Diseño de un protocolo de monitoreo técnico y control operacional para asegurar la conformidad fisicoquímica del recurso hídrico en la PTAP de nueva granada en la localidad de Sumapaz

Deivy Brando Muñoz Arias

Universitaria Agustiniana - Uniagustiniana

Especialización Gerencia Estratégica de la Calidad

Bogotá D.C.

2026

Diseño de un protocolo de monitoreo técnico y control operacional para asegurar la conformidad fisicoquímica del recurso hídrico en la PTAP de nueva granada en la localidad de Sumapaz

Deivy Brando Muñoz Arias

Tutor: Ruth Milena Suarez Castro

Trabajo para optar al título de: Especialista en Gerencia Estratégica de Calidad

Universitaria Agustiniana - Uniagustiniana

Especialización Gerencia Estratégica de la Calidad

Bogotá D.C.

2026

Dedicatoria

Agradecido con **Dios** porque siempre me esta dando luz en la oscuridad. Le dedico el siguiente trabajo de grado a mi familia, mi red y/o familia que escogí para mi vida, mis amiges.

Tabla de contenido

Introducción *10*

1. Planteamiento del Problema *11*

1.1 Descripción del Problema *11*

1.2 Formulación del problema *14*

2. Justificación *15*

3. Objetivos *18*

3.1 Objetivo General *18*

3.2 Objetivos Específicos *18*

4. Marco Referencial *19*

4.1 Marco Teórico *19*

4.1.1 Procesos de una planta de tratamiento de agua potable 19

4.1.2 Calidad del agua para el consumo humano 20

4.1.3 Monitoreo de la calidad del agua para consumo humano 21

4.1.4 Monitoreo técnico de parámetros fisicoquímicos 23

4.1.5 Control operacional en las plantas de tratamiento de agua potable 24

4.1.6 Protocolos de monitoreo y estandarización de procesos 24

4.1.7 Procedimientos operacionales y mantenimientos en PTAP 26

4.2 Marco Legal *27*

4.3 Contexto de la PTAP de Nueva Granada *28*

5 Diseño Metodológico *30*

5.1 Tipo de Investigación *30*

5.2 Tipo de enfoque *30*

5.3 Alcance de la investigación 30

5.4 Población 31

5.5 Muestra 31

5.6 Definición de variables 31

5.7 Técnicas de la recolección de la información 32

5.8 Instrumentos de recolección 32

5.9 Análisis de la información 33

5.10 Procedimientos o Fases metodológicas 34

6 Desarrollo y Resultados 35

7 Conclusiones y Recomendaciones 55

8 Referencias 58

9 Anexos 63

Lista de Tablas

Tabla 1 Variable, dimensión e indicador 32

Tabla 2 Ficha de revisión documental 35

Tabla 3 Lista de chequeo de auditoría..... 39

Tabla 4 Responsables para el Monitoreo técnico en la PTAP 43

Tabla 5 Implementación del Protocolo de monitoreo en la PTAP..... 44

Tabla 6 Control operacional de la PTAP 52

Lista de Figuras

Figura 1 Sistema fotovoltaico de la PTAP 46

Figura 2 Verificación del tanque de almacenamiento 47

Figura 3 Funcionalidad de tablero eléctrico 47

Figura 4 Bomba y elementos 48

Figura 5 Tanques de productos químicos y bombas dosificadoras 48

Figura 6 Filtros de la PTAP 49

Figura 7 Sistema clorinador (Tanque y Armario eléctrico) 50

Resumen (Abstract)

El presente documento contempla como objetivo diseñar un protocolo de monitoreo técnico y control operacional como una herramienta para la Planta de Tratamiento de Agua Potable en la vereda de Nueva Granada ubicado en la Localidad de Sumapaz, la investigación surgió a partir de las deficiencias identificadas en la operación en la caseta donde se encuentran los elementos de la PTAP, principalmente por no cumplir con documentación y/o estandarización en el monitoreo, el mantenimiento, el seguimiento a los parámetros de calidad del agua para el consumo humano y las actividades operativas. La investigación fue tipo aplicada, con enfoque mixto y propositivo. Para el desarrollo de estudio se realizó una auditoría documental de la información existente y suministrada por el Consorcio Aguas de Sumapaz quienes fueron los encargados de la construcción e implementación de la PTAP, así las cosas, presentó documentos como manuales de operación e informes técnicos. Por consiguiente, en la auditoría se hizo uso de una lista de chequeo para identificar fortalezas, debilidades, incumplimientos y oportunidades de mejora. Con base en los resultados obtenidos, se diseñó un protocolo técnico que contiene procedimientos operacionales, responsables, frecuencias de monitoreo, acciones correctivas y formatos de registro. De manera, que sea una herramienta para fortalecer el proceso de potabilidad del agua para la vereda.

Palabras clave: Planta de tratamiento de agua potable, monitoreo técnico, control operacional, calidad del agua.

Abstract (Resumen)

This document aims to design a technical monitoring and operational control protocol as a management tool for the Drinking Water Treatment Plant, located in Nueva Granada village, Sumapaz locality, Bogotá D.C., Colombia. The research originated from deficiencies identified in the operation of the facility housing the DWTP equipment, mainly due to the lack of standardized documentation and procedures for monitoring, maintenance, follow-up of drinking water quality parameters, and operational activities. The study was conducted using an applied research approach with a mixed-method and proposal-oriented design. To carry out the research, a documentary audit was performed using the information provided by Consorcio Aguas de Sumapaz, the contractor responsible for the construction and implementation of the DWTP. The reviewed documentation included operation manuals and technical reports. Furthermore, a checklist was used during the audit to identify strengths, weaknesses, nonconformities, and opportunities for improvement. Based on the findings, a technical protocol was developed, including operational procedures, assigned responsibilities, monitoring frequencies, corrective actions, and standardized recording formats. This protocol is intended to serve as a practical tool to strengthen the drinking water treatment process and support the operational management of the DWTP for the benefit of the Nueva Granada community.

Keywords: Drinking Water Treatment Plant (DWTP), technical monitoring, operational control, water quality.

Introducción

El tener acceso de agua potable es de vital importancia para el ser humano ya que contribuye a la salud, el bienestar y el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades. En este sentido, las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) desempeñan un rol importante ya que permite transformar el agua proveniente de fuentes naturales para el consumo humano. El presente trabajo se desarrolla en la PTAP ubicada en la vereda de Nueva Granada, localidad de Sumapaz, donde se identificaron dificultades relacionadas con el monitoreo de la calidad del agua y el control operacional de los procesos de tratamiento. Se evidenció la necesidad de contar con un protocolo técnico que permita estandarizar las actividades de operación, mejorar el seguimiento de los parámetros fisicoquímicos y apoyar la gestión interna de la planta.

Lo primero que se realizó, fue un diagnóstico de las condiciones técnicas, operativas y documentales de la PTAP, la cual mediante una auditoría documental permitió identificar fortalezas, debilidades, incumplimientos y oportunidades de mejora. A partir de estos resultados se diseñó un protocolo de monitoreo técnico y control operacional que indica procedimientos, responsabilidades (Cargos técnicos, operativos y administrativos), frecuencias de inspección, criterios de aceptación y formatos de registro para el control operacional. Así las cosas, este proyecto no solo busca fortalecer el funcionamiento de la PTAP sino que el protocolo técnico y control operacional sirve como una herramienta que facilite la toma de decisiones, mejore la trazabilidad de las actividades operativas y promueva la mejora continua en los procesos de tratamiento.

1. Planteamiento del Problema

1.1 Descripción del Problema

La planta de tratamiento de agua potable (PTAP) ubicada en la vereda Nueva Granada, en la localidad de Sumapaz, presenta dificultades relacionadas con la calidad del agua potable y el control operacional de los procesos de tratamiento ya que solo cuenta con un operario que no tiene la formación técnica para el adecuado funcionamiento. Esta situación se ha convertido en una problemática debido a las deficiencias identificadas en el sistema de abastecimiento, seguimiento y control de la calidad del recurso hídrico, afectando la eficiencia del servicio prestado a la comunidad.

A pesar de que Colombia posee una amplia oferta hídrica, gran parte de sus fuentes de agua presentan problemas de calidad, especialmente en las zonas rurales. Según Cruz y Cruz (2022) señalan que el suministro de agua potable depende directamente de una adecuada operación y mantenimiento de los sistemas de potabilización, garantizando así la calidad del agua entregada a la población. Asimismo, se evidencia que las comunidades rurales continúan presentando dificultades de acceso al agua potable debido a las malas prácticas técnicas, operativas y de infraestructura en los sistemas de tratamiento.

