



Implementación de un sistema integral de seguimiento en la planta de tratamiento de aguas
residuales no domésticas en H. B. Fuller Colombia S.A.S

Luisa Fernanda Rendón Restrepo

Trabajo para optar al título de Ingeniera ambiental

Asesor

Yésica María Gómez Jaramillo, Magíster en ingeniería ambiental

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería

Pregrado

Medellín

2024

Cita

(Rendón Restrepo, 2024)

Referencia

Rendón Restrepo, L., (2024). *Implementación de un sistema integral de seguimiento*

en la planta de tratamiento de aguas residuales no domésticas en H. B.

Fuller Colombia S.A.S, [Semestre de industria]. Universidad de Antioquia,

Estilo APA 7 (2020)

Medellín.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Julio Cesar Saldarriaga Molina

Jefe departamento: Lina María Berrouet Cadavid

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y por ser mi guía y sostén en cada paso de este camino académico. Su esfuerzo y sacrificio han sido la base sobre la que he construido mis logros. A mi hermano, por su compañerismo, aliento y por creer siempre en mis capacidades. Su apoyo ha sido fundamental para superar cada desafío.

A mi familia, por estar siempre presente, brindándome palabras de ánimo, comprensión y cariño. Gracias por ser mi inspiración y por celebrar conmigo cada pequeño y gran triunfo.

Este trabajo es un reflejo de todo lo que he recibido de ustedes. Sin su apoyo, esto no habría sido posible. Con todo mi corazón, les dedico este logro.

Agradecimientos

A H. B. Fuller, por permitirme culminar mi formación y brindarme una experiencia enriquecedora llena de aprendizajes y oportunidades. Gracias a Juan Serna y Andrea Acosta, por compartir generosamente sus conocimientos y por su infinita paciencia. Sus enseñanzas y guía han sido fundamentales para mi crecimiento durante este proceso.

A mis compañeros practicantes y operarios, por crear un ambiente de trabajo ameno, lleno de risas y momentos de disfrute. Su compañía hizo de esta experiencia algo verdaderamente memorable y gratificante.

Tabla de contenido

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
1 Objetivos	9
1.1 Objetivo general	9
1.2 Objetivos específicos.....	9
2 Marco teórico	10
3 Metodología	12
3.1 Diagnóstico.....	12
3.2 Identificar y determinar protocolos y formatos.....	13
3.3 Elaboración del instructivo e implementación de SGA	13
3.4 Programa de capacitación.....	14
4 Resultados y análisis	15
4.1 Diagnóstico.....	15
4.2 Identificar y determinar protocolos y formatos.....	18
4.3 Elaboración del instructivo e implementación de SGA	19
4.4 Programa de capacitación.....	19
5 Conclusiones	21
6 Recomendaciones.....	22
Referencias	23

Lista de tablas

Tabla 1 Análisis de sólidos suspendidos totales para tres IBC diferentes.....	17
--	----

Lista de figuras

Figura 1 Patio de maniobras materia prima enero 2024 – junio 2024	15
Figura 2 Sitios de muestreo en IBC y resultado de tratamiento a escala para cada una de las ubicaciones	16
Figura 3 Instrumentos de medición antes y después del diagnóstico.....	18
Figura 4 Implementación de etiquetas según SGA	19
Figura 5 Capacitaciones en la PTARnD	20

Siglas, acrónimos y abreviaturas

PTARnD	Planta de tratamiento de aguas residuales no domésticas
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
L	Litros
mL	Mililitros
JSA	Job safety analysits
SGA	Sistema globalmente armonizado
EHS	Environmental, health and safety
IBC	Intermediate Bulk Container
PVA	alcohol polivinílico
m³	Metros cúbicos

Resumen

H.B. Fuller es una empresa dedicada a la fabricación de adhesivos industriales. En los diferentes procesos de la organización, se generan cuatro tipos de aguas no aptas para vertimiento. Por esta razón, la compañía ha decidido implementar una planta de tratamiento de aguas residuales no domésticas para permitir el vertimiento del líquido directamente al alcantarillado, cumpliendo con la normativa 0631 de 2015. El propósito de este documento es demostrar la implementación de herramientas en la empresa para la gestión correcta y eficiente de la planta de tratamiento de aguas residuales no domésticas. Esto se logrará mediante un instructivo, capacitaciones, formatos de control y gestión del riesgo químico, todos ellos elementos fundamentales para satisfacer las necesidades de la compañía, enmarcados en un sistema integral de seguimiento.

