

Investigación Original


Diagnóstico y propuesta de optimización hidráulica técnico-ambiental para la planta de tratamiento de agua potable del sector 46 de la vereda Mancilla en el municipio de Facatativá, Cundinamarca

Technical and Environmental Optimization of the Drinking Water Treatment Plant in Sector 46, Mancilla, Facatativá (Cundinamarca)

Andres Felipe Guzmán Sánchez


Universidad de Cundinamarca, Colombia

andresfelipeguzman@ucundinamarca.edu.co

 <https://orcid.org/0009-0003-5017-0112>


Elkin Daniel Huertas Daza Google Scholar

edhuertas@ucundinamarca.edu.co

 <https://orcid.org/0009-0004-1246-1098>

Diana Carolina Jaimés Galvis Google Scholar

dcejaimés@ucundinamarca.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0003-2588-0940>

Revista Luna Azul núm. 59 195 219
2024

Universidad de Caldas
Colombia

Recepción: 19 Noviembre 2024
Aprobación: 27 Mayo 2025

Resumen: Introducción: Este estudio presenta un diagnóstico técnico de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del sector 46 en la vereda Mancilla, Facatativá, Cundinamarca, y propone una optimización de su operación hidráulica, técnica y ambiental. A partir de visitas de campo y ensayos como el test de jarras y la curva de demanda de cloro, se analizaron tanto la capacidad hidráulica como la calidad del agua tratada. Los resultados muestran que la planta satisface la demanda actual, pero su proceso de mezcla, filtración y desinfección necesita mejoras para cumplir con la normativa nacional de calidad del agua potable y para aumentar su eficiencia. Además, se proyectó el rediseño de la infraestructura y de los procesos de tratamiento, con el fin de que la planta pueda abastecer adecuadamente a la población hasta el año 2049. La optimización propuesta abarca tanto ajustes estructurales como la capacitación continua del personal, con orientación a reducir el impacto ambiental y garantizando la seguridad hídrica hacia la comunidad. Este diagnóstico ofrece un marco de acción que respalda la sostenibilidad y el desarrollo regional en cumplimiento con las regulaciones vigentes.

Palabras clave: Diagnóstico técnico, Optimización hidráulica, Calidad del agua, Sostenibilidad ambiental, Proyección poblacional. (*Fuente: Tesoro Ambiental para Colombia*).

Abstract: This study presents a technical and environmental assessment of the drinking water treatment plant (DWTP) serving Sector 46 in Mancilla, Facatativá (Cundinamarca), and proposes an optimization plan to enhance its hydraulic performance and sustainability. Field visits and laboratory analyses, including jar testing and chlorine demand curves, were used to evaluate hydraulic capacity and treated water quality. The results show that the plant currently meets water demand; however, improvements are needed in the mixing, filtration, and disinfection processes to comply with national potable water standards and

improve operational efficiency. A redesign of infrastructure and treatment protocols is proposed to ensure reliable water supply through 2049. The optimization strategy includes structural modifications, continuous personnel training, and environmental impact reduction measures aimed at securing long-term water availability for the community. This assessment offers a roadmap for sustainable water management and supports regional development aligned with national environmental regulations.

Keywords: Technical assessment, hydraulic optimization, water quality, environmental sustainability, population forecasting.(Source: *Environmental Thesaurus for Colombia*).

Introducción

La gestión eficiente del agua potable es una prioridad global, particularmente en regiones donde las infraestructuras de tratamiento y distribución presentan deficiencias significativas, lo que puede comprometer tanto la calidad del agua como la sostenibilidad del recurso hídrico (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2025). En este contexto, resulta esencial garantizar que todos los habitantes de una zona determinada tengan acceso a servicios de acueducto y alcantarillado que cumplan con los estándares necesarios, asegurando no solo un suministro continuo y seguro de agua potable, sino también un sistema de saneamiento eficaz que contribuya a la salud pública y al bienestar de la comunidad (Moreno, 2020; Aquae, 2016). La implementación de estas mejoras es vital para prevenir riesgos asociados a la escasez y contaminación del agua, y para fomentar un desarrollo sostenible en las áreas afectadas (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2023).

El municipio de Facatativá, ubicado en el departamento de Cundinamarca, cuenta con una zona rural que abarca catorce (14) veredas. En esta área, se han implementado doce (12) sistemas rurales de potabilización de agua para abastecer a los habitantes, los cuales son gestionados por una asociación conformada por los propios usuarios (Mahecha, 2018). En particular, en la vereda Mancilla se encuentran tres (3) acueductos veredales: uno en el sector Puente Pino, otro en el sector Morabia, y un tercero en el Kilómetro 46, también conocido como sector 46 (Vargas, 2017), donde este último enfrenta varios desafíos operativos vinculados al funcionamiento, mantenimiento, optimización y supervisión del sistema.

Dado que estos acueductos veredales comunitarios son esenciales para mejorar la capacidad de adaptación de los territorios al cambio climático (Cárdenas, 2015). Por ello, el presente estudio tiene como objetivo principal desarrollar una propuesta de optimización basada en el diagnóstico de funcionamiento hidráulico-técnico y ambiental de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del sector 46 en la vereda Mancilla del municipio de Facatativá, Cundinamarca. Este diagnóstico se fundamenta en la revisión de literatura técnica y en el análisis de datos empíricos recopilados en planta, permitiendo identificar las principales deficiencias y oportunidades de mejora (Arias-Odón, Fidas, 2019). basándose en la implementación de estrategias que aborden tanto la eficiencia hidráulica como la mitigación de impactos ambientales (Oviedo, 2018).

La sostenibilidad en la gestión del agua potable no solo es crucial para garantizar un suministro constante y seguro, sino también para preservar los ecosistemas que dependen de este recurso (Torres Guerra & Reátegui Lozano, 2022). La optimización de plantas de tratamiento, como la del sector 46 en la vereda Mancilla, no solo

busca mejorar la eficiencia operativa, sino también reducir el impacto ambiental al minimizar la extracción de recursos hídricos y la generación de residuos (Otero, 2019). En un entorno donde el cambio climático aumenta la variabilidad de los recursos hídricos, agravando la situación de este, es vital que las infraestructuras de tratamiento se adapten para enfrentar estos desafíos, promoviendo prácticas que aseguren la disponibilidad de agua para futuras generaciones, con el fin de obtener un desarrollo sostenible junto al crecimiento poblacional del entorno.

La eficiencia y efectividad de los sistemas de tratamiento de agua tienen profundas implicaciones sociales y económicas (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2020). Un sistema de tratamiento de agua potable que no cumple con los estándares necesarios puede resultar en problemáticas hacia la salud pública, como la propagación de enfermedades de origen hídrico, que afectan desproporcionadamente a las poblaciones más vulnerables (Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú & Montero Contreras, 2022). Además, las deficiencias en el suministro de agua pueden limitar el desarrollo económico de la región, al impactar negativamente en sectores clave como la agricultura y la industria. Por tanto, la mejora de estos sistemas no solo tiene un beneficio directo en la salud y bienestar de la comunidad, sino que también impulsa el desarrollo económico local, obteniendo así que las personas puedan seguir desarrollándose en un entorno que no afecte su salud.

Finalmente, el diagnóstico y propuesta de optimización de la planta de tratamiento de agua del sector 46 en Facatativá también debe ser vista en el contexto de las políticas públicas y las regulaciones ambientales vigentes. Colombia ha avanzado en la creación de un marco normativo que busca proteger los recursos hídricos y asegurar el uso racional y sostenible (Montoya-Domínguez y Rojas-Robles, 2019). Pero la implementación efectiva de estas políticas a nivel local sigue siendo un desafío (Pedraza, 2024). Este estudio no solo busca ofrecer soluciones técnicas, sino también alinearlas con las regulaciones actuales, proponiendo mejoras que sean viables y que cumplan con los estándares legales y ambientales establecidos.

Materiales y método

Enfoque y diseño metodológico

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, descriptivo y retrospectivo (Müggenburg y Pérez 2017; Monje, 2011)). Su propósito fue evaluar el estado actual de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del sector 46 en la vereda Mancilla, Facatativá-Cundinamarca, y proponer mejoras para su optimización hidráulica, técnica y ambiental. En la [Figura 1](#), se presenta el proceso empleado.