En el caso específico de Sumapaz en la Vereda de Nueva Granada, el riesgo aumenta debido a que la PTAP se encuentra ubicada en una zona de páramo, donde las diferenciaciones de turbiedad y color del agua son frecuentes a causa de fenómenos climáticos y las malas prácticas en la manipulación de la PTAP (Específicamente donde se encuentra los sistemas como clorinador, elementos de PTAP y el sistema fotovoltaico). Estas condiciones afectan

directamente los procesos de coagulación, sedimentación, filtración y desinfección, ya que no se tienen en cuenta los parámetros adecuados de calidad del agua potable.

La PTAP depende de la existencia de protocolos y/o manuales donde plasmen actividades detalladas para la correcta manipulación de los equipos, Asimismo, se pudo detectar que no hay un personal capacitado para la manipulación y no es recurrente la supervisión en la caseta donde permanecen los elementos de abastecimiento. Según Red Vital Paipa S.A. (2024) el Manual de Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Agua Potable San Felipe I y II establece que el monitoreo permanente de variables como turbiedad, dosificación química, caudal y estado de los equipos es fundamental para asegurar la eficiencia del tratamiento y prevenir fallas operacionales, algo que la PTAP de Nueva Granada no tiene. Por otro lado, Núñez y Roa (2025) argumentan que el manejo, tratamiento y control del agua potable requieren procedimientos técnicos continuos que permitan garantizar la calidad del agua suministrada y proteger la salud pública. De manera que, si se aplica algún procedimiento diario por un operario técnico con formación, se garantizaría la conformidad fisicoquímica del agua suministrada.

Asimismo, conforme al desempeño técnico operativo de las PTAP, según Torres (2025) señala que la ausencia de herramientas administrativas y operativas, como manuales de procesos y procedimientos, afecta directamente la organización y control de las actividades en las plantas de tratamiento, dificultando la asignación clara de responsabilidades y el seguimiento de las operaciones diarias. Lo que conlleva a que haya falencias en la toma de decisiones por parte de la alcaldía de Sumapaz quienes son los responsables del funcionamiento, y que mientras tanto se continúe con baja eficiencia operativa y fallas en los controles de calidad.

Por consiguiente, se detecta que uno de los principales problemas identificados en la PTAP de Nueva Granada corresponde a la falta de aplicación y consulta de documentos técnicos por parte del operario, situación que ocasiona desorganización, ausencia de estandarización y malas prácticas en el control operacional del sistema. Adicionalmente, se evidencia la inexistencia de protocolos técnicos debidamente validados para la operación y mantenimiento de la planta, limitando el adecuado seguimiento de los procesos de tratamiento y control de calidad.

Es importante resaltar que el Consorcio Aguas de Sumapaz fue el encargado de la construcción e implementación de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), siendo el subcontratista de la Alcaldía Local de Sumapaz. Aunque el plan de calidad fue aprobado y avalado por las partes interesadas como interventoría y cliente, y se logró cumplir desde el punto de vista administrativo, no se contempló el protocolo técnico que garantizara la operación del sistema, genero inconsistencias en el funcionamiento de la PTAP y en la entrega de agua apta para los habitantes.

Por último, es importante mencionar que la problemática afecta principalmente a la población de la vereda Nueva Granada, cuyos habitantes dependen de la PTAP para el abastecimiento de agua destinada al consumo doméstico, preparación de alimentos e higiene personal. Ya que, la baja eficiencia en el tratamiento y control de calidad puede incrementar el riesgo de exposición a contaminantes físicos y sanitarios, generando posibles afectaciones en la salud de la comunidad.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo fortalecer los procesos de operación y control de calidad de la PTAP de la vereda Nueva Granada, en la localidad de Sumapaz, para garantizar el suministro de agua apta para el consumo humano?

2. Justificación

El acceso al agua potable es un derecho esencial en Colombia donde el Estado debe velar por el suministro en condiciones de alta calidad. Actualmente existe una normatividad que aún está vigente, específicamente la Resolución 2115 de 2007, donde indica que las características físicas como el color aparente, olor y sabor y turbiedad contemplan un valor máximo aceptable para el consumo humano. Aun así, un protocolo de monitoreo técnico sería la herramienta necesaria para asegurar que estos parámetros establecidos se cumplan, reduciendo las falencias en la PTAP para evitar enfermedades transmitidas por el agua que afectan el bienestar de la comunidad.

Aunque el Consorcio Aguas de Sumapaz quién fue el subcontratista de la Alcaldía Local de Sumapaz, ejecuto la construcción e implementación de la PTAP con un plan de calidad que fue debidamente aprobado por la interventoría y el cliente bajo los lineamientos de la ISO 9001:2015, sin embargo, la ausencia de protocolos técnicos para la operación y monitoreo de la planta ha generado inconsistencias en los procesos de tratamiento donde se se encontró falencias en el control operacional y afecto la calidad del agua que se extrae de la PTAP.

Así las cosas, el no contemplar dentro de la caseta de la PTAP los procedimientos técnicos y un operador de planta que este vigilando la operación, genera un vacío normativo conforme a las variaciones fisicoquímicas de la fuente hídrica. Esta situación incrementa el

riesgo de entregar agua a la comunidad que no cumpla con los parámetros establecidos en la Resolución 2115 de 2007, ya que se puede considerar como un producto no conforme que puede representar afectaciones para los habitantes de la vereda de Nueva Granada.

Por otro lado, el presente proyecto se hace necesario debido a que la PTAP se encuentra ubicada en un ecosistema de paramo, el cual posee una gran importancia ambiental por ser fuente del recurso hídrico. Las condiciones propias de este ecosistema pueden variar dependiendo de que tan cruda se encuentre el agua, por ejemplo, cuando se cuenta con temporadas de lluvias el cual los niveles de turbiedad aumentan al igual que sólidos.

En consecuencia, el sistema de tratamiento requiere de controles operacionales que sean supervisados y permitan ajustar los procesos ya sea de coagulación, sedimentación, filtración y desinfección conforme a condiciones del agua captada. Por eso, el protocolo que se pretende aplicar no solo mejorara la calidad del agua potable, sino también se puede mirar desde otro ángulo como, por ejemplo, fortalecer la sostenibilidad del sistema de abastecimiento y protege el agua de Sumapaz.

Adicionalmente, la implementación de este protocolo buscará garantizar el uso eficiente de los equipos de la PTAP, ya que contempla (Sistema Clorinador, fotovoltaico y elementos de la PTAP), cabe mencionar, que en muchas plantas de tratamiento rurales se evidencia que los equipos de laboratorio como turbidímetros, medidores de PH y sistemas de cloración son utilizados sin una supervisión técnica, ya que no existe el conocimiento de los procedimientos, y la ausencia de personal capacitado, de manera que si se aplica el protocolo servirá como una guía

operativa que facilitará el adecuado manejo de los equipos, el registro de la información y parámetros de funcionamiento hará que los sistemas que contempla la PTAP tengan una mayor duración.

Por último, este trabajo hará una contribución social para un bien común en la vereda de Nueva Granada, ya que hará que el servicio de agua potable que sea suministrado por la PTAP sea de confianza para la comunidad de manera que se mejore la percepción sobre la calidad de sistema de abastecimiento. Asimismo, el garantizar agua apta para los habitantes representa una acción fundamental para proteger la salud de la población y las condiciones de vida. Además, el ayudar a fortalecer la gestión operativa mediante herramientas que aseguren la continuidad, eficiencia y sostenibilidad del servicio del agua.

Aun así, el diseño del protocolo puede ser una herramienta aplicable como guía para otras plantas de tratamiento de agua potable que contengan elementos de abastecimiento similares a los de la PTAP de la Nueva Granada.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Diseñar un protocolo de monitoreo técnico y control operacional para fortalecer los procesos de tratamiento y asegurar la calidad de agua de la PTAP de Nueva Granada en la Localidad de Sumapaz.

3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar las condiciones técnicas y operaciones actuales de la planta de tratamiento de agua potable en Nueva Granada, identificando fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora en los procesos de tratamiento.
- Identificar puntos críticos del monitoreo y control operacional asociados a la calidad del agua y el funcionamiento de los equipos que conforman la PTAP.
- Diseñar un protocolo de monitoreo técnico y control operacional que permita fortalecer los procesos de tratamiento.

