



Apoyo técnico al mejoramiento operacional de los acueductos urbanos y rurales de los municipios de Cisneros, Sabaneta, Necoclí, Amaga, Titiribí y Cocorná.

Estefania Agudelo Orrego

Práctica académica como requisito para optar al título de Ingeniera Sanitaria.

Asesor

Diego Alejandro Chalarca Rodríguez;
Magíster en Ingeniería

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Escuela Ambiental
Medellín, Antioquia, Colombia
2022

Cita	(Agudelo Orrego, 2022)
Referencia	Agudelo Orrego, E. (2022). <i>Apoyo técnico al mejoramiento operacional de los acueductos urbanos y rurales de los municipios de Cisneros, Sabaneta, Necoclí, Amaga, Titiribí y Cocorná</i> . [Prácticas académicas profesionales]. Universidad de Antioquia, Medellín.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

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

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza.

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

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecerles a mis padres por siempre apoyarme, impulsarme, creer en mí y ser mi principal motor. También quiero agradecer a todas las personas, principalmente mis amigas, que me acompañaron durante todo este camino, que me brindaron su mano y de las que pude aprender tantas cosas valiosas, a la Universidad de Antioquia la cual fue mi segundo hogar por tantos años y me brindo la oportunidad de crecer tanto profesional como personalmente, me abrió las puertas al conocimiento y permitió que conectara con grandes seres humanos, y a mi asesor de práctica académica, el profesor Diego Chalarca, que me apoyo en todo este proceso donde me ayudo a tener muchas más confianza en mí misma y por todos los consejos que me brindo.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1 Objetivos	13
1.1 Objetivo general	13
1.2 Objetivos específicos	13
2 Marco teórico	14
3 Metodología	18
3.1 Actualización de la información técnica y operativa de los operadores de acueducto del municipio de Amaga, Titiribí y Cocorná	18
3.2 Actualización de los manuales de operación y mantenimiento de los municipios de Cisneros y Necoclí	19
3.2.1 Etapa 1. Revisión bibliográfica	19
3.2.2 Etapa 2. Elaboración de manuales y capacitación	20
3.3 Capacitación a los operarios de la PTAP del municipio de Cisneros y Sabaneta en las buenas prácticas sanitarias	20
4 Resultados y análisis	22
4.1 Actualización de la información técnica y operativa de los operadores de acueducto del municipio de Amaga, Titiribí y Cocorná	22
4.2 Actualización de los manuales de operación y mantenimiento de los municipios de Cisneros y Necoclí	26
4.2.1 Etapa 1. Revisión bibliográfica	26
4.2.2 Etapa 2. Elaboración de manuales y capacitación	27
4.3 Capacitación a los operarios de la PTAP de los municipios de Cisneros y Sabaneta en las buenas prácticas sanitarias	30
5 Conclusiones	33
6 Referencias	34

Lista de tablas

Tabla 1. Algunas de las características fisicoquímicas del agua potable estipuladas en la Resolución 2115 de 2007	15
Tabla 2. Ítems consultados a los operadores del sistema de acueducto de los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná	18
Tabla 3. IRCA rural anual para el municipio de Amaga, Titiribí y Cocorná	22
Tabla 4. Número de acueductos rurales registrados y entrevistados en los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná	22
Tabla 5. Principales problemáticas en los acueductos rurales de los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná	23
Tabla 6. Acueductos rurales y tratamiento de agua potable de los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná	24

Lista de figuras

Figura 1. Laboratorio de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Cisneros, Antioquia	21
Figura 2. Planta de tratamiento de agua potable del municipio de Sabaneta, Antioquia	21
Figura 3. Portada del Manual de operación y mantenimiento del municipio del municipio de Cisneros, Antioquia	28
Figura 4. Tabla de contenido del Manual de operación y mantenimiento del municipio de Cisneros, Antioquia	29

Lista de gráficas

Gráfica 1. <i>Porcentaje de plantas de tratamiento de agua potable en operación de los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná</i>	24
---	----

Gráfica 2. Principales problemas presentados en los acueductos rurales de los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná

Siglas, acrónimos y abreviaturas

BPS	Buenas Prácticas Sanitarias
DAP	Departamento Administrativo de Planeación
IRCA	Índice de Riesgo de la Calidad del Agua
PTAP	Planta de Tratamiento de Agua Potable
RAS	Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
SIVICAP	Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Resumen