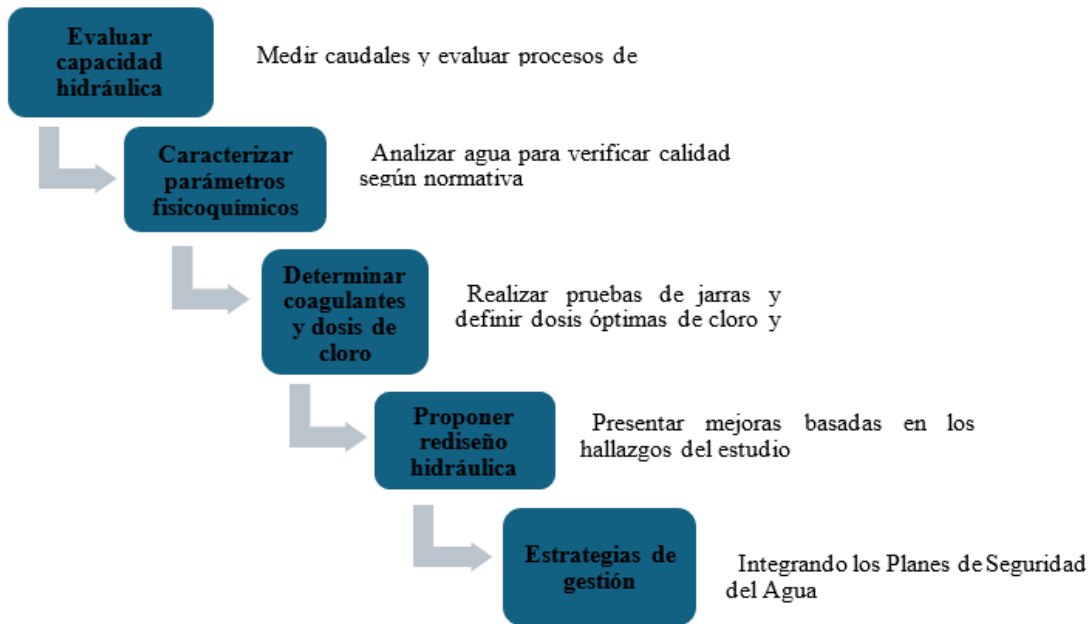


Figura 1

Proceso Metodológico empleado

Fuente: elaboración propia.

Área de estudio (Figura 2).

La investigación se realizó en la vereda Mancilla, ubicada al nororiente del municipio de Facatativá, Cundinamarca. Esta zona cubre un área de 1,290 hectáreas, lo que equivale al 8,16% de la superficie total del municipio. La altitud de la vereda oscila entre 2,600 y 3,000 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio anual de 12,1°C (Calderón, 2017).

La planta de tratamiento de agua potable forma parte del sistema de acueducto comunitario y cuenta con una bocatoma de captación con tubería de 3 pulgadas, tanques de floculación y precipitación con una capacidad de 5,000 litros, un tanque de cloración de 500 litros, redes de distribución y medidores en cada predio abastecido (Calderón, 2017). La planta provee agua potable a aproximadamente 80 unidades familiares, lo que equivale a 247 personas (Bernal Pedraza et al., 2024)

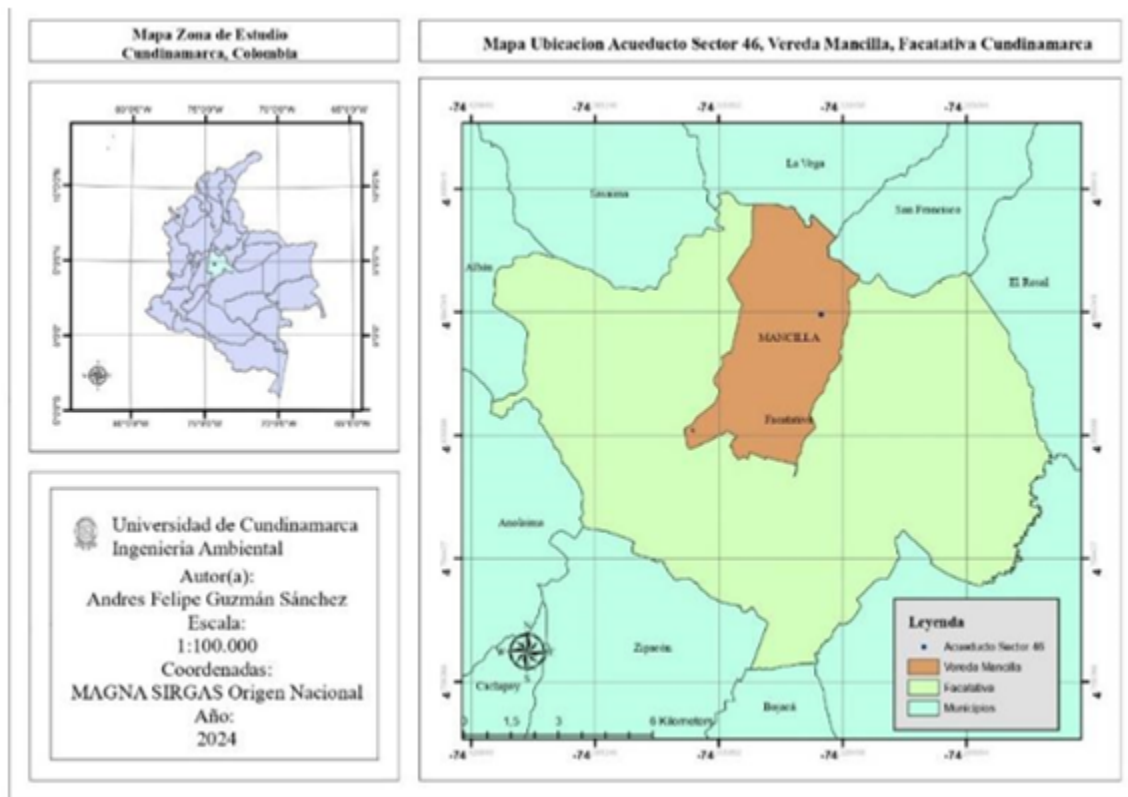


Figura 2

Mapa de ubicación zona de estudio

Fuente: elaboración propia

Recolección de información

Se realizaron dos visitas técnicas para recopilar información estructural y operativa de la planta (Figura 3)

1. Evaluación de la capacidad hidráulica

Para determinar el caudal de entrada a la planta, se aplicó el método volumétrico (García Loja, 2025) Este consistió en llenar un balde de 21 litros y medir el tiempo requerido para su llenado. Se realizaron tres pruebas para obtener un promedio confiable. Adicionalmente, se tomaron mediciones con decímetros en diferentes componentes de la planta de tratamiento de agua potable, como el desarenador, el vertedero con cono hidráulico, los tanques de filtración y el tanque de distribución. Estas mediciones permitieron establecer la capacidad hidráulica y las condiciones operativas de cada unidad (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2014).



Figura 3

Planta de agua potable sector 46

Fuente: elaboración propia.

Además, para establecer un punto de comparación entre la dotación proporcionada por la planta y la requerida por los usuarios del sistema, se calcularon los caudales de demanda actuales de la planta, siguiendo la metodología establecida en la Resolución 330 de 2017 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2017). Esta metodología considera la población actual que utiliza el agua tratada y la altitud promedio sobre el nivel del mar de la zona de estudio, garantizando así un cálculo adecuado.

2. Análisis de calidad del agua

Para la caracterización de la calidad del agua, se tomaron muestras en la entrada y salida de la planta mediante un muestreo manual y puntual, siguiendo la Norma NTC-ISO 5667-1 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2004).

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se realizaron conforme a lo estipulado en la Resolución 631 de 2015 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015) y la Resolución 2115 de 2007 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017). Los resultados se organizaron en tablas, permitiendo evaluar el Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA). Adicionalmente, se llevaron a cabo dos ensayos fundamentales para evaluar el proceso de tratamiento:

Ensayo de Jarras

El Ensayo de Jarras permitió determinar la dosis óptima de coagulante a utilizar en la PTAP. La metodología se presenta en la Figura 4.