Palabras clave: PTARnD, aguas residuales, riesgo químico.

Abstract

H.B. Fuller is a company dedicated to the manufacture of industrial adhesives. In the different processes of the organization, four types of water are generated that are not suitable for discharge. For this reason, the company has decided to implement a non-domestic wastewater treatment plant to allow the discharge of the liquid directly to the sewer, complying with regulation 0631 of 2015. The purpose of this document is to demonstrate the implementation of tools in the company for the correct and efficient management of the non-domestic wastewater treatment plant. This will be achieved through an instructive, training, control formats and chemical risk management, all of them fundamental elements to meet the needs of the company, framed in a comprehensive monitoring system.

Keywords: Non-domestic wastewater treatment plant, wastewater, chemical risk.

Introducción

HB Fuller es una empresa con una vasta trayectoria en el desarrollo y fabricación de adhesivos industriales, con presencia en países como Brasil, Estados Unidos y Argentina, entre otros. En Colombia, tiene una sede en el municipio de Rionegro, Antioquia, donde se producen dos líneas de adhesivos: a base de aceite (línea *hot melt*) y a base de agua (línea PVA). Durante el proceso de producción de estos productos, se generan cuatro tipos de aguas residuales: agua de purga de caldera, agua de bomba de vacío, agua *hot melt* y agua de enjuague de PVA.

Para gestionar estas aguas, anteriormente se requería invertir en un gestor externo para su tratamiento. Por ello, la empresa decidió implementar una planta de tratamiento de aguas residuales industriales, con el fin de gestionar estas aguas y poder verterlas directamente al alcantarillado, cumpliendo con los parámetros establecidos en la resolución 0631 de 2015. Esta normativa establece los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

Para llevar a cabo esta implementación, se realizaron los estudios necesarios y se determinó que el tratamiento se efectuaría con una mezcla de aguas de purga de caldera y aguas *hot melt* en una proporción de 2:1, respectivamente. El tratamiento se lleva a cabo mediante un método primario que consiste en coagulación y floculación.

El proyecto fue impulsado por la necesidad de monitorear las cantidades de agua tratadas, ya que desde julio de 2023 no se realizaron envíos al gestor autorizado debido a la inversión destinada a la implementación de la PTARnD. Esto resultó en un gran almacenamiento de aproximadamente 150 m³ de agua en el patio de maniobras de materia prima. En este contexto, el objetivo principal del trabajo es proporcionar las herramientas necesarias para controlar el tratamiento de aguas, incluyendo la cantidad de líquido y las sustancias dosificadas, para asegurar

que el proceso se realice satisfactoriamente. Además, se incluyó la implementación de medidas de gestión del riesgo químico.

Para alcanzar estos objetivos, se desarrollaron formatos, jornadas de capacitación, y la implementación de etiquetas y hojas de seguridad conforme al SGA. Es importante mencionar que desde julio de 2023 se acumularon alrededor de 230 IBC con diferentes tipos de agua, debido a que la inversión realizada no permitía enviar las aguas por falta de presupuesto. Esto generó diversas complicaciones en el tratamiento, ya que en ocasiones los IBC se encontraban contaminados con PVA, uno de los adhesivos fabricados en la planta que no puede ser tratado en la PTARnD debido a su composición.