El agua es un recurso imprescindible para el desarrollo y el bienestar humano, por lo que se vuelve imperativo asegurar que esta se encuentre de manera accesible y segura. Para el año 2019, según el Departamento Administrativo de Planeación -DAP solo el 83.53% tenía agua potable en el departamento y no se contaba con una cobertura total del servicio de acueducto, además, se hizo visible una gran brecha entre la zona rural con el 64.26% de cobertura y la zona urbana con el 97.81%. En la práctica académica se apoyó técnicamente en el mejoramiento operacional de los sistemas de abastecimiento de agua de los municipios de Amaga, Titiribí, Cocorná, Cisneros, Necoclí y Sabaneta; llevando a cabo diferentes acciones, tales como, la actualización de la información técnica y operativa, la elaboración de manuales de operación y mantenimiento y, capacitaciones para fortalecer las buenas prácticas sanitarias -BPS.

Por medio de la información obtenida, se encontró que los principales problemas en los acueductos rurales estaban relacionados con temas de calidad del agua y de infraestructura, representando un 79.6% y 57.1% (**Gráfica 2**) respectivamente, para los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná. Se realizó la elaboración de manuales de operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de agua potable de los municipios de Cisneros y Necoclí, donde se incluyó la normatividad vigente y secciones donde se explicará cómo realizar correctamente los procesos de muestreo de agua y medición de parámetros de calidad del agua potable. Adicionalmente, se llevaron a cabo capacitaciones técnicas a los operarios de las plantas de tratamiento de agua potable de Cisneros y Sabaneta en la cual se brindaron diferentes recomendaciones y se comunicaron las acciones correctivas que se tenían que realizar para mejorar el servicio de agua potable suministrado, como el mantenimiento de diferentes estructuras hidráulicas, la sustitución de materiales de la planta por unos que no representen un peligro para el operario y la realización de procedimientos en el laboratorio, por ejemplo, la prueba de jarras, para conocer la dosificación correcta de coagulante para tratar en agua.

Palabras clave: Agua potable, acueducto, manuales de operación y mantenimiento.

Abstract

Water is an essential resource for development and human well-being, so it is imperative to ensure that it is accessible and safe. For the year 2019, according to the Administrative Department of Planning -ADP only 83.53% had drinking water in the department and there was no total coverage of the aqueduct service, in addition, a large gap was visible between the rural area with 64.26% coverage and the urban area with 97.81%. In the academic practice, technical support was provided for the operational improvement of the water supply systems of the municipalities of Amaga, Titiribí, Cocorná, Cisneros, Necoclí and Sabaneta; carrying out different actions, such as updating technical and operational information, preparing operation and maintenance manuals and training to strengthen Good Sanitary Practices (GSP).

From the information obtained, it was found that the main problems in the rural aqueducts were related to water quality and infrastructure issues, representing 79.6% and 57.1% (Graph 2) respectively, for the municipalities of Amaga, Titiribí and Cocorná. Operation and maintenance manuals were prepared for the drinking water treatment plants in the municipalities of Cisneros and Necoclí, including current regulations and sections explaining how to correctly perform water sampling and measure drinking water quality parameters. In addition, technical training was provided to the operators of the drinking water treatment plants of Cisneros and Sabaneta, where different recommendations were given and corrective actions were communicated to improve the drinking water service provided, such as the maintenance of different hydraulic structures, the replacement of plant materials with those that do not represent a danger to the operator and the performance of laboratory procedures, for example, the testing of jugs to determine the correct dosage of coagulant to treat water.

Keywords: Drinking water, aqueduct, operation and maintenance manuals.

Introducción

El agua es un recurso imprescindible para el desarrollo y el bienestar humano, es base de la vida y las sociedades, por lo cual, es imperativo asegurar que esta se encuentre de manera accesible y segura; para lograrlo, se llevan a cabo la construcción e instalación de numerosas estructuras hidráulicas con el fin de abastecer a una comunidad y en teoría, realizar un proceso de potabilización del agua para garantizar su inocuidad.