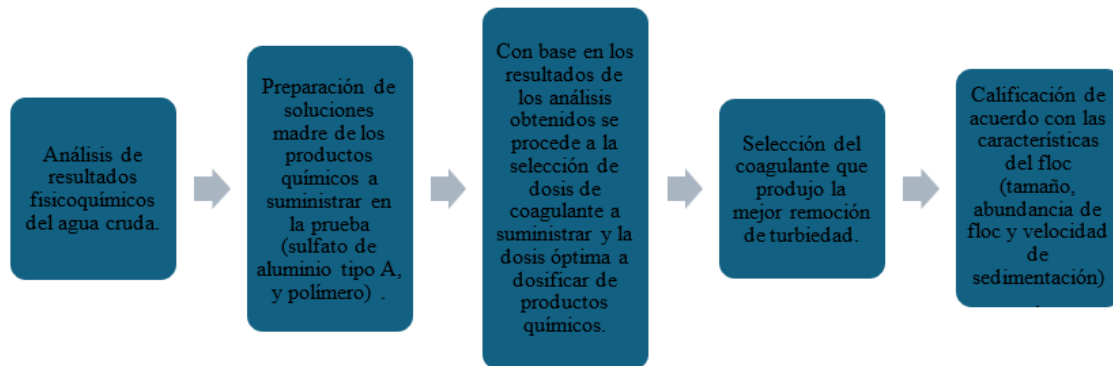


Figura 4

Proceso de selección de coagulante óptimo

Fuente: elaboración propia.

Proceso de selección de coagulante óptimo

Fuente: elaboración propia.

Se evaluaron diferentes concentraciones de sulfato de aluminio y polímero catiónico, registrando parámetros como pH, color y turbidez. Con base en los resultados obtenidos, se seleccionaron las dosis de coagulantes a suministrar. Finalmente, se eligió el coagulante que demostró la mejor capacidad para remover la turbiedad, evaluando sus características como tamaño, abundancia de floc y velocidad de sedimentación.

Curva de demanda de cloro

Para establecer la concentración óptima de hipoclorito de sodio en el proceso de desinfección, se realizó la curva de demanda de cloro (Figura 5).

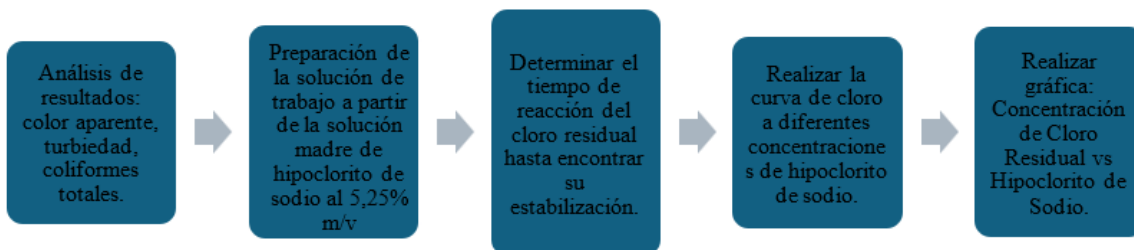


Figura 5

Procedimiento de la curva de demanda de cloro

Fuente: elaboración propia.

Se determinó que el tiempo de reacción óptimo para estabilizar el cloro residual es de 100 minutos, logrando una dosis efectiva de 3,75 mg/L de hipoclorito de sodio.

3. Proyección de demanda hídrica

Para proyectar la demanda hídrica hacia el año 2049 para la optimización de la planta e identificar las estrategias de gestión y mitigación necesarias para garantizar un abastecimiento sostenible de agua potable, se comenzó con la recolección de información histórica sobre la población de la vereda y del municipio de Facatativá, utilizando fuentes oficiales como el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2021). Además, se realizaron varias visitas a la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), donde se obtuvo información sobre las personas abastecidas a través de un habitante de la zona que supervisa el acueducto. Se aplicaron modelos de crecimiento aritmético para proyectar la población hasta 2049, basándose en las tendencias de crecimiento observadas y ajustando el modelo para reflejar factores como la migración rural y el crecimiento económico esperado en la región (González et al., 2025). A partir de esta proyección poblacional, se calculó la demanda futura de agua, integrando datos sobre el consumo per cápita actual.

4. Propuesta de optimización

El rediseño de la planta de tratamiento se realizó siguiendo metodologías propuestas por Juan Carlos Lozano, Javier Alejandro López Mendivelso y Jairo Alberto Romero Rojas, así como los criterios establecidos en la Resolución 330 de 2007 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2007; Lozano, 2021; López, 2022).

Se enfocó en la mejora de los siguientes procesos:

- Mezcla rápida y coagulación: se diseñó un vertedero rectangular como unidad de mezcla rápida, asegurando un gradiente de velocidad (G) de 1510 s^{-1} y un tiempo de mezcla de 0,21 segundos.
- Filtración: se incorporaron dos filtros de $0,9 \text{ m}^2$ de área superficial para garantizar la continuidad del servicio. La tasa de filtración se ajustó a $55 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$.
- Desinfección: se diseñó un sistema de dosificación de hipoclorito de sodio con una concentración de 3,75 mg/L, empleando un tanque de almacenamiento de 143,49 L, el cual se recargará cada 15 días.

Consideraciones finales

A través de un análisis de la infraestructura actual y la exposición a riesgos ambientales, se identificaron las principales amenazas que podrían afectar el suministro de agua a largo plazo (Martín y Justo, 2015). A partir de este análisis, se formularon diversas estrategias de mitigación y gestión del recurso hídrico, alineadas con los planes de seguridad del agua, y considerando el contexto actual de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) y los riesgos identificados. Estas propuestas se fundamentan en la proyección de la demanda para 2049 y en estudios de casos similares en zonas rurales que enfrentan

desafíos hídricos. Las estrategias se presentan como recomendaciones para el futuro, con el objetivo de garantizar un abastecimiento sostenible de agua, adoptando un enfoque preventivo ante el crecimiento poblacional y los posibles impactos del cambio climático.

Resultados

Se obtuvieron los siguientes resultados al evaluar las características y la capacidad hidráulica de los distintos procesos en la planta de tratamiento de agua potable del sector 46. Como primer paso, se registraron los caudales de entrada en diferentes intervalos de tiempo para calcular un promedio, cuyos resultados se presentan en la siguiente Tabla 1.

Caudal Método Volumétrico						
Número prueba	Tiempo (s)	Volumen (m ³)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (L/s)	Caudal (m ³ /d)	Caudal (L/d)
1	37,23	0,02098	0,000564	0,564	48,690	48689,54 3
2	38,01		0,000552	0,552	47,690	47690,38 9
3	38,4		0,000546	0,546	47,206	47206,03 4
		Promedio	0,000554	0,554	47,862	47861,98 9

Tabla 1

Caudales de entrada planta de tratamiento de agua potable

Fuente: elaboración propia

Los resultados obtenidos en la tabla, calculados mediante el método volumétrico en campo, muestran que el caudal promedio registrado en la planta de tratamiento de agua potable del sector 46 es de 0,554 L/s, lo que equivale a un caudal medio diario de 47,86 m³/día. Este valor es superior a la demanda de caudal actual requerida por los usuarios, que es de 38,4 m³/día. Estos datos permiten observar que la capacidad hidráulica de la planta es adecuada para abastecer la demanda actual. Con base en esto, se procedió a la elaboración de los planos correspondientes a cada proceso, reflejando el estado actual de la planta (Figura 6).