Ante esta situación, se identificó la necesidad de incluir en la capacitación la selección de IBC aptos para almacenar las aguas antes de su tratamiento. Adicionalmente, se decidió realizar mediciones de pH y cálculos de sólidos suspendidos totales para determinar si es posible tratar las aguas *hot melt* contaminadas con PVA, con el fin de reducir al máximo la cantidad de aguas enviadas al gestor externo.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Implementar el sistema de seguimiento integral para la planta de tratamiento de aguas residuales no domésticas en la empresa H. B. Fuller.

1.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el funcionamiento que se desarrolla diariamente en la PTARnD, identificando puntos de mejora y posibles controles a implementar.
- Identificar y determinar los protocolos o formatos de seguimiento necesarios para el correcto funcionamiento de la planta enfocados en evaluar la eficiencia y correcta operatividad.

- Elaborar un documento de fácil comprensión que detalle los procedimientos, la preparación y dosificación de compuestos químicos a fin de mantener la calidad del agua tratada dentro de los parámetros establecidos por las regulaciones ambientales.
- Capacitar los operarios de la planta para lograr un funcionamiento eficiente de la PTARnD.

2 Marco teórico

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales tienen la capacidad de transformar las aguas residuales en agua potable o apta para vertimiento mediante una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos diseñados para eliminar los contaminantes presentes en el líquido (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2020). Con este instrumento se puede proteger el medio ambiente mediante el adecuado vertimiento cumpliendo la normativa 0631 de 2015, por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Lo anterior es de vital importancia ya que “los vertimientos de aguas residuales a los cuerpos de agua no solo impactan la vida acuática, si no que afectan principalmente la salud humana debido a que contienen grandes cantidades de microorganismos patógenos generadores de múltiples enfermedades” (Escorcía, 2020). La PTARnD realiza un tratamiento primario que consiste en la homogenización, test de jarras, coagulación, floculación y filtrado. Estos procesos realizan o se detallan a continuación:

1. El proceso de homogenización consiste en homogenizar las aguas y medir su pH, hasta llevar este parámetro a los valores requeridos para continuar la circulación por la planta de tratamiento.
2. El test de jarras es una etapa importante en el proceso de tratamiento de aguas residuales, y requiere de especial seguimiento, ya que es una prueba de corta

duración y permite mediante observación identificar el comportamiento de los coagulantes empleados, lo que complementa los resultados de medición de parámetros en cada jarra. El correcto desarrollo y cálculo de parámetros en esta prueba permite establecer la dosis óptima a usar a nivel piloto o escala real en una PTAR (Fúquene & Yate, 2018).

3. La coagulación se define como un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se produce al neutralizar las fuerzas que las mantienen separadas, por medio de la adición de coagulantes químicos y la adición de energía de mezclado (Andía, 2000).
4. La floculación tiene como objetivo promover el crecimiento y aumento del peso específico de las partículas (Piedrahita, 2006).
5. Por último, se pasa el agua por un filtro de carbono, es fundamental para mejorar la calidad del agua tratada, proteger la salud pública y el medio ambiente, y garantizar la eficiencia y durabilidad de los sistemas de tratamiento de agua (Perrich, 1981).

Por otra parte, la capacitación de los empleados es fundamental, ya que ayuda a entender los procedimientos operativos, las normativas ambientales y de seguridad y los riesgos asociados al manejo de sustancias peligrosas (Sprarecue, 2022). Las capacitaciones no solo mejoran la competencia técnica y habilidades del personal, sino que también promueve un entorno laboral seguro, reduce la incidencia de errores operativos y contribuye a la eficiencia general. (Obando, 2020). Por último, la gestión del riesgo químico es fundamental y para su administración se usa el Decreto 1496 de 2018, expedido por el Ministerio de trabajo de Colombia, donde se adopta la identificación y gestión de sustancias químicas usando en SGA (Diaz et al., 2019). Debido a esto

surge la necesidad de la implementación de las hojas de seguridad detalladas para todos los procesos y productos químicos utilizados en una PTARnD, es esencial para garantizar la protección del personal y prevenir riesgos laborales. Estas hojas proporcionan información crítica sobre los peligros potenciales, medidas de precaución y procedimientos de emergencia, lo que permite al personal tomar las precauciones adecuadas y responder adecuadamente a situaciones de riesgo (Ministerio del trabajo, 2018). Además de cumplir con requisitos normativos, la implementación de hojas de seguridad promueve una cultura de seguridad, demostrando el compromiso de la organización con el bienestar de sus empleados y la prevención de accidentes en el lugar de trabajo.