Según el Departamento Administrativo de Planeación -DAP de la Gobernación de Antioquia, para el año 2019 en el servicio de acueducto todavía no se alcanzaban coberturas al total de la población, especialmente en las zonas rurales, evidenciando una brecha con respecto a la zona urbana, con un porcentaje de cobertura del servicio de 64.26% y 97.81% respectivamente. En lo relacionado a la calidad del agua, la zona rural se ve particularmente afectada, aunque en muchos casos disponen de una red de suministro, en términos de seguridad para el consumo humano presentan una lenta evolución a causa de falta de infraestructura de potabilización y distribución del agua y, en muchos casos, por las deficiencias en la operación, tarifas que no cubren los costos del servicio y baja capacidad institucional (Moreno Méndez, 2020).

Por lo anterior, una de las estrategias utilizadas en busca de mejorar estas condiciones son la realización de diagnósticos técnicos, que permiten la caracterización e identificación de los problemas de los sistemas de abastecimiento de agua para saber que acciones plantear, donde sucesivamente se busca llegar hasta el mayor grado de calidad del agua, usualmente mediante el proceso potabilización.

El proceso de potabilización juega un papel importante debido a que cuando se realiza correctamente permite reducir el número de enfermedades, mejorar la salud y la productividad económica de la población; además, el acceso a agua potable es también un derecho humano (Naciones Unidas, 2021).

En el departamento de Antioquia para el año 2019 solo el 83.53% contaba con acceso a agua potable (Departamento Administrativo de Planeación, 2019). Según Naciones Unidas, cada persona requiere entre 20 a 50 litros de agua potable limpia y segura al día para beber, cocinar y simplemente mantenerse limpios (Instituto Nacional de estadística e informática, 2020).

La disponibilidad de este recurso se convierte en una necesidad básica para poder tener una calidad de vida, y es vital que esta sustancia cuente con ciertas características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas para asegurar que sea apta para consumo humano, es decir, debe cumplir las condiciones señaladas en la Resolución 2115 de 2007. En Colombia, el abastecimiento de agua potable constituye un objetivo fundamental plasmado en la Constitución Política de 1991, lo cual hace que sea imprescindible que las comunidades cuenten con sistemas de tratamiento de agua potable adecuados, esto no solo implica contar con la infraestructura necesaria, sino asegurar en la misma medida la correcta operación y mantenimiento de estos. Las fallas presentes en este último aspecto, es uno de los factores asociados a la entrega de una mala calidad del agua, generando posibles riesgos para la salud (Ministerio de salud y protección social, 2020).

El municipio de Cisneros, ubicado en el nordeste de Antioquia, actualmente solo cuenta con una PTAP que abastece el casco urbano y entró en funcionamiento en el año 2016 y es operada por Empresas públicas de Cisneros. El municipio de Necoclí está localizado en la subregión de Urabá y dispone de una PTAP la cual entro en operación a finales del 2021 con el objetivo de abastecer el casco urbano y está a cargo de La Empresa de Servicios Públicos del Municipio de Necoclí. El municipio de Sabaneta cuenta con 6 veredas, entre ellas María Auxiliadora, que cuenta con una planta de tratamiento compacta operada por la Corporación de Usuarios del Acueducto Veredal María Auxiliadora. En términos de calidad del agua, los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná en la zona rural se encontró en un estado vulnerable, donde la mayoría de los acueductos no cuenta con una planta de tratamiento de agua potable.

Durante el desarrollo de la práctica académica, se realizó un apoyo técnico a los sistemas de abastecimiento de agua de los operadores de acueducto en los municipios de Cisneros, Necoclí, Sabaneta, Amaga, Titiribí y Cocorná; todo esto con el propósito de aportar a que se mejore el funcionamiento, operación y mantenimiento de los mismos, lo cual se realizó por medio de la elaboración de manuales de operación y mantenimiento de las PTAP, la actualización de la información técnica y operativa y, capacitaciones a los operarios de las PTAP.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Aportar al correcto funcionamiento, operación y mantenimiento de sistemas de abastecimiento de agua de operadores de acueducto urbano y rural en los municipios de Amaga, Titiribí, Cocorná, Cisneros, Necoclí, y Sabaneta.

1.2 Objetivos específicos

Actualizar la información técnica y operativa de los acueductos de los operadores de los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná.

Apoyar la actualización de los manuales de operación y mantenimiento de las PTAP de los operadores de acueducto de los municipios de Necoclí y Cisneros.