4. Marco Referencial

4.1 Marco Teórico

El acceso al agua potable es un tema muy importante para la protección de la salud del ser humano y el bienestar de comunidades. Hoy en día es común que las fuentes hídricas presenten contaminantes físicos, químicos y microbiológicos, el cual se hace necesario hacer la implementación de un proceso de tratamiento que cumpla con condiciones para el consumo. Igualmente, la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) representan un papel importante en los sistemas de abastecimiento, ya que son las encargadas de que el agua cumpla normativamente mediante la transformación del agua cruda que proviene de ríos, quebradas, embalses o nacimientos de agua.

4.1.1 Procesos de una planta de tratamiento de agua potable

La PTAP está conformada por una serie de procesos físicos (elementos) y químicos que remueven o extraen esas partículas que generan turbiedad, microrganismos patógenos, entre otros que pueden afectar la calidad del agua. Aun así, uno de los procesos más comunes es como la filtración, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, teniendo en cuenta que ayudan a la mejoría de las características del recurso hasta cumplir con los parámetros para el consumo.

Según lo que manifiesta Quiñones y Moreno (2019) afirma: “el tratamiento de convertir el agua cruda a potable es de vital importancia para la salud humana” (p. 13). Teniendo en cuenta lo que ha venido manifestando en la problemática del presente documento, el consumo del agua sin tratamiento puede ocasionar enfermedades y afectar la calidad de vida de las comunidades,

así mismo, una PTAP permite conocer el grado de potabilización para los usuarios, lo que implica en llevar a cabo protocolos de seguimiento y control que permitan el funcionamiento de las PTAP de manera adecuada.

Es importante resaltar, que una planta de tratamiento de agua potable está conformada por diferentes elementos los cuales trabajan de manera secuencial para garantizar el funcionamiento. Una PTAP convencional puede estar conformada por una captación, conducción, desarenador, mezcla rápida, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y almacenamiento conforme a lo indicado por Moreno (2024). Teniendo en cuenta que estas estructuras tienen como finalidad cumplir con su correcto funcionamiento para el tratamiento del agua.

4.1.2 Calidad del agua para el consumo humano

No obstante, luego de los procesos que pasa el agua cruda por la PTAP, esta debe garantizar que el agua sea de calidad para el consumo humano teniendo en cuenta características como físicas, químicas y microbiológicas el cual cumplan con el abastecimiento de la comunidad. Su estudio se puede evaluar conforme a los parámetros de la normativa colombiana donde determinan si realmente el recurso es apto para su consumo.

La importancia de la calidad del agua radica en la población, la presencia de patógenos, compuestos químicos o altos niveles de turbiedad pueden generar enfermedades estomacales, infecciones y otros problemas que pueden afectar población vulnerable. Así las cosas, los sistemas de abastecimiento deben implementar medidas de control que su verificación cumpla con parámetros de calidad.

4.1.3 Monitoreo de la calidad del agua para consumo humano

En concordancia con el Informe Nacional de Calidad del Agua para Consumo Humano INCA (2023), el seguimiento constante a las características del agua logra identificar riesgos, fortalecer los procesos de vigilancia y promover acciones al servicio del acueducto. El informe resalta la importancia de ampliar ideas que ayuden a asegurar diferentes regiones del país, especialmente en zonas rurales donde hay más dificultad de supervisión.

Por otro lado, la calidad del agua depende de las fuentes y la eficiencia de su tratamiento en la PTAP, ya que factores como la presencia de sedimentos, materia orgánica, microrganismos, actividades agrícolas o cambios de clima pueden alterar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua.

Según Rios, Agudelo y Guitierrez (2017) afirman que las mejoras en el suministro de agua representan una oportunidad para solucionar problemas de salud y que la implementación de medidas correctas de tratamiento y control de agua contribuye a disminuir enfermedades. La necesidad de implementar actividades permanentes de monitoreo y control de la calidad del agua ha sido demostrada, ya que estas ayudan a la verificación del cumplimiento de parámetros normativos. Un ejemplo de ello, según Petro, Niebles y Wees (2014) hicieron un estudio físico químico y microbiológico en Turbaco (Bolívar) mediante el análisis de un laboratorio donde identificaron deficiencias en el sistema de tratamiento. Esto conlleva a que la falta de una vigilancia constate afecta directamente la calidad a la comunidad.

Por consiguiente, mediante este tipo de resultados se resalta la importancia de establecer protocolos de monitoreo técnico y control operacional dentro de la plantas de tratamiento de agua potable (PTAP), ya que ayudan a detectar falencias en los parámetros, y también se convierte en una alerta para implementar acciones correctivas, aun así, procedimientos definidos como el seguimiento en registros ya sean físicos o digitales de variables como Ph, turbiedad, color y otros, influyen directamente a la calidad del agua.

Además, estos protocolos proporcionan información confiable para la toma de decisiones por parte de los operadores de la planta o la persona encargada. Atreves de recolección y la ayuda de un análisis continuo de datos para identificar fallas en los equipos.

Al mismo tiempo, se debe tener en cuenta que la conformidad fisicoquímica del recurso hídrico hace referencia a las características físicas y químicas que determinan la calidad del agua para uso especifico en este caso el consumo humano, de manera que, si la gestión es eficaz desde la PTAP, se lograría una buena evaluación de los parámetros donde permiten identificar cambios en las características. En este sentido, la caracterización fisicoquímica brinda información sobre las condiciones del recurso hídrico y sobre los posibles factores que pueden afectar la calidad.

Respecto a lo que resalta León (2022) “la contaminación del agua puede generar perjuicios productivos, económicos, ambientales y sanitarios” (p. 51). Lo anterior se convierte en un hecho ya que las alteraciones de la calidad del agua no solo afectan los ecosistemas acuáticos, sino que pueden verse reflejados estos daños en actividades económicas, por esta razón, la evaluación permanente de las características fisicoquímicas del agua se convierte en una

herramienta indispensable para detectar contaminantes y establecer medidas que permitan mitigar sus efectos.

Con base en lo anterior, y desde el enfoque del monitoreo técnico, se evidencia que este es fundamental para la seguridad del recurso hídrico. Según Conejeros (2021), en zonas rurales, “el procedimiento existente para analizar la potabilidad a niveles de contaminación de los sistemas de agua potable rural demuestra deficiencias con un solo muestreo mensual, bajo presupuesto y sistema sin vigilancia continua” (p. 60).

De igual manera, para mitigar estas ineficiencias en las PTAP, la tendencia actual se orienta hacia sistemas que permitan disponer de información oportuna. Conejeros et al. (2021) plantean “un sistema de análisis y monitoreo en tiempo real de las principales variables que determinan la calidad del agua potable en una APR (Agua Potable Rural), sistema de bajo costo capaz de entregar información oportuna” (p. 60).

Este sistema se basa en el control proactivo ya que permiten obtener información sobre el comportamiento de los parámetros del agua facilitando la toma de decisiones en la PTAP.

4.1.4 Monitoreo técnico de parámetros fisicoquímicos

Por otra parte, la Corporación Autónoma Reginal del Atlántico (2023) en su informe de caracterización establece que la rigurosidad es clave para la información de datos ya que “El monitoreo se realizó por medio de mediciones in situ y la toma de muestras para analizar el

laboratorio" (p. 29). Estos procesos si es implementado en zonas rurales asegura que se obtengan datos inmediatos y validaciones químicas más confiables.

4.1.5 Control operacional en las plantas de tratamiento de agua potable

Por consiguiente, el control operacional se vuelve fundamental dentro de las PTAP en zonas rurales, ya que garantizan que el sistema funcione dentro de los límites del diseño. De acuerdo con Hernández (2021) afirma: "describir las actividades y pruebas de campo que deben realizarse para comprobar que se conserve las condiciones apropiadas de operación" (p. 133). En este sentido el control en la PTAP permite verificar continuamente el desempeño, donde también otro factor se vuelve importante al optimizar el uso de la infraestructura y los recursos disponibles evitando el riesgo al deterioro.

Si se logra ver des una perspectiva más técnica ya estaríamos emergidos en protocolos de monitoreo y control representan una herramienta fundamental para garantizar la estabilidad de la operación para las PTAP, la importancia es que ayuda a que los operadores realicen de manera más claras las actividades, los parámetros que deben ser evaluados y las acciones que se deben efectuar en el instante que algún resultado no sea satisfactorio. Por consiguiente, se puede decir que los protocolos ayudan a mitigar el riesgo en la operación y que las diferentes fases en el tratamiento funciones de acuerdo con las condiciones.