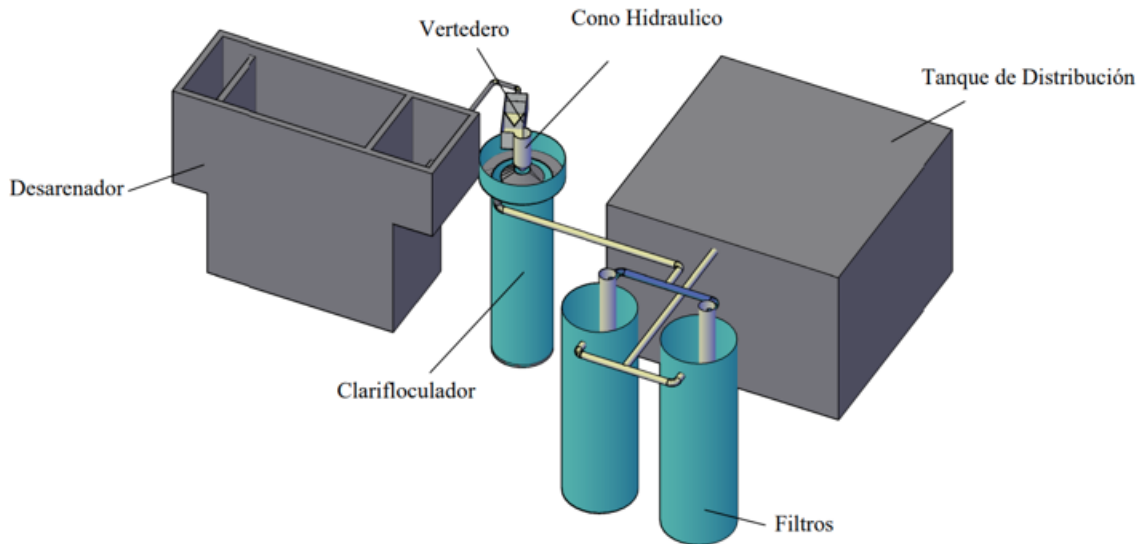


Figura 6

Planta de tratamiento de agua potable actual sector 46

Fuente: elaboración propia.

En este diagnóstico estructural se evidenció que la planta no cuenta con una ficha técnica estructural, y la persona encargada no tiene conocimiento detallado de la misma. Esto dificulta obtener datos completos sobre ciertos procesos, lo que complica la comparación entre la infraestructura actual y los parámetros de diseño especificados en la Resolución 0330 de 2017 y el RAS 2000, Título C. No obstante, se realizaron comparaciones a partir de los datos recolectados en campo.

El proceso de sedimentación que actualmente opera como desarenador, pertenece a la infraestructura original de la planta. En este desarenador se dosifican los productos químicos utilizados en el tratamiento: sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) como coagulante e hipoclorito de sodio (NaClO) como desinfectante.

Seguido al desarenador, se identificó un vertedero rectangular utilizado para regular y medir el caudal (Fluidos fácil, 2021). El caudal, obtenido a través del método de medición por vertedero rectangular, fue de aproximadamente $0,000351357 \text{ m}^3/\text{s}$.

Posteriormente, se encuentra un cono hidráulico y un clarifloculador. Se esperaba que el cono hidráulico generara un vórtice en el proceso de mezcla rápida; sin embargo, en las observaciones de campo no se constató dicha formación. El gradiente calculado para este proceso fue de $28,401 \text{ S}^{-1}$, un valor inferior al rango requerido por la Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017, que establece que el gradiente de mezcla rápida debe estar entre 1000 S^{-1} y 2000 S^{-1} .

En cuanto a los filtros, que constan de dos unidades con una altura de 3,83 metros y un diámetro de 1,25 metros, no se dispone de una caracterización clara del tipo y ubicación del lecho filtrante debido a la falta de una ficha técnica. Según el encargado de la planta de tratamiento de agua potable, el sistema consta de un lecho doble. La Resolución 0330 de 2017 establece que la altura total del lecho no debe superar los 0,9 m. Los cálculos realizados mostraron una velocidad de lavado de 0,125 metros por minuto, lo cual no cumple con la velocidad mínima requerida de 0,6 metros por minuto, según la Resolución 0330 de 2017 y el RAS 2000. Esta discrepancia podría estar influenciada por la falta de una caracterización exacta de los filtros.

El tanque de concreto rectangular destinado al almacenamiento de agua tratada tiene una altura de 3 metros, una base de 4,2 metros y una longitud de 4,2 metros, lo que le otorga un volumen total de 52,92 m³. Según los resultados obtenidos mediante el método volumétrico en campo, el caudal promedio registrado es de 0,554 litros por segundo, equivalente a un volumen diario de 47,86 m³. De acuerdo con la Resolución 0330 de 2017, la capacidad de almacenamiento debe ser al menos un tercio del volumen distribuido durante el día de máximo consumo, es decir, 15,95 m³. Dado que el tanque tiene una capacidad de 52,92 m³, cumple con este requisito, asegurando un almacenamiento adecuado para el abastecimiento continuo de agua tratada. Además, el encargado de la planta indicó que el tanque nunca alcanza su capacidad máxima, lo que confirma que cumple con los requerimientos establecidos por la resolución.

Para iniciar la caracterización del agua, se presenta [Tabla 2](#) con las características iniciales del agua evaluada en el test de jarras y la curva de demanda de cloro. La tabla incluye parámetros relevantes como el pH, color y turbidez, que ofrecen un punto de partida esencial para interpretar los resultados de ambos ensayos.

Parámetros iniciales del agua para test de jarras y curva de demanda de cloro		
Parámetro	Dato	Unidad
pH	6,35	Unidades de pH
Color	15,99	UPC
Turbiedad	1,53	NTU

Tabla 2

Parámetros iniciales del agua para tes de jarra y curva de demanda de cloro

Fuente: elaboración propia.

Luego, se realiza una caracterización de los principales parámetros fisicoquímicos (Tabla 3), los resultados de laboratorio se organizaron conforme a los parámetros establecidos por la Resolución 2115 de 2007 para el cálculo del IRCA (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2007)

Cumplimiento de Índice de Riesgo de Calidad de Agua (IRCA)						
Característica	Expresados como	Valor Máximo Aceptable	Valor obtenido Entrada	Puntaje de Riesgo	Cumple	Puntaje Obtenido
Color Aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15	15,99	6	NO	6
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT)	2	1,53	15	SI	0
pH	Potencial de hidrógeno	6,5 y 9,0	6,35	1,5	NO	1,5
Cloro Residual Libre	Cl (mg/L)	0,3 y 2,0	0,02	15	SI	0
Alcalinidad Total	CaCO ₃ (mg/L)	200	< 20	1	SI	0
Calcio	Ca (mg/L)	60	2,8	1	SI	0
Fosfatos	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,5	< 0,1	1	SI	0
Manganeso	Mn (mg/L)	0,1	< 0,2	1	SI	0
Molibdeno	Mo(mg/L)	0,07	0,005	1	SI	0
Magnesio	Mg (mg/L)	36	0,482	1	SI	0
Zinc	Zn (mg/L)	3	0,014	1	SI	0
Dureza Total	CaCO ₃ (mg/L)	300	< 20	1	SI	0
Sulfatos	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	250	21,7	1	SI	0
Hierro Total	Fe (mg/L)	0,3	< 0,1	1,5	SI	0
Cloruros	Cl ⁻ (mg/L)	250	9,16	1	SI	0
Nitratos	NO ₃ ⁻ (mg/L)	10	0,5	1	SI	0
Nitritos	NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,1	< 0,01	3	SI	0
Aluminio	Al ³⁺ (mg/L)	0,2	< 0,1	3	SI	0
Fluoruros	F (mg/L)	1	< 0,2	1	SI	0
Carbono Orgánico Total	COT (mg/L)	5	2,52	3	SI	0
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	0	53	15	NO	15
Escherichia Coli	UFC/100 cm ³	0	< 1,0	25	SI	0
Sumatoria de puntajes asignados				100		22,5

Tabla 3
Resultados del Índice de Riesgo de Calidad del Agua

Fuente: elaboración propia.

Se identificaron tres parámetros que no cumplieron con los valores establecidos por la Resolución 2115 de 2007. El color aparente presentó un valor de 15,99 UPC, superando el máximo aceptable de 15 UPC, lo que resultó en un puntaje de riesgo de 6. Asimismo, el pH tuvo un valor de 6,35, que se encuentra por debajo del rango permitido de 6,5 a 9,0, lo que le asignó un puntaje de riesgo de 1,5. Finalmente, los coliformes totales mostraron un valor de 53 UFC/100 cm³, superando el límite de 0, lo que generó un puntaje de riesgo de 15. Estos resultados destacan la necesidad de atención para mejorar la calidad del agua tratada.

Seguido a esto, se realiza la evaluación de los niveles de riesgo del agua, presentando los resultados de las evaluaciones en relación con la salud. Estos resultados se basan en el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA), así como en los índices de riesgo por abastecimiento de agua, que incluyen el Índice de Riesgo por Abastecimiento de Agua (IRABA) y el Índice de Riesgo por Abastecimiento de Agua por parte de la persona prestadora (IRABApp) (Tabla 4).

