
- Se lograron identificar los puntos críticos del proceso mediante metodologías de análisis, de los cuales se identificaron dos puntos críticos los cuales son el canal de entrada en donde se da la dosificación y el homogenizador, ya que de estos dos procesos depende la mayor parte del funcionamiento adecuado de los procesos posteriores.
- Se le calcularon los volúmenes de cada uno de los tanques disponibles en la planta de tratamiento, aclarando que nos centramos principalmente en el tanque homogenizador con el fin de calcular su TRH, lo que satisfizo las necesidades del equipo, ya que este cumple con el volumen para el almacenamiento del fluido en cierta cantidad de tiempo.
- La identificación de los puntos críticos del proceso para realizar los cambios respectivos, así como el establecimiento de normas y mecanismos que minimicen los riesgos potenciales de contaminación, constituye otro de los aportes tecnológicos.
- La empresa Locería Colombiana, encargada de la industria cerámica, en la realización de su actividad económica no genera mayor impacto al entorno donde está ubicada, debido a que se trata de un sector el cual no es industrial, lo que lo hace un entorno social, resaltando que su gestión está encaminada a realizar su actividades obedeciendo estrictamente al marco legal que la rige; labor que se demuestra fácilmente ya que cuenta con todos los permisos requeridos por las diversas autoridades de control, además de garantizar el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

- Partiendo de la propuesta de mejora, en función de los recursos humanos y materiales que estuvieron disponibles, fue posible evaluar las nuevas modificaciones del proceso en la PTAR.
- Se lograron identificar los puntos críticos del proceso mediante metodologías de análisis, de los cuales se identificaron dos puntos críticos los cuales son el canal de entrada en donde se da la dosificación y el homogenizador, ya que de estos dos procesos depende la mayor parte del funcionamiento adecuado de los procesos posteriores.

Referencias.

- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2019). *Guía para el monitoreo hidráulico mediante el levantamiento de secciones volumétricas, mediciones de velocidad y estimaciones de valores de caudal, en cuerpos de agua superficiales*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- Arenas Castaño, F. A., & Londoño Giraldo, W. H. (2015). *Diseño de un sistema automatizado para una planta de tratamiento de para una planta de tratamiento de* . Medellín: ITM.
- Cañedo Iglesias, C. M., Curbelo Hernandez, M. A., Núñez Chaviano, K., & Zamora Fonseca, R. (2012). Los procedimientos de un sistema de gestión de información: Un estudio de caso de la Universidad de Cienfuegos. *Bibliós*, 12.
- Chacon Chaquea, M. Y. (2016). *Análisis Físico Químico De La Calidad Del Agua*. Bogota: Ediciones UTSA.
- Cruz, F. J. (2011). *Abastecimiento de aguas*. Cartagena: Universidad Polietcnica de Cartagena.
- Cuidoelagua. (2009). *¿Qué son las Aguas Residuales?* (E. C. Garavito, Editor) Obtenido de [cuidoelagua.org](http://www.cuidoelagua.org) empápate de información:
<http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/aguasresiduales.html>
- Endress+Hauser. (2022). Controlador de dosificación. Obtenido de <https://www.co.endress.com/es/instrumentacion-campo/componentes-sistema/controlador-dosificacion-RA33?t.tabId=product-overview>
- FESTO. (2022). Electroválvulas MN1H. Obtenido de https://www.festo.com/cat/es-ve_ve/products_PA_MS_MN1H
- Fuquene Yate, G. A. (2006). *Diseño y simulación de una planta automatizada de tratamiento de aguas para la industria farmacéutica*. bogotá: universidad de san buenaventura.

- Fúquene, D. M., & Yate, A. V. (2018). *Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales*. Bogotá: Working papers.
- HCP. (2022). AF 60Hz Series. *Submersible sewage wastewater pumps*. Obtenido de <https://www.hcppump.com/uploadfiles/484/QR-code/DAFEN6.pdf>
- INDESUR. (22 de Octubre de 2018). Manual de instalación, operación y mantenimiento. Buenos aires, Argentina.
- INTERAPAS. (2018). Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales. CDMX, México.
- Koning, J. (2008). Characterisation and assessment of water treatment technologies for reuse. *Desalination*, 218.
- Manga, J. (2001). Reuso de aguas residuales: Un recurso hídrico disponible. *Revsta Científica Ingeniería y Desarrollo*, 10.
- Martel, A. B. (2002). Aspectos fisicoquímicos de la calidad el agua. En A. B. Martel, *Aspectos fisicoquímicos de la calidad el agua* (pág. 55).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 631 (Resolución 18 de Abril de 2015).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1256 (Resolución 23 de Noviembre de 2021).
- Ospina Valdes, A. M., & Nieto Roa, L. M. (2009). *Caracterización de agua cruda y tratada para el proceso de fabricacion de h2so4 en la empresa industrias basicas de caldas* . Pereira.
- Oviedo Moreno, F. F. (2016). *Automatización y control operacional de la planta de tratamiento de aguas residuales de una productora cartonera*. guayaquil: escuela superior politécnica del litoral. obtenido de

<https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/3fa3f1de-f738-4cc2-827d-000ccb93982d/d-103235.pdf>

Perez Farras, L. (2005). *Teoría de la sedimentación*. Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

Quintuña Tene, J. M., & Samaniego Gomezcoello, M. (2016). *Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua potable de la planta potabilizadora del cantón Chordeleg*. Cuenca – Ecuador: Universidad de Cuenca.

Rios, J., Posada, J., & Uribe, J. (2011). Revisión e identificación de tratamientos para la determinación del potencial de recirculación de aguas residuales industriales. *Investigaciones Aplicadas*, 14.

Romero Rojas, J. A. (2004). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Rosales Velasquez, R. (2017). *Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos del área Lavadero Salinas de la empresa DELISHELL S.A.C.* Chimbote Perú: Universidad San Pedro.

Trasegar. (2022). *Controlador de dosificación por pulsos, Manual de operación*. Medellín, Colombia.

Wago. (2023). *Controladores 750*. Recuperado el 6 de Enero de 2022, de <https://www.wago.com/es/tecnología-de-automatización/plcs/750-controladores>