4.1.6 Protocolos de monitoreo y estandarización de procesos

Cabe destacar que esto también facilita los procesos dentro de la organización ya sea la caseta y todo el proceso general de la planta, dentro de los cuales también se incluye la toma de muestras, el análisis de parámetros y el registro de la información. De acuerdo con Zapata y

Gómez (2025) indica: “la implantación integral de un sistema de gestión de calidad que garantice la competencia técnica, trazabilidad de los procesos y la mejora continua” (p. 7). Donde se evidencia que si no hay este tipo de sistemas de gestión para las mediciones compromete la calidad del recurso hídrico y que posterior, la calidad no solo depende de la infraestructura o tecnología, sino de un mecanismo que permita controlar y documentar cada actividad.

En este contexto entra en juego la estandarización, que se convierte en una herramienta que apoya los procesos operacionales como por ejemplo la toma de muestras, monitoreos y entre otros. Además, facilita la identificación del funcionamiento de la PTAP. Así mismo, la consecuencia del no tener un sistema de gestión para los protocolos, podrían afectar las auditorías externas e internas que se efectúen, lo que se convertiría en un incumplimiento de los requisitos del agua y el riesgo reputacional de la organización encargada ya que es un servicio que se está prestando para la comunidad.

De igual manera, la documentación de los procedimientos constituye un componente esencial dentro de los sistemas de control operacional. Por ejemplo, ANORÍ S.A. Empresa de Servicios Públicos (2023) indica: “el manual además de documentar pretende estandarizar entre los operadores de la planta de tratamiento y su paso por cada uno de los procesos unitarios de la potabilización, garantizando de esta forma un producto absolutamente confiable y de excelente calidad” (p. 4). Esta afirmación permite sustentar que los manuales operativos y protocolos técnicos trascienden los aspectos administrativos y se convierten en herramientas de apoyo para la ejecución de las actividades en la PTAP, especialmente en sistemas de abastecimiento de agua

de zonas rurales donde el personal es escaso y la continuidad operativa depende de la correcta aplicación de los procedimientos.

Según Ospina (2024), “los protocolos deben diseñarse mediante el establecimiento de procedimientos operativos estandarizados y análisis de criticidad que permitan identificar las áreas prioritarias para la asignación de recursos y presupuesto” (p. 21). De esta forma, una adecuada gestión de los procesos puede contribuir a mejorar la calidad del agua y a mantener la continuidad del servicio para la comunidad aledaña.

Desde una visión generalizada, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2022) indica: “La aplicación de los procedimientos establecidos representan una herramienta de evaluación, fiscalización y mejora en las plantas” (p. 4). De manera que nuevamente se demuestra que los protocolos no solo orientan las actividades diarias de operación, sino que también ayudan a verificar el cumplimiento de los procesos de tratamientos.

4.1.7 Procedimientos operacionales y mantenimientos en PTAP

En complementación, la estandarización de los procesos técnicos y administrativos se puede ver como un elemento indispensable que asegura los parámetros establecidos del recurso hídrico de la PTAP. El llevar a cabo procedimientos claros y de fácil entendimiento conllevan a la mejoría, también está el monitoreo constante para cumplir los parámetros de calidad, la adecuada documentación de las actividades y una evaluación continua fortalece la operatividad.

Complementado, la implementación de procedimientos de operación de mantenimiento es esencial dentro de los sistemas de monitoreo y control operacional, Manual para la Operación de PTAR´S (2022) la eficiencia de una planta depende en gran medida del seguimiento continuo de las condiciones de operación, la evaluación periódica de indicadores de desempeño y la ejecución oportuna de actividades de mantenimiento. De manera que este plasma como se brinda información a los operadores contando con herramientas técnicas que les permitan ver el comportamiento del flujo, así mismo, identificar anomalías y aplicar medidas correctivas antes de que afecten el ciclo del recurso. Por otro, se enfatiza mucho en la importancia de los registros e información confiable.

En concordancia, el Manual de Operaciones de la PTAP de aguas de Barrancabermeja (2024) establece lineamientos técnicos para la ejecución de las actividades operativas, el seguimiento de los procesos de tratamiento, el mantenimiento de las unidades y el control de las variables que influyen en el control de las variables en la calidad del agua suministrada. Nuevamente se reitera, que la existencia de procedimientos documentados facilita el monitoreo continuo y que las actividades operativas se convierten en algo fundamental para la PTAP.

4.2 Marco Legal

Ahora, si se observa desde una mirada normativa, la Constitución Política de Colombia de 1991 reconoce el acceso al agua como un elemento asociado al bienestar colectivo y a la protección ambiental. Por otro lado, la Ley 142 de 1994 establece que los servicios públicos domiciliarios, determinan responsabilidad de entidades prestadoras conforme a la eficiencia al servicio de acueducto.

En armonía, la Resolución 2115 de 2007 define las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Mientras, La Resolución 0330 de 2017 adopta reglamento técnico para el sector de agua potable, establece criterios de operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua. Conforme a lo anterior lo que se quiere demostrar es que las normativas evidencian que el monitoreo técnico, el control operacional y la estandarización son obligaciones respaldadas por la ley colombiana.

4.3 Contexto de la PTAP de Nueva Granada

La Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de Nueva Granada se encuentra ubicada en la zona rural de la Localidad 20 de Sumapaz, en Bogotá D.C., específicamente en la vereda Nueva Granada. Esta infraestructura hace parte del sistema de abastecimiento administrado por ASOPLAN DE SUMAPAZ, organización que suministra agua potable a las veredas Nueva Granada. Su localización dentro de un ecosistema de páramo le confiere una alta importancia ambiental debido a la función que cumplen. Sin embargo, las condiciones climáticas, caracterizadas por precipitaciones intensas, bajas temperaturas e inundación, representan desafíos permanentes para la operación y mantenimiento de la infraestructura.

L|a PTAP cuenta con elementos que garantizan la potabilización del agua captada de la quebrada El Salitre, incluyendo la captación y aducción, desarenador, tanques pulmón, sistemas de dosificación de productos químicos, mezcla hidráulica, filtración mediante zeolita, carbón activado y cartuchos de microfiltración, así como un sistema de desinfección por cloración y

generación de cloro en sitio. Adicionalmente, dispone de un sistema fotovoltaico compuesto por paneles solares, inversores y baterías que permite asegurar el suministro energético para la continuidad de este.

5 Diseño Metodológico

5.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, debido a que busca resolver una problemática identificada en la Planta de Tratamiento de Aguas Potable de la vereda de Nueva Granada, relacionada con las deficiencias en los procesos de monitoreo técnico y operacional. A partir de una situación real y conforme a los requisitos establecidos normativamente, se diseñará un protocolo que apoye la operación en la PTAP y mejore la calidad del agua.

5.2 Tipo de enfoque

La investigación tendrá un enfoque mixto, desde el componente cualitativo se hará una revisión documental, observación de registros existentes ya sean operacionales e informes técnicos, procedimientos y normativa aplicable a la planta de tratamiento de agua potable de la vereda de nueva granada, con el fin de identificar falencias operacionales, administrativas y de control que pueden surgir a partir de la revisión.

Desde el componente cuantitativo se analizarán los registros relacionados con la operación, mantenimiento y control de calidad del agua, frecuencia de actividades realizadas, hallazgos operacionales y oportunidades de mejora.

5.3 Alcance de la investigación

La investigación tendrá un alcance propositivo ya que busca una propuesta de mejoramiento mediante el diseño de un protocolo de monitoreo técnico y control operacional para la PTAP de la vereda de Nueva Granada. Dicha propuesta, estará enfocada apoyar los

procesos de la operación en la caseta donde están los elementos que requieren de supervisión, seguimiento y mantenimiento de la planta.

5.4 Población

La población de estudio será conformada por la documentación técnica, administrativa y operativa que contenga la PTAP, como:

- Manuales de operación
- Registro de control operacional
- Registros de mantenimiento
- Informes técnicos
- Resultados del agua

5.5 Muestra

Para la muestra se contemplarán los documentos disponibles para el estudio ya que es accesible, de manera que se trabajará con la totalidad de la documentación disponible relacionada con la operación, mantenimiento y control de PTAP.

5.6 Definición de variables

- **Variable independiente:** Protocolo de monitoreo técnico y control operacional
- **Variable dependiente:** Apoyar los procesos de tratamiento del agua potable en la PTAP de Nueva Granada.

En la tabla 1 se presenta la operacionalización de las variables de estudio, estableciendo la relación entre las variables, sus respectivas dimensiones e indicadores.