3 Metodología

Las actividades que se realizaron consistieron en visitas a campo, análisis documental y revisión de información de diferentes fuentes, con el fin de diagnosticar y establecer correctamente el sistema integral de seguimiento de la PTARnD. A continuación, se presentan de manera detallada las fases y técnicas implementadas para el desarrollo del trabajo.

3.1 Diagnóstico

Se revisó el manual de operaciones proporcionado por la empresa contratada para la implementación de la PTARnD. En este documento se encontraron indicaciones detalladas sobre el funcionamiento del sistema, incluyendo las posiciones adecuadas de las válvulas durante el proceso, el manejo del tablero de control, la preparación y dosificación de sustancias químicas, la respuesta a situaciones de emergencia, y las recomendaciones para la limpieza de filtros, entre otros aspectos.

Adicionalmente, se realizaron visitas al sitio de trabajo para evaluar el estado de diversas actividades, incluyendo la gestión del riesgo químico. Estas visitas permitieron identificar las acciones necesarias para mejorar el sistema. La presencia del personal de EHS fue crucial, ya que proporcionaron información valiosa sobre el funcionamiento del sistema y los puntos críticos de mejora.

Se llevaron a cabo aproximadamente tres visitas semanales, cada una de tres horas, durante un mes. Este periodo extendido permitió verificar la consistencia en la ejecución de los procedimientos, supervisar la preparación de sustancias químicas y asegurar el funcionamiento general de la PTARnD.

3.2 Identificar y determinar protocolos y formatos

Se recolectó información mediante visitas al sitio de trabajo, solicitando al equipo de calidad la plantilla interna para establecer el formato de control, y recibiendo sugerencias de la gerencia sobre los aspectos a evaluar mediante la documentación. De esta manera, se determinaron los controles a implementar y las herramientas necesarias para llevar un registro de las cantidades de agua tratada y las sustancias utilizadas en el abastecimiento de la PTARnD.

3.3 Elaboración del instructivo e implementación de SGA

Para cumplir con el objetivo de seguimiento a la PTARnD, se consideró necesario incluir un instructivo que detalle los procedimientos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema. Para ello, se utilizó una plantilla interna de Fuller que incluye secciones como objetivo, alcance, campo de aplicación, responsable, definiciones, contenido, registros, documentos de referencia y anexos, si es necesario. La elaboración del formato final del instructivo requirió reuniones de revisión con el personal de EHS y calidad, y finalmente, el documento fue enviado a esta última área para su inclusión en el sistema de gestión.

Además, durante las visitas a la PTARnD, se identificaron y etiquetaron los productos químicos. Esta actividad tomó alrededor de una semana para determinar qué recipientes necesitaban señalización y otra semana para familiarizarse con el SGA, bajo el cual H.B. Fuller realiza el etiquetado de sustancias químicas. Inicialmente, se solicitaron las hojas de seguridad al proveedor. Una vez recibidas, se utilizó un programa desarrollado por SURA para realizar todo el etiquetado según el SGA de la empresa. Finalmente, las etiquetas se imprimieron con las impresoras internas de la compañía.

3.4 Programa de capacitación

Utilizando las herramientas desarrolladas en este proyecto, como formatos, instructivos e implementación del SGA, se brindó una capacitación integral a cinco operarios (cuatro de producción y uno de mantenimiento) mediante una metodología teórico-práctica. Durante esta capacitación, se detallaron los procedimientos necesarios para la operación, la selección de aguas para tratamiento, la preparación de sustancias como ácidos, bases, coagulantes y floculantes, y su dosificación, la realización de pruebas de jarras y su interpretación, además de puntos clave en la operación, como cebado de válvulas, limpieza de filtros y aseo general.