Evaluación IRABA e IRCA			
Símbolo	Descripción	Dato	Nivel de Riesgo
IRABA	Índice de Riesgo por Abastecimiento de Agua	39	Medio
IRABA pp	Índice de riesgo por abastecimiento de agua por parte de la persona prestadora	65	Alto
IRCA	Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano	22,5	Medio

Tabla 4

Evaluación IRABA e IRCA

Fuente: elaboración propia.

El Índice de Riesgo por Abastecimiento de Agua (IRABA) alcanzó un valor de 39, clasificándose como medio. Según la Resolución 2115 de 2007 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2007), esto implica que el alcalde debe proponer y ejecutar acciones correctivas a mediano y largo plazo. En contraste, el Índice de Riesgo por Abastecimiento de Agua por parte de la persona prestadora (IRABApp) mostró un valor de 65, lo que indica un nivel de riesgo alto. En este caso, la resolución establece la necesidad de formular e implementar un plan de acción a corto, mediano y largo plazo, supervisado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2007).

Por último, el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA) presentó un resultado de 22,5%, también en un nivel de riesgo medio. De acuerdo con la Resolución 2115 de 2007, esto obliga a informar a la persona prestadora, al Comité de Vigilancia Epidemiológica (COVE), al alcalde, al Gobernador y a la SSPD sobre los resultados obtenidos y las acciones necesarias (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2007).

Una vez obtenidos los resultados de los parámetros fisicoquímicos y los niveles de riesgo, se presentan a continuación los resultados del test de jarras y de la curva de demanda de cloro. En el test de jarras, se evaluaron diversas dosis de sulfato de aluminio y polímero catiónico, así como los parámetros de pH, color y turbiedad del agua. Para facilitar el análisis, los datos se organizaron en la Tabla 5.

Jarra	Sulfato de aluminio Tipo A (mg/L)	Polímero catiónico (mg/L)	pH Final (Unidades de pH)	Color Final (UPC)	Turbiedad Final (NTU)	Formación de flóculos
1	5	0	6,05	13,74	1,46	No formación
2	10	0	5,19	15,99	1,11	No formación
3	15	0,1	5,19	12,99	1,46	No formación
4	20	0,5	5,19	14,49	1,32	No formación
5	25	0,1	6,1	13,74	1,46	No formación
6	30	1	5,56	18,24	1,53	No formación
7	25	1	5	15,99	1,66	No formación
8	35	1	5	17,49	1,66	No formación
9	40	1	6,5	10,74	1,11	No formación
10	200	20	6,01	13,45	1,56	No formación

Tabla 5

Resultados Test de Jarras

Fuente: elaboración propia.

Como resultado, no se observó formación de flóculos en ninguna de las muestras. Sin embargo, el mejor resultado se obtuvo en la jarra número 9, con concentraciones de 40 mg/L de sulfato de aluminio tipo A y 1 mg/L de polímero catiónico. Bajo estas condiciones, se

alcanzaron un pH de 6,5, un color final de 10,74 UPC y una turbiedad de 1,11 NTU.

Por otro lado, los resultados de la curva de demanda de cloro, en la que se evaluaron diversas concentraciones de hipoclorito de sodio, se muestran en [Tabla 6](#).

Curva de demanda de cloro		
Prueba	Concentración de Hipoclorito de Sodio mg/L	Cloro Residual (mg/L)
1	1,25	0,96
2	1,5	0,89
3	2	1,44
4	2,5	1,27
5	2,75	1,87
6	3	1,5
7	3,5	2,25
8	3,75	1,83
9	4	2,83
10	4,5	4,09

Tabla 6

Resultados curva de demanda de cloro

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, en la [Figura 7](#) se presenta una gráfica que ilustra la relación entre las concentraciones de hipoclorito de sodio y el cloro residual obtenido en cada prueba. Esta representación visual permite observar las variaciones en el cloro residual conforme se incrementa la dosis de hipoclorito de sodio.

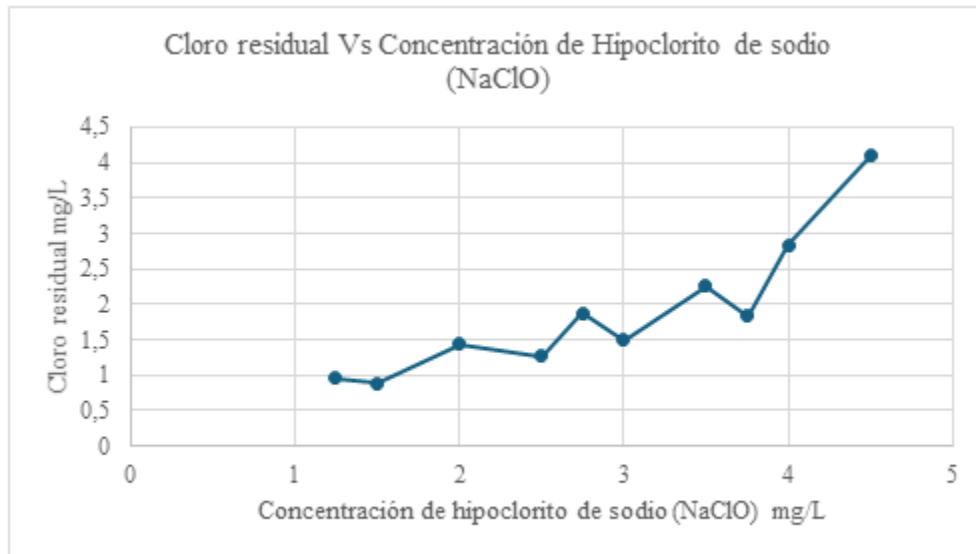


Figura 7

Gráfico de cloro residual Vs concentración de hipoclorito de sodio (NaClO)

Fuente: elaboración propia.

En la curva de demanda de cloro, se utilizó un tiempo de reacción de 100 minutos para evaluar el comportamiento del cloro residual libre frente a diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio, ya que, a partir de este tiempo, el cloro residual alcanza una estabilidad. Las concentraciones variaron entre 1,25 mg/L y 4,50 mg/L, mostrando un comportamiento variable en los niveles de cloro residual. A partir de la prueba número 8, con una concentración de 3,75 mg/L, se observó una tendencia ascendente en el cloro residual. Por lo tanto, la dosis óptima de hipoclorito de sodio se estableció en 3,75 mg/L, correspondiente a la prueba número 8, que, tras el tiempo de reacción mencionado, resultó en una concentración final de 1,83 mg/L de cloro residual libre.

En este punto, se logró la desinfección óptima, alcanzando un cloro residual libre conforme a la resolución 2115 de 2007 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2007). Para evaluar la eficacia del proceso de desinfección en la muestra número 8, se realizó un análisis de coliformes totales (UFC) que arrojó un valor de <1, lo que demuestra la efectividad de la concentración de hipoclorito de sodio empleado.

Para el rediseño de la planta, se presentan los ajustes realizados a partir de los hallazgos y cálculos obtenidos, los cuales se ilustran en la [Figura 8](#), mostrando la planta con los ajustes propuestos.