Tabla 1

Variable, dimensión e indicador

Variable	Dimensión	Indicador
Protocolo de monitoreo técnico y control operacional	Documentación y monitoreo operacional	Procedimientos y formatos existentes, frecuencia de seguimiento y control
Apoyo a los procesos	Operación Mantenimiento Control de calidad	Cumplimiento de las actividades operativas, registro de actividades preventivas y seguimiento referente a lo que exige la norma.

Nota: La tabla presenta la operación de las variables de estudio. Fuente: Autoridad propia (2026).

5.7 Técnicas de la recolección de la información

Se realizará la revisión documental como anteriormente se mencionó, donde se recopilará y analizará la información contenida en manuales, registros, informes técnicos, procedimientos y normativas relacionadas con la operación en la caseta donde están los elementos de la PTAP.

También se hará auditoría en donde la idea es evaluar ese cumplimiento de los requisitos técnicos, operacionales y normativos mediante listas de verificación que cumplan con lo que se quiere lograr para la calidad del agua.

Permitirá analizar registros fotográficos, diagramas, formatos y demás evidencias disponibles.

5.8 Instrumentos de recolección

Conforme a la reunión de información, se utilizarán instrumentos como:

- Ficha de revisión documental: será implementada en la fase I para la recopilación y análisis documental, con el propósito de registrar y organizar la información.
- Lista de chequeo de cumplimiento normativo: Se utilizará durante la fase II con el fin de verificar el cumplimiento técnico identificando fortalezas, debilidades, incumplimientos y oportunidades de mejora.
- Acta de levantamiento: Este instrumento será utilizado durante la fase II y III en el cual se plasmará los hallazgos encontrados durante la auditoría documental, observaciones realizadas en la operación de la planta, las no conformidades y las oportunidades de mejora.

5.9 Análisis de la información

Respecto de la información cualitativa obtenida mediante la revisión documental, se identificarán las falencias e incumplimientos que presenta la PTAP. Esta información permitirá caracterizar las condiciones actuales de operación y establecer los aspectos que requieren atención.

De acuerdo con la información cuantitativa, los resultados de auditoría permitirán establecer el número de hallazgos, su clasificación y las oportunidades de mejora identificadas. Estos resultados serán consolidados en el acta de levantamiento y servirán como insumo para la formulación del protocolo de monitoreo técnico y control operacional.

5.10 Procedimientos o Fases metodológicas

Fase I

Se recopilará y analizará la documentación técnica, operativa y normativa relacionada con la PTAP de Nueva Granada para identificar la forma de evaluación.

Fase II

Se realizará una auditoría documental mediante una lista de chequeo, con el fin de identificar fortalezas, debilidades, incumplimientos y oportunidades de mejora en los procesos ya sea de operación, mantenimiento y control de la planta.

Fase III

Se consolidarán y analizarán los hallazgos obtenidos durante la revisión documental y la auditoría, estableciendo las oportunidades de mejora de la PTAP.

Fase IV

Con base en los resultados obtenidos, se diseñará el protocolo de monitoreo técnico y control operacional, definiendo procedimientos, responsables, seguimiento, formatos de registro y acciones de control.

Fase V

Se consolidará el protocolo diseñado y se formularán las recomendaciones orientadas a apoyar los procesos de tratamiento y aseguramiento de la calidad del agua en la PTAP de la vereda Nueva Granada.

6 Desarrollo y Resultados

A continuación, se presenta el desarrollo metodológico que se planteó para llevar a cabo la investigación.

Fase I

En primer lugar, para la Fase I se realizó una ficha de revisión documental donde el cual se recopilo y analizó información técnica, operativa y normativa relacionada con la planta de tratamiento de agua potable de nueva granada, donde esta actividad permitió evaluar criterios de evaluación conforme al funcionamiento. La estructura y los criterios considerados en este instrumento se presentan en la tabla 2

Tabla 2

Ficha de revisión documental

Componente del protocolo	**Documento revisado**	**Información extraída**	**Criterio de evaluación**	**Cumplimiento**
Desinfección y cloración	Manual de operación clorinador	Especificaciones para la producción *in situ* de hipoclorito, incluyendo flujo mínimo de 10 l/mn y uso de Nacl al 99.4%	Especificaciones técnicas del fabricante	Cumple

Conformación fisicoquímica	Informe de muestreo de agua cruda	Valores iniciales de pH (6,06) y turbiedad (2,5) que no cumplen con los rangos óptimos de entrada. De manera que se hace necesaria la implementación de la PTAP	Resolución 2115 de 2007	Cumple
Control Operacional de Tratamiento	Manual Operación PTAP	Procedimientos para floculación a contacto y dosificación de Soda Cáustica (alcalinizante) y Sulfato de Aluminio (coagulante)	Manual de procedimientos de Acuaplantas Ingeniería SAS	Cumple
Suministro Energético	Manual Operación	Pautas para el mantenimiento de	Recomendaciones de mantenimiento	Cumple

	Sistema Fotovoltaico	paneles solares y operación del inversor para asegurar energía autónoma a la PTAP	preventivo para sistemas de energía renovable	
Integridad de Infraestructura	Resultados Concretos y Granulares	Resistencia a la compresión del concreto en placa superior (44.4 MPa) y muros de tanque (49.5 MPa)	Norma Técnica Colombiana NTC 673	Cumple
Diagnóstico de Fallas Operativas	Informe Atención y Funcionamiento PTAP	Identificación de colmatación de filtros por falta de retrolavado y contactores eléctricos dañados por sobreesfuerzo	Requisitos de control operacional de la norma ISO 9001:2015	No cumple

Certificación de Suministros	Consolidado Certificados de Calidad	Certificaciones de tubería PVC (NTC 382), acero de refuerzo (NTC 2289) y equipos de bombeo	Normatividad técnica colombiana vigente para materiales de acueducto	Cumple

Nota: Instrumento diseñado para la revisión de manuales, registros e informes técnicos de la PTAP. Fuente: Autoridad propia (2026).

Los anteriores documentos fueron tomados del informe final de calidad por el Consorcio Aguas de Sumapaz, cuyo informe contemplan anexos como los manuales de mantenimiento, pruebas de agua cruda, informes de reparaciones y certificados de calidad de cada elemento. Así mismo, se puede deducir que conforme a la anterior tabla, se identificaron componente técnicos, operacionales y normativos que intervienen en la conformidad fisicoquímica del recurso hídrico, por lo cual, los manuales de operación, informes técnicos, resultados de laboratorio y documentos de calidad cumplen, sin embargo, la documentación también permitió evidenciar hallazgos asociados al funcionamiento operativo por ejemplo los hallazgos en el funcionamiento operativo de la PTAP, la ausencia de retrolavados oportunos y fallas en los componentes eléctricos derivados de sobreesfuerzos operarios.

Nota: Se sugiere ver el anexo No 1 correspondiente al informe de calidad realizado por el Consorcio Aguas de Sumapaz y los respectivos manuales.

Fase II

Para esta fase se aplicó un Plan de auditoría mediante lista de chequeo:

- Identificación del ciclo: auditoría diagnóstica
- Objetivo: Identificar fortalezas, debilidades, incumplimientos, y oportunidades de mejora en los procesos de operación de la PTAP mediante la revisión del soporte documental.
- Criterio: Manuales de operación del fabricante
- Alcance: Procesos de tratamiento fisicoquímico, desinfección y almacenamiento de agua tratada de la PTAP de nueva granada.
- Documentos de referencia: Informe de calidad final por el Consorcio Aguas de Sumapaz y sus correspondientes anexos, Ver anexo No 1.

Para la realización de esta auditoría, se determinó una lista de chequeo de acuerdo con la guía 19011:2018 para que el ejercicio fuera lo más objetivo posible. A continuación en la tabla 3 se presenta la lista de chequeo:

Tabla 3

Lista de chequeo de auditoría

Proceso	**Referencia**	**Estado (Cumple/No Cumple)**	**Evidencia documental**	**Clasificación**
Operación de filtración	Realizar retrolavado diario con una	NC	Los filtros se encontraron obstruidos por falta de	Incumplimiento / Debilidad

	duración de 39 minutos.		seguimiento operativo Informe de Prominent	
Control de desinfección	Uso de sal con puereza mínima de 99,4% NaCl y flujo de aire constante	Cumple	Especificado en el Manual Chlorinsitu entregado a la comunidad	Fortaleza
Suministro químico	Rebastecimiento oportuno de insumos en tanques dosificadores	No Cumple	Canecas de productos químicos encontrados completamente vacías durante la inspección por parte de prominent.	Incumplimiento
Mantenimiento energético	Limpieza de paneles solares y revisión de	No cumple	Procedimiento de mantenimiento preventivo	Debilidad

	baterías 2 veces al año		detallado en el Anexo No 2 del informe final de calidad	
Capacitación técnica	Instrucción práctica al fontanero sobre el uso del sistema real	No Cumple	La capacitación inicial fue mayormente teórica y realizada fuera del sitio de operación	Debilidad
Gestión de calidad	Existencia de un plan de aseguramiento de la calidad aprobado por interventoría	Cumple	Documento avalado el 02 de octubre de 2024 (Comunicado LOGIA-CIN-462-2023-092)	Fortaleza

Nota: Instrumento aplicado para evaluar el cumplimiento de los requisitos técnicos, operacionales y normativos de la PTAP. Fuente: Autoridad propia (2026).