Capacitar a los operarios de las PTAP en el fortalecimiento de las buenas prácticas sanitarias para un buen manejo, operación y mantenimiento de las PTAP de Cisneros y Sabaneta.

2 Marco teórico

El agua es un recurso esencial para la vida; por lo cual todas las personas deben tener un suministro adecuado acorde a sus necesidades, teniendo en cuenta que la calidad de ésta sea óptima (Saín & Gámez, 2017). Dada la importancia de proporcionar este recurso, existen reglamentaciones como la Ley 142 de 1994, la cual determina el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones, en la que se establece que las entidades prestadoras de servicios públicos deben asegurar la calidad, cobertura y continuidad del servicio prestado, para satisfacer las necesidades básicas, en este caso del servicio de agua potable. En términos de calidad del servicio de agua potable, el Decreto 1575 de 2007 establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo. Dada la importancia de estos sistemas de abastecimiento de agua es necesario realizar un diagnóstico de su funcionamiento que consiste en la identificación de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de los sistemas de abastecimiento (Mosquera Mosquera, 2021) e igualmente promover las Buenas Prácticas Sanitarias (BPS), según la Resolución 0082 de 2009, son los principios básicos y prácticas operativas generales de higiene para el suministro y distribución del agua para consumo humano, con el objeto de identificar los riesgos que pueda presentar la infraestructura.

La potabilización del agua se efectúa para mejorar los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, y de esta manera ofrecer agua de muy buena calidad para el consumo del hombre, sin afectar su salud. Tales parámetros están estipulados en la 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. En la **Tabla 1** se pueden apreciar algunos de los parámetros estipulados:

Tabla 1. Algunas de las características fisicoquímicas del agua potable estipuladas en la Resolución 2115 de 2007

Parámetro	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	UPC	15
Turbiedad	UNT	2
pH	No aplica	6.5-9
Olor y sabor	Aceptable o No aceptable	Aceptable
Conductividad	microsiemens/cm	1000
Aluminio	Al ³⁺ (mg/L)	0.2
Alcalinidad total	CaCO ₃ (mg/L)	200
Dureza total	CaCO ₃ (mg/L)	300
Hierro total	Fe (mg/L)	0.3
Sulfatos	(SO ₄) ⁻² (mg/L)	250
Nitratos	NO ₃ ⁻ (mg/L)	10
Cloruros	CL ⁻ (mg/L)	250
Fosfatos	(PO ₄) ⁻³ (mg/L)	0.5
Manganeso	Mn (mg/L)	0.1

La Resolución 0330 de 2017, la cual adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, es la que reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de operación, mantenimiento, entre otras, de los servicios públicos. Muchos de los aspectos mencionado se establecen en un manual de operación y mantenimiento de un sistema de acueducto, que dispone la información referente a los componentes del sistema y da las instrucciones correctas a los operadores con el fin de que las labores se ejecuten de la forma más eficiente posible y por consiguiente se alcance el objetivo de un sistema de acueducto: Abastecer

agua apta para el consumo humano (Garzón Córdoba & Piraquive Gamba, 2017). Algunos de los conceptos más relevantes para el tratamiento de agua potable son:

- **Aforo:** Un es un procedimiento cuyo fin es medir la cantidad de agua que pasa por unidad de tiempo en una sección determinada de una estructura, es decir, la medición del caudal (Garzón Córdoba & Piraquive Gamba, 2017).
- **Canaleta Parshall:** Es una estructura hidráulica en la cual se puede realizar la medición del caudal que ingresa a una planta de tratamiento de agua potable, así mismo consta de un cambio rápido de pendientes y constricción en la garganta que producen un resalto hidráulico, este resalto sirve como punto de aplicación de coagulantes en el proceso de mezcla rápida (Arboleda Valencia, 1992).
- **Coagulación:** Se refiere al proceso de desestabilización de las partículas suspendidas de modo que se reduzcan las fuerzas de separación entre ellas. La coagulación comienza en el mismo instante que en que se agrega el agente coagulante al agua y dura solamente fracciones de segundo (Arboleda Valencia, 1992).
- **Floculación:** Aglutinación de partículas inducida por una agitación lenta de la suspensión coagulada. Este es el fenómeno por el cual las partículas ya desestabilizadas chocan unas con otras para formar coágulos mayores (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).
- **Sedimentación:** Es el proceso por el cual los sólidos en suspensión en un fluido precipitan por efecto-acción de la gravedad (Arboleda Valencia, 1992).
- **Filtración:** Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso. La filtración se puede clasificar en lenta y rápida. El filtro lento consta de una caja o tanque que contiene una capa sobrenadante