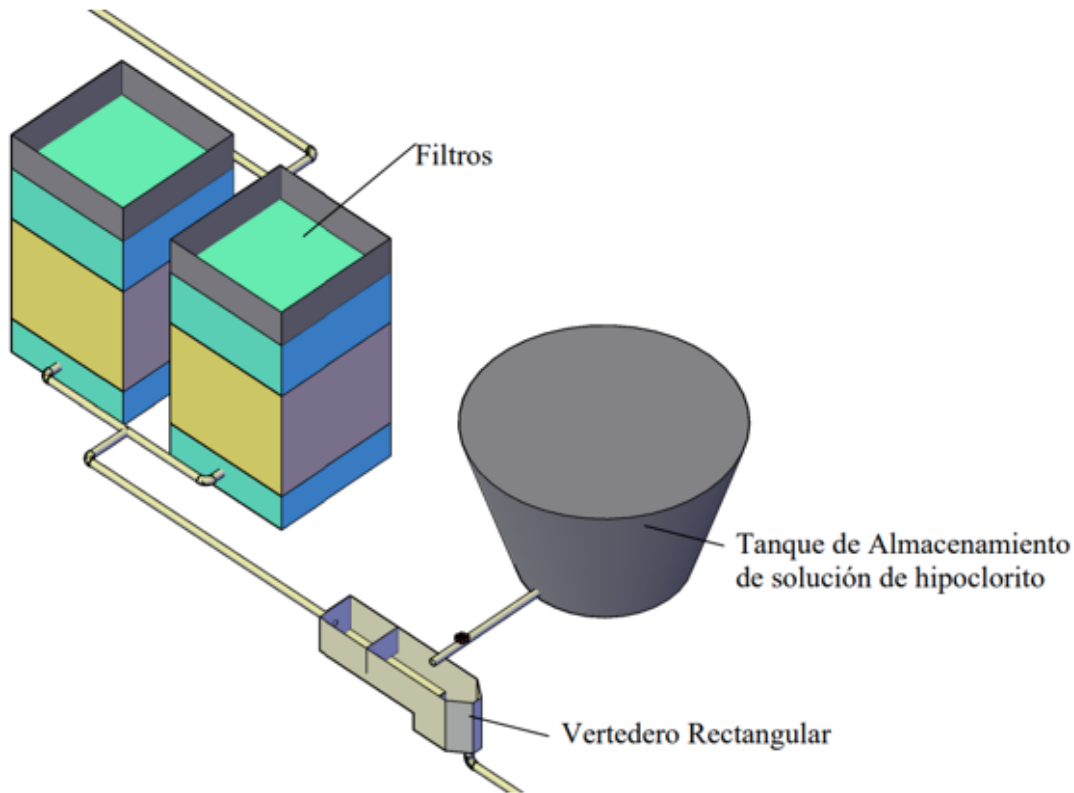


Figura 8

Rediseño de la planta

Fuente: elaboración propia.

Para llevar a cabo el rediseño de la planta, se inició con la proyección de la población para el año 2049. Actualmente, la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del sector 46 abastece a 247 personas, cifra proporcionada por el encargado de la planta, quien informó que esta atiende a 80 unidades familiares. Según datos del DANE, en las viviendas rurales habitan, en promedio, 3,08 personas por vivienda. Con los datos de inicio claro, se realiza la estimación para el año 2049 donde la población alcanzará las 319 personas, lo que refleja una tasa de crecimiento baja, con un índice de 0,01026. A partir de la proyección, se calculó el caudal requerido para el abastecimiento de la población futura, dando un estimado de 51,020 m³/día. Este cálculo permite ajustar la capacidad de la planta para la satisfacción de las necesidades hídricas proyectadas de la comunidad.

En cuanto al proceso de filtración, se diseñó un sistema que incluye filtros de flujo ascendente con un lecho simple. Para seguir garantizando la continuidad del servicio en caso de mantenimiento, se plantearon dos filtros. En este caso, los filtros manejan un caudal de 51,0 m³/día, con una tasa de filtración de 55,0 m³/m²*d, cumpliendo con la resolución 330 de 2017 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y

Desarrollo Territorial, 2017). Cada filtro cuenta con un área superficial de $0,9 \text{ m}^2$, con dimensiones de $0,681 \text{ m}$ de base y largo. La altura del medio filtrante se estableció en $0,6 \text{ m}$, junto con un falso fondo de $0,2 \text{ m}$, una lámina de agua de $0,3 \text{ m}$ y un borde libre de $0,2 \text{ m}$, resultando en una altura total de $1,3 \text{ m}$ por filtro.

El medio filtrante seleccionado tiene un coeficiente de uniformidad de $1,7$ que indica la distribución de las partículas en el medio, y un tamaño efectivo de partícula de $0,5 \text{ mm}$ que se refiere al tamaño de la partícula que es capaz de filtrar el 10% del caudal de agua. El D_{60} , que es el tamaño de las partículas para el 60% que pasa, se ha establecido en $0,9 \text{ mm}$, lo que proporciona información sobre la eficacia de filtración del medio. Para el proceso de lavado de los filtros, se determinó una velocidad de $0,9 \text{ m/min}$ y un caudal de $6,6 \text{ m}^3/\text{min}$, ambos dentro de los parámetros establecidos por la normativa.

El diseño del sistema de desinfección se fundamenta en la preparación de una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) con una concentración final de $3,75 \text{ mg/L}$ para asegurar una desinfección efectiva en el flujo de agua. Este proceso opera a un caudal de $0,5905 \text{ L/s}$, lo cual equivale a un volumen diario de $51,02 \text{ m}^3$.

Para alcanzar esta concentración deseada, se emplea una solución inicial de hipoclorito de sodio (NaClO) con una concentración de $20,000 \text{ mg/L}$ (2%) en el tanque de almacenamiento. Este tanque, con una capacidad total de $143,49 \text{ L}$, se llenará aproximadamente cada 15 días para mantener una dosificación constante y adecuada. La preparación de esta solución se realiza utilizando $19,13 \text{ L}$ de hipoclorito de sodio al 15% ($150,000 \text{ mg/L}$), diluidos en $124,36 \text{ L}$ de agua, logrando así la concentración final requerida para la desinfección.

El sistema de mezcla rápida incorpora un vertedero rectangular que asegura una mezcla homogénea del desinfectante en el agua. Este vertedero presenta un tiempo de mezcla rápida de $0,21$ segundos, un gradiente de velocidad (G) de 1510 s^{-1} , y un número de Froude de $8,27$, parámetros que proporcionan estabilidad al flujo. Además, la relación entre la altura del vertedero y la profundidad crítica (P/h_c) es de $10,4$.

En conjunto, este diseño garantiza que el sistema de desinfección mantenga una concentración estable y efectiva de hipoclorito de sodio en el flujo de agua tratada, asegurando una potabilización óptima del recurso.

En el análisis de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del sector 46, se identificaron limitaciones clave debido a la ausencia de una ficha técnica o de algún soporte técnico que proporcione una idea del funcionamiento actual de la planta. Esta carencia dificulta la precisión en los cálculos relacionados con aspectos fundamentales, como el tipo de lecho filtrante, el rendimiento de los filtros, y las dosificaciones exactas de coagulante y cloro, junto al gasto mensual de estos. Estos factores se hacen esenciales para asegurar la eficiencia y

eficacia del tratamiento de agua, y su carencia impacta directamente en la calidad del proceso (Najul y Blancos, 2014).

Además, se observó que el personal a cargo de la planta carecía de capacitación específica. Aunque se entiende que se trata de una planta de tratamiento de agua potable en un entorno rural, sorprende la falta de un manual operativo o de formación básica, limitando la capacidad del encargado para gestionar adecuadamente el sistema más allá de las funciones mecánicas básicas, como abrir o cerrar el flujo de agua (Aguas del Huila S.A. E.S.P., 2015). Esto es especialmente crítico en la dosificación de productos químicos, que actualmente se realiza en el desarenador, donde se dosifican simultáneamente el coagulante y el desinfectante.

Desde un punto de vista técnico, el coagulante y el desinfectante no deberían ser añadidos en la misma zona de tratamiento. El sulfato de aluminio actúa en la coagulación y floculación de partículas, mientras que el hipoclorito de sodio es responsable de la desinfección (Katrivesis et al., 2019).

La adición conjunta en el mismo punto podría dar generación a interferencias en sus reacciones, comprometiendo la efectividad de ambos procesos. Si el coagulante no tiene el tiempo y las condiciones adecuadas para reaccionar antes de la adición del desinfectante, podría provocar una disminución en la eficiencia del proceso de coagulación y floculación, lo que afectaría la claridad del agua (Cabrera et al., 2009). Por otro lado, la desinfección podría no ser completamente efectiva si el agua contiene demasiadas impurezas no tratadas previamente, lo que aumentaría el riesgo de presencia de microorganismos patógenos en el agua tratada. (Prada et al., 2021)

El análisis de los datos hidráulicos indica que el caudal suministrado por la planta es adecuado para satisfacer las necesidades de la población atendida. Sin embargo, se identificaron deficiencias significativas en la infraestructura. En particular, el proceso de mezcla rápida en el cono hidráulico mostró un gradiente que no alcanza los estándares mínimos establecidos por la Resolución 0330 de 2017, lo que sugiere una ineficiencia en la mezcla de productos químicos.

En el sistema de filtración, se observó que la velocidad de lavado está por debajo de lo requerido, lo que podría deberse a la falta de caracterización del lecho filtrante, generando incertidumbre sobre su rendimiento.