La formación se llevó a cabo en la PTARnD durante una jornada presencial de 8 horas. Se compartió toda la información previamente mencionada y desarrollada. Tras recibir las indicaciones, se evaluó el aprendizaje permitiendo a los operarios realizar el proceso de tratamiento de manera individual, tanto el día de la capacitación como en días posteriores. Durante estas sesiones, las áreas enviaban a sus operarios para apoyar el tratamiento del agua. El personal ambiental y de EHS acompañó estas jornadas para asegurarse de que la capacitación se había realizado correctamente y cumplía con los objetivos establecidos.

4 Resultados y análisis

4.1 Diagnóstico

En esta etapa, se realizaron visitas al campo y se recolectó información de diferentes áreas como producción, mantenimiento y EHS. Esto permitió entender una situación importante: desde julio de 2023 se acumularon alrededor de 230 IBC con distintos tipos de agua debido a que la inversión realizada no permitía enviar las aguas al gestor para su disposición final por falta de presupuesto. Esta acumulación generó diversas complicaciones en el tratamiento de las aguas, ya que en ocasiones los IBC estaban contaminados con PVA, uno de los adhesivos fabricados en la planta, el cual no puede ser procesado en la PTARnD debido a su composición.

Figura 1

Patio de maniobras materia prima enero 2024 – junio 2024



Para solucionar este problema, se socializó con los operarios la necesidad de seleccionar adecuadamente los IBC para almacenar aguas *hot melt*. Además, se decidió realizar mediciones de pH, sólidos suspendidos totales y el proceso de coagulación y floculación a escala para

determinar si era posible tratar las aguas contaminadas con PVA. Esto permitiría reducir al máximo la cantidad de aguas enviadas al gestor externo.

Para realizar las mediciones, se tomaron dos muestras de un mismo IBC en dos puntos diferentes, denominadas muestra superior y muestra inferior, como se muestra en la figura 2. Esto permitió determinar las condiciones variables en cada sitio de muestreo. En la tabla 1 se presentan los sólidos suspendidos totales para tres IBC diferentes.

Figura 2

Sitios de muestreo en IBC y resultado de tratamiento a escala para cada una de las ubicaciones



Tabla 1

Análisis de sólidos suspendidos totales para tres IBC diferentes

	Muestra	Peso aluminio	Aluminio + agua	Peso agua	Aluminio seco	Peso SST	% sólidos en agua
IBC	Arriba	0,9906	3,091	2,1004	0,9912	0,0006	0,029
1	Abajo	1,0467	4,6653	3,6186	1,0501	0,0034	0,094
IBC	Arriba	1,0638	3,8746	2,8108	1,0645	0,0007	0,025
2	Abajo	1,1122	3,4126	2,3004	1,1168	0,0046	0,200

Como se observa en la figura 2, el tratamiento de coagulación y floculación a escala de la PTARnD fue favorable para la muestra superior. Esto permitió determinar que era posible el tratamiento al dejar sedimentar el PVA, ya que los sólidos suspendidos totales y la viscosidad del líquido eran mayores en el fondo del IBC. Por lo tanto, se decidió tratar el 80% del contenido del IBC contaminado. Gracias a esta medida, se logró tratar aproximadamente 187,5 m³ hasta junio de 2024, despejando el patio de materia prima y reduciendo en un 95% el riesgo de derrame de aguas industriales, como se muestra en la figura 1.

Por otra parte, durante la visita a la zona de trabajo de la PTARnD, se identificaron deficiencias en los implementos de medición. En consecuencia, se solicitó a EHS la adquisición de instrumentos que facilitaran las labores en el sitio, tales como baldes graduados de 10 litros, una gramera, jeringas y 4 beakers de 500 mL. Estas adquisiciones mejoraron la operatividad en la preparación de sustancias químicas, la realización del test de jarras, y proporcionaron mayor comodidad a los operarios para el funcionamiento del sistema.