del que se va a desinfectar, un lecho filtrante de arena, drenajes y un juego de dispositivos de regulación y control, mientras que la filtración rápida consiste primero en una etapa durante la cual las partículas se acumulan en el filtro y segundo, la etapa de retrolavado, en la cual el material acumulado es retirado del filtro (Comisión Nacional del Agua, 2016).

- **Desinfección:** Es un proceso selectivo para la destrucción de los microorganismos patógenos (Capaces de producir enfermedades), involucra un tratamiento especializado mediante el empleo de un agente físico o químico para la destrucción de aquellos microorganismos que pueden ser peligrosos o que sean objetables por inconvenientes o molestos (Garzón Córdoba & Piraquive Gamba, 2017).

3 Metodología

Para cumplir los objetivos planteados durante la práctica académica se realizaron las siguientes actividades:

3.1 Actualización de la información técnica y operativa de los operadores de acueducto del municipio de Amaga, Titiribí y Cocorná

Con el fin de actualizar la información técnica y operativa de los acueductos rurales de los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná, como primer paso se elaboró una matriz con una serie de preguntas que permitieran obtener información estratégica y oportuna de estos. Luego, como segundo paso se realizaron entrevistas por medio de vía telefónica a los operarios y personal encargado de cada uno de los sistemas de acueducto, donde las bases de datos de cada acueducto se obtuvieron previamente de la oficina de planeación de cada municipio. Estas entrevistas se realizaron con el fin de obtener una línea base actualizada del estado de cada acueducto. A cada acueducto se le consulto la información que se presenta en la **Tabla 2:**

Tabla 2. Ítems consultados a los operadores del sistema de acueducto de los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná

Ítems	
Pregunta 1	¿Cuántos suscriptores tiene el acueducto?
Pregunta 2	¿Son una junta de acción comunal o son una junta administradora de acueducto?
Pregunta 3	¿Tienen estatutos?
Pregunta 4	¿Los estatutos están registrados en cámara de comercio?
Pregunta 5	¿Tienen tarifas en el sistema?
Pregunta 6	¿Cuentan con sistema de potabilización de agua?

Pregunta 7	¿Está en operación la planta de potabilización de agua?
Pregunta 8	¿Cuáles cree usted que son los mayores problemas que presenta el sistema de acueducto?
Pregunta 9	¿Cuál cree usted que es la percepción de la comunidad hacía el servicio de acueducto que se ofrece?

3.2 Actualización de los manuales de operación y mantenimiento de los municipios de Cisneros y Necoclí

Para llevar a cabo la actualización de los manuales de los municipios de Cisneros y Necoclí se ejecutó un proceso que se dividió en etapas. Adicionalmente, es preciso aclarar que debido a las dinámicas propias de la Gobernación de Antioquia el manual de Necoclí quedo en proceso de elaboración.

3.2.1 Etapa 1. Revisión bibliográfica

Se realizó un análisis de documentos acerca de temas de calidad del agua, y operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de agua tales como: normatividad vigente, manuales de operación y mantenimiento de otros sistemas de abastecimiento de agua, reglamento acerca del agua potable y saneamiento. Al mismo tiempo, se hizo un análisis de los manuales existentes en las plantas, donde se identificaban oportunidades de mejora y secciones que no requerían demasiados cambios. Esta información permitió la estructuración de las etapas posteriores, así como la del marco teórico y todos los conceptos que son necesarios en los procesos de potabilización.

Por otra parte, en campo y a través de medios virtuales se recopiló información propia de cada planta, entre la principal información recolectada estuvo: Funcionamiento de cada unidad, cada cuanto se realizaba el mantenimiento y cómo era su procedimiento, la ubicación de las bombas y válvulas, y función de cada una, insumos necesarios para las labores desempeñadas en la planta, equipos de laboratorio con los que se contaba y procedimientos realizados con estos, entre otros.