Fase III

Hallazgos

Tras la aplicación de la lista de chequeo, se obtienen los siguientes resultados.

Fortalezas:

La PTAP cuenta con soporte documental completo ya que contiene (manuales de operación y mantenimiento por cada componente) adicional, el plan de calidad esta ya aprobado por la interventoría, lo que garantiza que los diseños cumplieron.

Debilidades:

Se encontraron tres (3) debilidades ya que el fontanero presenta escaso conocimiento en la parte práctica, la capacitación no se efectuó en la PTAP sino en las oficinas de los subcontratistas, y por supuestos los filtros se encontraron obstruidos debido a la mala práctica y el no mantenimiento continuo.

Incumplimientos:

Se observo que no hay un buen manejo en los retrolavados de los filtros y la reposición de químicos, lo que genero daños mecánicos.

Oportunidades de mejora:

Con el nuevo protocolo pueda que la información sea más clara, realmente la información de los manuales es muy técnica y no se suele comprender las acciones aplicar a la PTAP, ahora bien, también depende de un técnico con conocimiento para la supervisión continua. Se puede decir con la auditoría que realmente la afectación al agua no es la infraestructura sino la falta de un protocolo de monitoreo riguroso.

Fase IV

Protocolo de monitoreo técnico y control operacional

Para garantizar la correcta implementación del presente protocolo, es importante definir responsabilidades de cada uno de los actores involucrados, así como los requisitos mínimos de competencia necesarios para el desarrollo de las actividades de operación, control y mantenimiento.

Para llevar a cabo con éxito el protocolo, se deben contemplar con el personal responsable para cada actividad como se muestra en la tabla 4 respecto al cargo.

Tabla 4

Responsables para el Monitoreo técnico en la PTAP

Cargo	Responsabilidad
Operador PTAP	Realizar inspecciones y registrar resultados
Administrador del acueducto	Verificar registros y programar mantenimientos
Técnico especializado	Ejecutar mantenimientos mayores
Fondo de desarrollo rural de Sumapaz (Propuesta)	Gestionar la financiación de las capacitaciones técnicas impartidas por los proveedores para el operador, por otro lado, los insumos necesarios como los sueldos del personal de la PTAP, libro bitácora mensual, sal para el clorinador, fotocopias de los formatos mensuales, mantenimiento de instalaciones.

Nota: Descripción de responsables y funciones. Fuente: Autoridad propia (2026).

Se recuerda que el operador de la PTAP debe cumplir con los siguientes requisitos: saber leer y escribir, con el fin de interpretar los procedimientos establecidos en el protocolo, diligenciar correctamente los formatos de inspección, registrar la bitácora y comprender instrucciones. Por otro lado, debe conocer el funcionamiento de la PTAP y cada una de sus unidades de tratamiento, tener la capacidad para identificar las situaciones que se encuentre la PTAP, cumplir con los procedimientos de seguridad y utilizar los EPP.

Por otro lado, se recomienda que la persona que ingrese con el perfil de operador debe recibir capacitación técnica por cada uno de los proveedores y debe ser socializados los manuales de mantenimiento tanto de Acuaplantas (Elementos de la PTAP), Prominent (Sistema Clorinador) y Appisolar (Sistema fotovoltaico), donde se garantice que la formación este alineada con las especificaciones técnicas y recomendaciones de operación.

Una vez definidos los responsables, se sugiere que la persona encargada de desempeñar el papel de operador de la PTAP, así como los demás responsables involucrados en el proceso, tenga en cuenta lo siguientes pasos plasmados en la tabla 5 presentados a continuación:

Tabla 5

Implementación del Protocolo de monitoreo en la PTAP

Componente	Figura	Aspecto por verificar	Frecuencia
Elementos de protección personal (EPP)	-	Guantes de neopreno o nitrilo	Permanente
		Gafas de protección	Permanente

Componente	Figura	Aspecto por verificar	Frecuencia
		Botas pantaneras y delantal	Permanente
		Tapabocas	Permanente
		Nota. Uso obligatorio para el operador de la PTAP y los demás responsables involucrados en el proceso.	
Frecuencia general de las actividades de monitoreo	-	Registro en la bitácora	Diaria
		Inspección visual y operación	Diaria
		Limpieza y revisión de equipos	Semanal
		Verificación del funcionamiento	Mensual
		Mantenimiento preventivo especializado	Semestral

Componente	Figura	Aspecto por verificar	Frecuencia
		Nota. Frecuencia establecida para las actividades generales de monitoreo de la PTAP.	
Sistema fotovoltaico de la PTAP En la figura 1 se observa los paneles solares y elementos internos dentro de la caseta pertenecientes al sistema fotovoltaico.	**Figura 1** *Sistema fotovoltaico de la PTAP*  *Nota:* Imagen real in situ. Fuente**:** Elaboración propia (2026).	Paneles limpios, sin ramas, golpes ni sombras	Diaria
		Breakers en estado normal	Diaria
		Inversor sin ningún tipo de alarma	Diaria
		Led normal encendido	Diaria
		Nota. El sistema fotovoltaico debe suministrar energía de forma continua y sin alarmas en el inversor. El mantenimiento debe realizarlo un técnico de forma semestral.	
Captación y tanque de		Nivel del tanque	Diaria

Componente	Figura	Aspecto por verificar	Frecuencia
ingreso de agua cruda En la figura 2 se observa el tanque de almacenamiento que se encuentra detrás de la caseta de la PTAP.	**Figura 2** *Verificación del tanque de almacenamiento*  *Nota:* Imagen real in situ. Fuente**:** Elaboración propia (2026).	Color del agua	Diaria
		Turbiedad visible	Diaria
		Presencia de hojas	Diaria
		Presencia de sedimentos	Diaria
		Nota. Si el agua presenta exceso de sedimentos o turbiedad elevada, se debe informar al administrador, hacer seguimiento durante la operación y registrar lo evidenciado en la bitácora.	
Tablero eléctrico y sistema de bombeo En la figura 3 se muestra el tablero eléctrico donde cuenta con cuatro pilotos luminosos en la	***Figura* 3** *Funcionalidad de tablero eléctrico*  *Nota:* Imagen real in situ. Fuente**:** Elaboración propia (2026).	Interruptor principal (breaker) energizado	Diaria
		Tablero limpio, seco y sin humedad	Diaria
		Ausencia de daños físicos en el gabinete	Diaria
		Ausencia de olores a quemado o calentamiento excesivo	Diaria
		Piloto de funcionamiento en condiciones normales	Diaria

Componente	Figura	Aspecto por verificar	Frecuencia
parte superior (tres verdes y uno azul), tres elementos de mando tipo interruptor. En la figura 4 se puede observar la bomba naranja en la parte inferior.	**Figura 4** *Bomba y elementos*  *Nota:* Imagen real in situ. Fuente**:** Elaboración propia (2026).	Selector en posición AUTO	Diaria
		Encendido automático de la bomba con señal del flotador	Diaria
		Funcionamiento continuo de la bomba	Diaria
		Ausencia de fugas	Diaria
		Ausencia de vibraciones anormales	Diaria
		Ausencia de ruidos extraños	Diaria
		Nota. Cualquier anomalía debe reportarse de inmediato, evitando operar el equipo hasta verificar la causa.	
Dosificación y productos químicos En la figura 5 se observan los tanques de	**Figura 5** *Tanques de productos químicos y bombas dosificadoras*	Nivel de soda cáustica	Diaria
		Nivel de coagulante	Diaria
		Funcionamiento de las bombas dosificadoras	Diaria
		Ausencia de fugas	Diaria
		Mangueras en buen estado	Diaria