Por otro lado, el tanque destinado al almacenamiento de agua tratada cumple con los requisitos de capacidad, asegurando un abastecimiento continuo. A pesar de que el volumen registrado es adecuado, la observación de que el tanque nunca alcanza su capacidad máxima respalda la conclusión de que el sistema de almacenamiento es suficiente.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos revela que algunos aspectos de la calidad del agua tratada no cumplen con los estándares establecidos por la Resolución 2115 de 2007. Debido a esto, es

esencial implementar mejoras en el sistema actual, ya que algunos parámetros de entrada y salida superan los límites permitidos. Además, la evaluación de los índices de riesgo revela que el Índice de Riesgo por Abastecimiento de Agua (IRABA) se clasifica en un nivel medio, lo que indica la necesidad de acciones correctivas a mediano y largo plazo. Por otro lado, el Índice de Riesgo por Abastecimiento de Agua por parte de la persona prestadora (IRABApp) muestra un nivel alto, exigiendo la formulación de un plan de acción inmediato bajo supervisión de las autoridades competentes. El Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA) también se sitúa en un nivel medio, lo que implica la necesidad de informar a las entidades responsables y de implementar acciones para mejorar la calidad del agua.

Los resultados del test de jarras revelan que ninguna de las muestras logró la formación de flóculos, destacando la jarra 9 como la más efectiva en términos de pH y turbiedad. Esto sugiere que, aunque se emplearon diferentes dosis de coagulantes, es fundamental investigar otras combinaciones o métodos para mejorar la coagulación y floculación.

En la curva de demanda de cloro, se identificó que una dosis de 3,75 mg/L de hipoclorito de sodio es la óptima, logrando un cloro residual adecuado y cumpliendo con la normativa. Este hallazgo enfatiza la importancia de ajustar las condiciones de tratamiento para asegurar la desinfección eficiente y la calidad del agua potable. Estos resultados subrayan la necesidad de revisar los procesos actuales para mejorar el rendimiento del sistema de tratamiento.

Teniendo esto claro, el rediseño de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) responde a la necesidad de garantizar un suministro adecuado y de calidad para una población en crecimiento. La proyección de la población para el año 2049 destaca la urgencia de actualizar la capacidad de la planta, lo que permitirá satisfacer las demandas futuras sin comprometer la calidad del agua (ONU, 2023).

La mejora en los procesos de filtración y desinfección es fundamental para abordar los desafíos actuales. La falta de formación de flóculos observada en los resultados del test de jarras indica que es necesario optimizar la coagulación y floculación. La adición innecesaria de coagulantes como el sulfato de aluminio puede dar lugar a subproductos indeseables, como el aluminio residual, que está asociado con problemas de salud, incluyendo enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer y trastornos en el sistema nervioso [45]. Por lo tanto, un sistema de filtración eficiente puede evitar estos inconvenientes.

La implementación de un filtro, junto con la posibilidad de realizar mantenimiento en caso de requerir, asegura una operación continua sin afectar el suministro. Además, el ajuste en las condiciones de desinfección con hipoclorito de sodio busca garantizar que el agua tratada cumpla con los estándares normativos.

Se propone un vertedero rectangular como unidad de mezcla rápida para la dosificación de hipoclorito de sodio, diseñado para cumplir con los parámetros técnicos establecidos. Este sistema garantiza una integración homogénea del desinfectante en el flujo de agua, optimizando el proceso de desinfección. Los parámetros de diseño, como el tiempo de mezcla y el número de Froude, aseguran una mezcla eficiente, lo que es crucial para alcanzar la concentración deseada de hipoclorito en el agua tratada.

Para lograr esta concentración, se utiliza una solución inicial de hipoclorito de sodio al 15% en un tanque de almacenamiento de 143,49 L, que se llenará aproximadamente cada 15 días. La elección de estas concentraciones se fundamenta en su efectividad en la desinfección y en la capacidad del sistema para mantener una dosificación constante. La adición de hipoclorito se realizará por goteo en el vertedero rectangular, lo que no solo asegura que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad requeridos, sino que también proporciona un suministro estable y seguro a lo largo del tiempo. Por último, se considera que el tanque actual de almacenamiento es significativamente más grande que el tanque de contacto calculado para el hipoclorito, lo que brinda ventajas importantes. Este tanque permitirá que el hipoclorito reaccione adecuadamente con el agua ya tratada, cumpliendo así con los requisitos necesarios para una desinfección efectiva. Además, podrá servir para almacenar agua, lo que es esencial para las proyecciones futuras.

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda implementar un plan de optimización para el suministro de agua potable en la planta de tratamiento del sector 46, orientado a mejorar la eficiencia y sostenibilidad a largo plazo. El objetivo central es asegurar un suministro continuo y de alta calidad para la población proyectada hacia el 2049, con un enfoque específico en el perfeccionamiento de los procesos de filtración y desinfección. Se sugiere también fortalecer la infraestructura para cumplir con los parámetros de la Resolución 2115 de 2007, garantizando un Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) inferior al 5%. Además, se recomienda implementar estrategias para reducir los impactos ambientales, incluida la disminución del consumo de agua, basándose en la situación actual de la planta, y capacitar al personal con un valor estimado de \$1.880.000 COP (Patiño Gómez, 2014) Estas medidas esenciales para el manejo adecuado de la planta, deberán ejecutarse de manera inmediata y mantenerse en revisiones periódicas para asegurar su efectividad en el tiempo.

Conclusiones

La planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del sector 46 cuenta con una capacidad hidráulica suficiente para cubrir la

demanda actual de la comunidad. Sin embargo, teniendo en cuenta la proyección relacionada al crecimiento poblacional al año 2049, es necesario la implementación de mejoras estructurales y de capacidad del sistema, las cuales aseguren el abastecimiento de agua constante y seguro en el futuro.

Se identificaron deficiencias en procesos de mezcla rápida, coagulación y floculación, lo que afecta la eficiencia del sistema de potabilización. La implementación de un sistema de dosificación optimizado y un proceso de filtración efectivo es crucial para garantizar que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad establecidos en la normativa nacional.

Las estrategias propuestas no solo buscan optimizar el funcionamiento técnico de la planta, sino también minimizar el impacto ambiental mediante prácticas sostenibles en el uso de recursos y manejo de residuos. Esto contribuye a la resiliencia de la planta frente a factores de cambio climático y asegura una gestión hídrica responsable.

La optimización de la planta de tratamiento de agua potable tiene un impacto directo en la seguridad hídrica y el bienestar de la comunidad de la vereda Mancilla. A largo plazo, estas mejoras en infraestructura y gestión fortalecen la capacidad del sistema para satisfacer la demanda de agua potable, promoviendo el desarrollo social y económico de la región y el cumplimiento con las normativas ambientales vigentes.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación de la Universidad de Cundinamarca, a los encargados de la planta de tratamiento de agua potable del sector 46 de la vereda Mancilla en el municipio de Facatativá (Cundinamarca), por su constante apoyo y participación en esta investigación.

Potencial conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses relacionados con este trabajo.

Fuentes de financiación

La investigación fue financiada por la Universidad de Cundinamarca.

Referencias bibliográficas

- Agenda de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (s.f.). *Desinfección de agua potable en situaciones de emergencia*. Link
- Aguas del Huila S.A. E.S.P. (2015). *Capacitar a los operadores de PTAP de las ESP en la gestión de procesos de operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de agua potable, con fundamento en las normas de competencia laboral en seguridad industrial*. Link
- Arias-Odón, Fidias. (2019). Investigación teórica, investigación empírica e investigación generativa para la construcción de teoría: Precisiones conceptuales 1. 10.13140/RG.2.2.36357.91363.
- González, J. L. H., Loaiza, R. E. P., & Florez, p. m. q. (2025). análisis predictivo de datos abiertos para determinar el crecimiento de la población y consumo de agua potable en la república mexicana (predictive analysis of open data to determine population growth and potable water consumption in the mexican republic). *pistas educativas*, 46(149), article 149. <https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/3677>
- Cabrera, X., Fleites, M. y Contreras, A. (2009). Estudio del proceso de coagulación- floculación de aguas residuales de la empresa textil “desembarco del Granma” a escala de laboratorio. *Revista Tecnología Química*, 29(3), 64-73. <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543760009.pdf>
- Calderón, C. (2017). *Conflicto ambiental por la distribución y uso del agua en la microcuenca de la quebrada cerro negro durante el periodo comprendido entre los años 1950 al 2016* (Trabajo de maestría, Pontificia Universidad Javeriana].
- Cárdenas, J. (2015). Acueductos comunitarios alternativos para el manejo sostenible del agua y la sequía. *Revista Semillas*. Link
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2020). *Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe: Textos seleccionados, 2002-2020* (Serie de documentos de trabajo N° 46792). Link
- Bernal Pedraza, A. Y., Licon Calpe, W. M., Bernal Pedraza, A. Y., & Licon Calpe, W. M. (2024). Transformaciones en el espacio urbano-rural en Colombia y su impacto en el suministro de agua. *Territorios*, 50. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.12222>