Figura 3

Instrumentos de medición antes y después del diagnóstico



Como se puede apreciar en la figura 3, anteriormente las mediciones se realizaban visualmente utilizando un tubo, lo cual generaba una gran incertidumbre y podía afectar los parámetros de tratamiento y vertido. Ahora, las mediciones se llevan a cabo de manera más precisa y confiable utilizando una gramera y recipientes debidamente etiquetados.

4.2 Identificar y determinar protocolos y formatos

Se implementó un formato de control solicitado por el gerente de la empresa para abordar la falta de revisión sobre la cantidad de agua tratada y la falta de evidencia confiable de los resultados. En este formato se registra información detallada de cada lote, incluyendo la fecha, la cantidad aproximada de agua tratada (debido a la ausencia de un medidor específico), los resultados del test de jarras, el tiempo de operación y observaciones relevantes. Este documento ha sido fundamental, ya que facilitó la generación de los reportes semanales requeridos por la gerencia y el equipo de EHS. Además, ha servido como indicador claro de la cantidad de agua tratada y del ahorro logrado al evitar su envío al gestor autorizado.

4.3 Elaboración del instructivo e implementación de SGA

La creación del instructivo fue un aspecto crucial, dado que es un documento indispensable requerido por diversas áreas. Este documento desempeña un papel fundamental en auditorías y en la capacitación de nuevos operarios que se integren al proceso. El instructivo incluye dos imágenes adjuntas de los paneles que se instalarán en la planta de tratamiento: uno describe el procedimiento general y el otro detalla paso a paso cómo realizar el test de jarras.

En cuanto al Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se logró cumplir con el objetivo de etiquetar adecuadamente las sustancias químicas y los recipientes utilizados para su almacenamiento. Esto no solo asegura el cumplimiento de la normativa, sino también de los estándares de seguridad y salud en el trabajo, garantizando así el correcto funcionamiento de la planta y la seguridad de los operarios.

Figura 4
Implementación de etiquetas según SGA



4.4 Programa de capacitación

La formación en la operación de la PTARnD se completó el 26 de febrero de 2024, abarcando una sesión detallada sobre el funcionamiento integral de la planta. Se explicó cómo

llenar el tanque homogeneizador, la manipulación de interruptores y válvulas para iniciar el proceso, la regulación del pH, la ejecución y análisis del test de jarras, el cálculo preciso de la dosificación de coagulantes y la preparación de sustancias químicas. Se detallaron cada etapa del proceso (homogenización, coagulación, floculación y filtrado), así como los procedimientos finales para cada bache.

Además, se discutieron situaciones específicas no contempladas en el manual, como las interrupciones del sistema durante el paso del agua por los filtros y la purga del conducto de dosificación del floculante antes de cada bache para asegurar la dosificación correcta de la sustancia. Durante esta jornada formativa, se proporcionaron recomendaciones sobre el manejo del riesgo químico, la obtención de etiquetas para los recipientes de almacenamiento de sustancias químicas y el equipo de protección personal (EPP) necesario para la operación segura en el sitio. También se explicaron los riesgos ambientales asociados con una operación deficiente de la PTARnD, acompañado de una breve sesión sobre los impactos ambientales.

Figura 5
Capacitaciones en la PTARnD



Posteriormente, el 11 de abril de 2024, se llevó a cabo una sesión informativa con los operarios acerca del Análisis de Seguridad Job Safety Analysis (JSA) para operación y mantenimiento. Durante esta reunión se identificaron los peligros potenciales, se discutieron posibles situaciones de emergencia y se revisaron las medidas de control y gestión implementadas por la empresa para abordar estas eventualidades en el sitio.