Componente	Figura	Aspecto por verificar	Frecuencia
mayor capacidad, junto con las bombas dosificadoras.	 *Nota:* Imagen real in situ. Fuente**:** Elaboración propia (2026).	Nota. Cuando el nivel de los tanques alcance entre 10 y 15 litros debe prepararse una nueva solución conforme a las concentraciones del manual de operación, registrando la cantidad preparada.	
Floculación y filtración En la figura 6 se observan los filtros a los que se deben realizar los retrolavados.	**Figura 6** *Filtros de la PTAP*  *Nota:* Imagen real in situ. Fuente**:** Elaboración propia (2026).	Formación adecuada de flóculos	Diaria
		Presión del sistema (máx. 35 PSI)	Diaria
		Estado de los filtros	Diaria
		Ausencia de obstrucciones	Diaria
		Caudal continuo (diseño: 0,5 l/s)	Diaria
		Funcionamiento de las válvulas de filtración	Diaria

<table>
<tr><th>Componente</th><th>Figura</th><th>Aspecto por verificar</th><th>Frecuencia</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2">Nota. El retrolavado de filtros debe realizarse cuando disminuya el caudal o aumente la pérdida de carga; el manómetro no debe superar los 35 PSI.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Sistema clorinador

En la figura 7 se observa el armario eléctrico, el cual permanece cerrado y cuyo acceso está restringido al personal técnico autorizado. Junto a este se encuentra ubicado el tanque destinado al almacenamiento de cloro.</td><td rowspan="4">Figura 7

Sistema clorinador (Tanque y Armario eléctrico)



Nota: Imagen real in situ. Fuente: Elaboración propia (2026).</td><td>Sal disponible (suministrada por el Fondo Desarrollo Rural de Sumapaz)</td><td>Diaria</td></tr>
<tr><td>Producción de hipoclorito</td><td>Diaria</td></tr>
<tr><td>Mangueras conectadas</td><td>Diaria</td></tr>
<tr><td>Dosificación normal</td><td>Diaria</td></tr>
<tr><td colspan="2">Nota. Debe verificarse que el agua tratada mantenga una adecuada desinfección conforme al seguimiento realizado.</td></tr>
</table>

Componente	Figura	Aspecto por verificar	Frecuencia
Calidad del agua	-	Turbiedad	Diaria
		Color	Diaria
		Olor	Diaria
		Nota. El registro debe realizarse a diario en el formato de calidad dispuesto en la PTAP.	
Tanque de almacenamiento del agua tratada	-	Tapa cerrada y sin fisuras	Semanal
		Ausencia de ingreso de animales	Semanal
		Ausencia de fugas	Semanal
		Área limpia	Semanal
		Nota. Cada seis meses debe realizarse la limpieza completa del tanque.	

Nota: Resumen de las actividades de control operacional, su frecuencia y acciones correctivas frente a las desviaciones detectadas. Fuente: Autoridad propia (2026).

Control operacional

Para llevar a cabo las condiciones del funcionamiento de la PTAP, donde se permita verificar que cada una de las unidades del proceso opere dentro de los parámetros establecidos, la tabla 6, presenta los aspectos que deben ser inspeccionados por el operador durante la jornada de

operación, indicando el método de verificación, criterios de aceptación, la frecuencia de cada actividad, acciones correctivas y el registro correspondiente.

Tabla 6

Control operacional de la PTAP

Descripción	**Verificación**	**Criterio de aceptación**	**Frecuencia**	**Acción correctiva**	**Registro**
Sistema fotovoltaico	Inspección visual	Paneles limpios, que no haya alarmas y LED normal.	Diario	Reportar y programar mantenimiento	Bitácora
Captación	Nivel, color, turbiedad y sedimentos	Aguas sin residuos	Diario	Informar al administrador y realizar seguimiento	Bitácora
Sistema de bombeo	Selector Auto, fugasm ruidos y vibraciones	Funcionamiento	Diario	Suspender operación e informar	Bitácora
Dosificación	Nivel de químicos y funcionamiento de bombas	Dosificación continua	Diario	Preparar solución	Bitácora

Filtración	Presión, caudal y estado de filtros	Presión ≤ 35 psi	Diario	Retrolavado	Bitácora
Cloración	Producción de hipoclorito y dosificación	Dosificación normal	Diario	Ajuste al sistema	Bitácora

Fuente: Autoridad propia (2026).

- **Control operacional**

Con el propósito de dar cumplimiento al protocolo técnico, se desarrollará el control operacional mediante una serie de registros y formatos que harán parte de los procesos para el correcto funcionamiento de la PTAP. Posterior, estos documentos serán de gran apoyo operacional ya que se registrará las actividades de inspección, operación, mantenimiento, monitoreo, seguimiento, reuniones y capacitaciones.

Es importante aclarar que estos formatos estandarizan las actividades ejecutadas por el operador, facilitando administrativamente la trazabilidad de la información, evidenciando cumplimiento en los procedimientos indicados y con la idea de obtener información de primera instancia confiable, asimismo, fortalecer el sistema documental ya que no existe actualmente en la PTAP, llevar un seguimiento de desempeño bajo responsabilidad de los operarios, técnicos y administrativos.

Cabe resaltar, que los formatos diseñados corresponden a la bitácora diaria de operación, inspección del sistema fotovoltaico, control de productos químicos, registro de mantenimiento

preventivo, registro de retrolavados de filtros, reporte de fallas operacionales, acta de capacitación y reunión, cuyos documentos permiten articular la información con las actividades relacionades de la operación en la PTAP.

Nota: Se sugiere ver el Anexo No 2 correspondiente a los Formatos y Registros Diseñados para el control operacional.

Por último, el presente trabajo fue presentado al Señor José Luis Oviedo Velasco quien desempeño el cargo de Coordinador del Consorcio Aguas de Sumapaz, donde fue socializado el día 01 de agosto de 2026 a las 12:00 pm. Durante la reunión se realizó la presentación del presente documento abordando los principales aspectos relacionados con la operación, mantenimiento, monitoreo técnico y control operacional de la planta.

Nota: Se sugiere ver el Anexo No 3 correspondiente al acta de socialización.

7 Conclusiones y Recomendaciones

El desarrollo del presente proyecto permitió desarrollar un protocolo de monitoreo técnico y control operacional teniendo en cuenta que fortalece la gestión de la planta de tratamiento de agua potable en nueva granada ubicada en la localidad de Sumapaz. La idea responde a las necesidades identificadas durante el diagnostico documental y operativo, esta herramienta apoya los procedimientos, criterios de control, formatos y registros que no existían en la manipulación de los elementos de la PTAP.

El diagnostico documental permitió evidenciar que la PTAP de nueva granada contempla los manuales tanto del sistema clorinador, sistema fotovoltaico y elementos de la misma, posterior, el Consorcio Aguas de Sumapaz realizo un informe de calidad y contiene documentación de los diferentes componentes del sistema, sin embargo, se identificaron deficiencias en los procesos dentro de la caseta de la PTAP, mala aplicación de documentación durante la operación, lo que genera reprocesos en el control operacional y calidad del agua.

También es importante aclarar que el estado documental permitió establecer que la operación actual de la PTAP depende del conocimiento de una persona que es empírica, situación que claramente incrementa el riesgo de variabilidad en la ejecución de las actividades diarias dentro de la misma, ya sea con la dosificación de productos químicos, monitoreo de parámetros del agua, el mantenimiento preventivo, lo que dicha situación se obliga a implementar el protocolo.

Mediante la técnica de la auditoría de la documentación existente se logró identificar fortalezas, debilidades, incumplimientos y oportunidades de mejora relacionadas con la operación de la planta en Sumapaz, por ejemplo actividades como el retrolavado, el tema de la reposición de productos químicos que deben ser controlados por la Fondo Desarrollo Rural de Sumapaz, No hay un mantenimiento preventivo y una completa capacitación algún operador, donde se vio la necesidad de estandarizar las actividades mediante un protocolo técnico y control operacional.

Los hallazgos obtenidos durante la auditoría influyeron principalmente en el insumo para el diseño del protocolo, donde la estructura orientaba a las actividades que representaban mayor impacto sobre la calidad del agua y la continuidad del servicio, de manera que el protocolo fue realizado no solo como un documento técnico sino como una herramienta de que apoya la operación mediante responsabilidades.

Con el diseño del protocolo técnico donde integra procedimientos, responsables, frecuencias de monitoreos, criterios de aceptación, acciones correctivas y formatos de registros para el control operacional, se convierte en una herramienta de apoyo para fortalecer en control operacional de la PTAP y así mismo, facilitar la toma de decisiones basadas en evidencias.