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2021). *Guía para la formación de un sistema de información estadística*. Guia-construccion-de-sistema-de-informacion-estadistica.pdf
- Pedraza, A. P. C. (2024). El derecho humano al agua potable en Colombia: Avances, desafíos y responsabilidades compartidas. *Revista Internacional del Instituto de Pensamiento Liberal*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.51660/ripl.v1i2.40>
- Torres Guerra, J. A., & Reátegui Lozano, R. (2022). Gestión sostenible del agua y la gran minería del oro en Perú. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 25(49), 173-180. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v25i49.23006>
- Fluidos fáciles. (2021). *Cálculo del caudal en vertedero rectangular (Aventura #2)* [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=tcijXIvtl88>
- Fundación Aquae. (2016). *El agua puede mejorar la calidad de vida de millones*. <https://www.fundacionaquae.org/agua-y-conocimiento-para-mejorar-la-calidad-de-vida/>
- García Loja, B. A. (2025). *Evaluación y Caracterización de curvas de caudal para sistemas de tratamiento de aguas residuales con humedales de flujo vertical (Sistema Francés) en la ciudad de Cuenca* [masterThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/15545>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2004). *NTC-ISO 5667-3:2004: Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Directrices para la preservación y manejo de las muestras*. ICONTEC. Link
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2014). *Importancia del control de calidad en campo*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/imta/documentos/importancia-del-control-de-calidad-en-campo>
- Instituto Nacional de Salud. (2011). *Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo para análisis de laboratorio: artículo 27 del decreto 1575 de 2007*. Link
- Katrivesis, F. K., Karela, A. D., Papadakis, V. G., & Paraskeva, C. A. (2019). Revisiting of coagulation-flocculation processes in the production of potable water. *Journal of Water Process Engineering*, 27, 193-204. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.12.007>
- López, J. (2022). *Diagnóstico y diseño de una planta de tratamiento de agua potable para una comunidad de la vereda San Isidro, municipio de San Antonio del Tequendama, departamento de Cundinamarca* [Trabajo de pregrado, Universidad Antonio Nariño]. Repositorio Universidad

Antonio Nariño. <https://repositorio.uan.edu.co/items/accf17c8-4cfb-4c2b-8362-a5dc64bc40fd>

Lozano, J. (2021). *Tanque de contacto Parte 2: PTAP Ingeniería Ambiental Agua Potable Resolución 0330 2017* [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=e5KLq6VSHPI>

Mahecha, P. (2018). *Elaboración de una propuesta para la recuperación de agua de lavado de filtros en el sistema de potabilización veredal tribuna-planta 2 del municipio de Facatativá, Cundinamarca* [Informe de pasantía, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].

Martín, L. y Justo, J. B. (2015). *Análisis, prevención y resolución de conflictos por el agua en América Latina y el Caribe* (LC/L.3991). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Link

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2025). *Uso eficiente y ahorro del agua*. Link

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Resolución 631 de 2015* [Resolución]. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=70346>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2017). *Resolución 330 de 2017. Diario Oficial No. 50267* [Resolución]. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=71542>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2007). *Resolución 2115 de 2007: Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*. <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007>

Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa - Guía didáctica* [Trabajo de pregrado, Universidad Surcolombiana].

Montoya-Domínguez, E. y Rojas-Robles, R. (2019). Normatividad del agua en Colombia ¿democratización o privatización? *Revista Luna Azul*, (49), 126-145. <https://www.redalyc.org/journal/3217/321767977011/321767977011.pdf>

Moreno, J. (2020). Los retos del acceso a agua potable y saneamiento básico de las zonas rurales en Colombia. *Revista de ingeniería*, (49). <https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/rdi/article/view/7488>

Müggenburg, M. y Pérez, I. (2007). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. *Enfermería Universitaria* 4(1), 35-38. <https://www.redalyc.org/pdf/3587/358741821004.pdf>

Najul, M. y Blancos, H. (2014). Estrategias de mejora continua en plantas potabilizadoras venezolanas. *Revista de la Facultad de Ingeniería*

U.C.V., 29(1), 37-50. <https://ve.scielo.org/pdf/rfiucv/v29n1/art06.pdf>

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2023). *Agua limpia y saneamiento*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Prada, O. L. B., Rodríguez, A. F. G., Merchán, A. C. M., & Rojas, I. E. A. (2021). Evaluación de la calidad del proceso de desinfección de agua potable basado en el uso de compuestos de cloro. *encuentro internacional de educación en ingeniería*. <https://doi.org/10.26507/ponencia.1650>

Torres Guerra, J. A., & Reátegui Lozano, R. (2022). Gestión sostenible del agua y la gran minería del oro en Perú. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 25(49), 173-180. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v25i49.23006>

Otero, A. y Rodríguez, L. (2019). *Propuesta de mejoramiento de la PTAP en el corregimiento Pradilla del municipio de Mesitas del Colegio* [Trabajo de pregrado, Universidad de la Salle].

Oviedo, E. (2018). Las Hidroeléctricas: efectos en los ecosistemas y en la salud ambiental. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 50(3). http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-08072018000300191

Patiño Gómez, J. M. (2014). *Costos de inversión inicial, operación y mantenimiento de tratamientos naturales de aguas residuales para pequeñas comunidades en Colombia*. <http://hdl.handle.net/10554/7547>

Rees, J. A., Winpenny, J. y Hall, A. W. (2008). *Water financing and governance*. Global Water Partnership (GWP).

Suay, L. y Ballester, F. (2002). Revisión de los estudios sobre exposición al aluminio y enfermedad de Alzheimer. *Revista Española de Salud Pública*, 76(6). https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272002000600002

Vargas, A. (2017). *Diseño del plan de manejo ambiental en la vereda Mancilla-Facatativá* [Trabajo de pregrado, Universidad de Cundinamarca]. Repositorio Universidad de Cundinamarca. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/items/b2a53545-3eb2-4232-ac1f-fa579144fabd>

Notas de autor

Go <https://scholar.google.es/citations?ogl=es&user=YH0IlycAAAAJ>
e
Sc
ho
lar

Go [https://scholar.google.com/citations?](https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=6dBdNh4AAAAJ)
ogl [hl=es&user=6dBdNh4AAAAJ](https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=6dBdNh4AAAAJ)
e
Sc
ho
lar

Información adicional

Para citar este artículo: Guzmán Sánchez, A. F., Huertas Daza, E. D., Jaimes Galvis, D. C. (2024). Diagnóstico y propuesta de optimización hidráulica técnico-ambiental para la planta de tratamiento de agua potable del sector 46 de la vereda Mancilla en el municipio de Facatativá, Cundinamarca. DOI: Revista Luna Azul, (59), 195-219. DOI: <https://doi.org/10.17151/luaz.2024.59.10>

Información adicional

redalyc-journal-id: 3217



Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321782226010>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la
academia

Andres Felipe Guzmán Sánchez, Elkin Daniel Huertas Daza,
Diana Carolina Jaimes Galvis

**Diagnóstico y propuesta de optimización hidráulica
técnico-ambiental para la planta de tratamiento de agua
potable del sector 46 de la vereda Mancilla en el
municipio de Facatativá, Cundinamarca**

Technical and Environmental Optimization of the Drinking
Water Treatment Plant in Sector 46, Mancilla, Facatativá
(Cundinamarca)

Revista Luna Azul

núm. 59, p. 195 - 219, 2024

Universidad de Caldas, Colombia

revista.lunazul@ucaldas.edu.co

ISSN-E: 1909-2474

DOI: <https://doi.org/10.17151/luaz.2024.59.10>



CC BY 4.0 LEGAL CODE

Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.