5 Conclusiones

- Realizar visitas a campo y recolectar información son de vital importancia para realizar un diagnóstico confiable que permita determinar el estado de los sistemas y procesos, en este caso, para la planta de tratamiento de aguas residuales no domésticas ubicada en H. B. Fuller, que por medio de estas actividades se identificaron las mejoras y controles que debían ser implementados.
- La implementación del formato de control de la PTARnD resultó de gran ayuda para determinar la cantidad de agua tratada en el sitio y para revisar la operatividad del sistema. Esto subraya la importancia de mantener registros precisos, y los formatos proporcionan un medio adecuado y ordenado para hacerlo
- La elaboración del instructivo representó un avance significativo en la documentación del proceso de tratamiento. Además, fue crucial para que los operarios pudieran consultar y recordar las instrucciones sobre el correcto funcionamiento, la preparación y la dosificación necesarias para las actividades en la PTARnD.
- Capacitar el personal destinado al tratamiento de aguas residuales no domésticas se convierte en una herramienta necesaria para el correcto funcionamiento de la planta, pues

se evidencia mejor eficiencia operativa al recibir las indicaciones e inducciones al proceso.

- La gestión del riesgo químico en una PTARnD es fundamental dentro de su funcionamiento, pues permite conocer la significancia de cada actividad y los cuidados que se deben tener al operar las sustancias químicas, todo esto bajo la consideración de que la planta en H. B. Fuller Colombia realiza un tratamiento primario y es necesario la utilización de este tipo de sustancias para el funcionamiento normal del equipo.

6 Recomendaciones

Se considera necesario la implementación de mediciones periódicas en parámetros para vertimiento con el fin de asegurar el cumplimiento a la Resolución 0631 de 2015 y de impactar lo menos posible el ambiente. También, es importante seguir pensando en ir más allá de tratamiento para vertimiento, por lo que se propone se hagan estudios para determinar si el agua tratada puede reutilizarse en algún proceso que se desarrolla en la empresa, como descargas en inodoros, suplir el reservorio destinado a la red contra incendio o regresar nuevamente al proceso de fabricación o enfriamiento de maquinaria.

Referencias

- Andía, Y. (2000). *Tratamiento de agua. Coagulación y Floculación*. Lima: SEDAPAL.
- Díaz, Y., Rojas, L., & Velásquez, L. (2019). *Propuesta para la implementación del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) en la empresa Avant Plast S.A.* Bogotá: Universidad ECCI. Obtenido de <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/2555/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Escorcia, R. (2020 de Mayo de 2020). *Colombia frente al tratamiento de las aguas residuales*. Recuperado el 2 de Marzo de 2024, de iagua.es: <https://www.iagua.es/blogs/rossembersaldana-escorcia/colombia-frente-al-tratamiento-aguas-residuales>
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2020). *Procesos de aguas residuales, PTAR, Definición, Tipos, Etapas del proceso, Conclusiones*. Obtenido de Blog fibras y normas de Colombia: <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com>
- Fúquene, D., & Yate, A. (2018). *Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales* (Vol. 2). ECAPMA. doi:10.22490/ECAPMA.2771
- Ministerio del trabajo. (2018). *Decreto 1496 de 2018*. Bogotá. Obtenido de https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=87910
- Obando, M. (Julio de 2020). Capacitación el talento humano y productividad: una revisión literaria. *II*(2), 166-173. doi:10.33936/eca_sinergia.v11i2.2254
- Perrich, J. R. (1981). *Activated Carbon Adsorption For Wastewater Treatment*. Boca Raton: CRC Press.

Piedrahita, Y. (2006). *Propuesta para optimizar la dosificación de productos químicos empleados en la sedimentación y contribuir a la reducción de los costos de operación de la planta ptar-cañaveralejo*. Santiago de Cali.

Sprarecue. (2022). *Importancia de la Capacitación en Seguridad en el Manejo de Sustancias Químicas*. Obtenido de sprarecue: <https://sprarecue.com/blog/90-importancia-de-la-capacitacion-en-seguridad-en-el-manejo-de-sustancias-quimicas#:~:text=La%20capacitaci%C3%B3n%20en%20seguridad%20en%20el%20manejo%20de,esencial%20y%20c%C3%B3mo%20beneficia%20a%20las%20empresas.%20>

1.