Por otro lado, la incorporación de formatos estandarizados apoya la trazabilidad de las actividades de operación, mantenimiento y monitoreo de la calidad del agua para el consumo humano, donde enriquece el cumplimiento de los procedimientos y genera información confiable para la mejora continua.

Finalmente puede concluirse que el protocolo propuesto constituye una alternativa técnica viable para apoyar el monitoreo técnico y control operacional de la PTAP de nueva granada, contribuyendo al aseguramiento de la conformidad del agua, al mejoramiento de la gestión documental y fortalecimiento del servicio de agua potable para la población que es beneficiada.

Conforme a las recomendaciones, se debe implementar el protocolo técnico mediante un periodo piloto durante (3) tres meses que permita verificar si hay mejoría en los procesos y se deberá hacer los ajustes correspondientes para la adopción final, posterior, y de acuerdo a los resultados, implementar el protocolo de monitoreo técnico y control operacional de manera gradual, por supuesto haciendo un seguimiento continuo que permita evaluar su eficiencia y asimismo identificado oportunidades de mejora. Asimismo, es importante capacitar trimestral al operador de la PTAP en operación, mantenimiento, dosificación química, interpretación de parámetros fisicoquímicos y diligenciamiento de los formatos establecidos y propuestos en el actual documento.

Es de vital importancia garantizar que los insumos requeridos para la operación de la PTAP especialmente las sales para el sistema clorinador, elementos de protección personal y formatos físicos o digitales para el respectivo diligenciamiento. Por otro lado, se deben programar auditorías internas de acuerdo con la verificación documental para evaluar el desempeño y cumplir con el objetivo de la PTAP que es brindar agua potable a la comunidad.

8 Referencias

Aguas de Barrancabermeja S. A. E.S.P. (2024). *Manual de operaciones PTAP (Código GAC-PR-MN-001, versión 3)*. https://www.aguasdebarrancabermeja.gov.co/images/manual/GAC-PR-MN-001%20Manual%20de%20operaciones%20PTAP%20COMPLETO%20v3.pdf

Anorí S.A. Empresa de Servicios Públicos. (2023). *Manual de funcionamiento: Planta de tratamiento de agua, sistema de acueducto*. https://anorisa.com.co/wp-content/uploads/2023/04/Manual-de-Funcionamiento-PTAP.pdf

Asamblea Nacional Constituyente. (1991). *Constitución Política de Colombia*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125

Comisión Estatal del Agua de Jalisco. (2022). *Manual para la operación de PTAR's. Gobierno del Estado de Jalisco.* https://www.ceajalisco.gob.mx/contenido/manuales_tecnicos/img/Manual%20para%20la%20Operaci%C3%B3n%20de%20PTAR%C2%B4s%202022.pdf

Conejeros, Á., Hueichaqueo, C., Martínez, B., & Placeres, A. (2021). *Monitoreo de calidad del agua en sistema de agua potable rural. Revista de Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones* (RIELAC), 42(3), 60–70. http://scielo.sld.cu/pdf/eac/v42n3/1815-5928-eac-42-03-60.pdf

Congreso de Colombia. (1994, 11 de julio). *Ley 142 de 1994, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752

Consorcio Aguas de Sumapaz. (2025). *Informe final de calidad: Realizar la apropiación de los diagnósticos, estudios y diseños, así como la conservación y las obras requeridas para la*

optimización, mejoramiento y puesta en funcionamiento del acueducto Plan de Sumapaz y la construcción de un tanque de almacenamiento para el acueducto de Asoaguas Claras en la localidad de Sumapaz. Fondo de Desarrollo Rural de Sumapaz.

Corporación Autónoma Regional del Atlántico. (2023). *Informe técnico de estudio de caracterización de agua superficial* (OT 8933-1-A-7034). https://www.crautonoma.gov.co/documentos/Monitoreos%20de%20calidad%20de%20agua/ot%208933-1-a-7034-informe%20tecnico%20de%20caracterizacion%20de%20agua%20superficial-cra.pdf

Cruz, J., & Cruz, J. (2022). *Diseño del programa de uso eficiente y ahorro del agua para la PTAP del municipio de Pailitas, Cesar* [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y Distancia (UNAD)]. https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/50395/1/Jmcruzro.pdf

Guzmán, B. L., Nava, G., & Díaz Bevilacqua, P. (2015). *La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012*. Biomédica, 35(Supl. 2), 177–190. https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2511

Hernández-Arenas, R. E. (2021). *Diseño de un sistema de potabilización de agua como parte de las medidas de mitigación y prevención de desastres para la comunidad de San Pedro de Tarrazú, Costa Rica* [Proyecto de graduación, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio TEC. https://hdl.handle.net/2238/13769

León, D. F. (2022). *Diagnóstico sobre la gestión en torno a la calidad del agua en el río Pasto* [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional PUJ. https://apidspace.javeriana.edu.co/server/api/core/bitstreams/23c93d0a-a9e4-4ecb-9cea-ec81f4430333/content

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Protección Social. (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/sites/default/files/normativa/2115%20-%202007.pdf

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Ministerio de Salud y Protección Social, Instituto Nacional de Salud, & Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2023). *Informe nacional de calidad del agua para consumo humano (INCA 2023).* Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/informe-nacional-de-calidad-del-agua-para-consumo-humano-inca-2023.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2022). *Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales*. Oficina de Medio Ambiente. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/propuesta_de_protocolo_de_monitoreo_de_la_calidad_de_los_efluentes_de_la_palnta.pdf

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017, 8 de junio). *Resolución 0330 de 2017, por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS).* https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0330_-_2017.pdf

Moreno, J. (2024). *Diseño de un sistema de tratamiento de agua potable compacta de un litro por segundo, para satisfacer la demanda de la empresa Sativa Nativa que opera en la*

localidad de Curvalito, ubicada en la ciudad de Santa Marta [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]. https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/fe2101a6-bb09-4e0f-81f5-0126b422295d/content

Núñez, D., & Roa, D. (2025). *Analizar el manejo de tratamiento y control del agua potable PTAP del municipio de Flandes, Tolima* [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Piloto de Colombia]. https://n9.cl/9y3q9

Ospina, S. (2024). *Práctica empresarial para apoyar el desarrollo del plan de mantenimiento de los equipos e instrumentos que hacen parte de la PTAP, de las Empresas Públicas Municipales de San Pelayo* [Informe de práctica, Universidad de Córdoba]. Repositorio Institucional de la Universidad de Córdoba. https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/480ab52c-9753-4e23-84fa-e029b179dde0/content

Petro Niebles, A. K., & Wees Martínez, T. C. (2014). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del municipio de Turbaco – Bolívar, Caribe colombiano* [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Bolívar]. Repositorio UTB. https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/1725

Quiñones, O., & Moreno, E. (2019). *Diagnóstico operacional de las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) en el área urbana y rural del municipio de Acevedo (Huila)* [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/33488/ofquinoness.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Red Vital Paipa S.A. E.S.P. (2024). *Manual de operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de agua potable San Felipe I y II*. https://redvitalpaipasaesp.com/wp-content/uploads/2024/05/pm-gac-ct-ma-01-manual-de-operacion-y-mantenimiento-de-las-plantas-de-tratamiento-de-agua-potable-san-felipe-i-y-ii.pdf

Torres, C. (2025). *Diseño de un manual de procesos y procedimientos para el área de operación y mantenimiento del acueducto del distrito de Buenaventura basado en la norma ISO 9001* [Trabajo de grado, Unidad Central del Valle del Cauca (UCEVA)]. https://repositorio.uceva.edu.co/bitstream/handle/20.500.12993/4912/TG-ctorres.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Zapata, L., & Gómez, A. (2025). *Diagnóstico de calidad basado en la norma NTC-ISO 15189 de 2022, en el laboratorio clínico de una Institución Prestadora de Servicios de Salud de alta complejidad, en la ciudad de Medellín, durante el primer semestre de 2025* [Trabajo de grado, Universidad de Antioquia]. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/16d15102-eb3a-4182-a617-4d73169cc52a/content

9 Anexos

Anexo No 1: Informe de final de calidad el cual contempla dentro de sus anexos los manuales.

Anexo No 2: Formatos y registros diseñados para la PTAP

Anexo No 3: Acta de socialización del proyecto

Nota: Se adjunta link donde se puede encontrar los anexos unificados

https://drive.google.com/drive/folders/1H4J4Z9SFujTwn9knMB1lqTU9D-TDza0W?usp=drive_link