3.2.2 Etapa 2. Elaboración de manuales y capacitación

Con base en todo lo recopilado e identificado se llevó a cabo la elaboración del manual de operación y mantenimiento, para el uso de los operarios de la PTAP del municipio de Cisneros, donde constantemente por medio de la comunicación con estos se verificaba que la información puesta en cada sección del manual estuviera acorde a la PTAP. Posteriormente, se realizó una capacitación donde se comprobó que el contenido del manual fuera amigable y comprensible para los operarios, al mismo tiempo, se respondieron dudas que se presentaron. Para el caso del Manual de operación y mantenimiento del municipio de Necoclí, la segunda etapa no se llevó a cabo en su totalidad, sin embargo, se realizaron observaciones y sugerencias para el futuro manual que quedo en proceso.

3.3 Capacitación a los operarios de la PTAP del municipio de Cisneros y Sabaneta en las buenas prácticas sanitarias

Se realizaron visitas de campo a las plantas de tratamiento de Cisneros y Sabaneta (**Figura 1 y 2**) en compañía de los operarios y de las personas encargadas del sistema de tratamiento de agua potable se hizo un recorrido este, en donde relataron todas las actividades que se ejecutaban y el conjunto de labores que acompañaban a estas, se logró identificar los componentes y las unidades del sistema, su actual funcionamiento, intervalos de tiempo para los procedimientos que se realizaban en las plantas y oportunidades de mejora en la operación. Además, se visitó el laboratorio donde se llevaron a cabo la medición de parámetros fisicoquímicos y la prueba de jarras, verificando que estos procedimientos se realizaran de manera adecuada y acordes a la normatividad vigente de calidad del agua. Durante toda la visita se realizaron recomendaciones y se comunicaron acciones correctivas para el mejoramiento del funcionamiento del sistema de tratamiento de agua, estas también se dejaron por escrito en los informes correspondientes de visitas de campo de la Gobernación de Antioquia.

Figura 1. Laboratorio de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Cisneros, Antioquia



Figura 2. Planta de tratamiento de agua potable del municipio de Sabaneta, Antioquia



4 Resultados y análisis

4.1 Actualización de la información técnica y operativa de los operadores de acueducto del municipio de Amaga, Titiribí y Cocorná

Para el año 2021, según los datos en el SIVICAP (**Tabla 3**) los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná en su zona rural fueron reportados debido a que presentaron un IRCA que los ubicó en un nivel donde su riesgo fue alto, lo que quiere decir que el agua no era apta para consumo humano y requería una vigilancia especial conforme a lo dictado por la Resolución 2115 de 2007.

Tabla 3. IRCA rural anual para el municipio de Amaga, Titiribí y Cocorná

Acueductos rurales	IRCA anual	Estado
Amaga	69.823	Riesgo alto
Titiribí	77.141	Riesgo alto
Cocorná	69.704	Riesgo alto

La **Tabla 4** que se presenta a continuación, contiene el número de acueductos rurales de los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná registrados y a los que se le realizaron la entrevista con los ítems planteados (**Tabla 2**).

Tabla 4. Número de acueductos rurales registrados y entrevistados en los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná

Acueductos rurales	Entrevistados	Registrados
Amaga	26	29
Titiribí	17	22
Cocorná	6	7
Total	49	58

Como se puede observar en la **Tabla 4**, los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná contaban con 58 acueductos rurales en total, de los cuales a 49 se le realizaron la entrevista. No fue posible abarcar la totalidad de estos acueductos rurales debido a dos razones principales: no estaban establecidos legalmente o estaban ubicados en zonas donde no hay una cobertura telefónica estable. También se puede notar que los municipios de Amaga y Titiribí eran los que contaban con un mayor número de acueductos, con respecto a Cocorná.

A partir de la información suministrada por los operarios y personas encargadas de cada sistema de acueducto, se empezó a identificar y sintetizar cuáles eran las mayores problemáticas que actualmente enfrentaba cada acueducto, estas se presentan en la **Tabla 5**:

Tabla 5. Principales problemáticas en los acueductos rurales de los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná

Problemas	Amaga	Titiribí	Cocorná	Total
Económicos	14	5	3	22
Infraestructurales	15	10	3	28
Administrativos	4	3	1	8
Operacionales	5	7	2	14
Calidad del agua	25	10	4	39

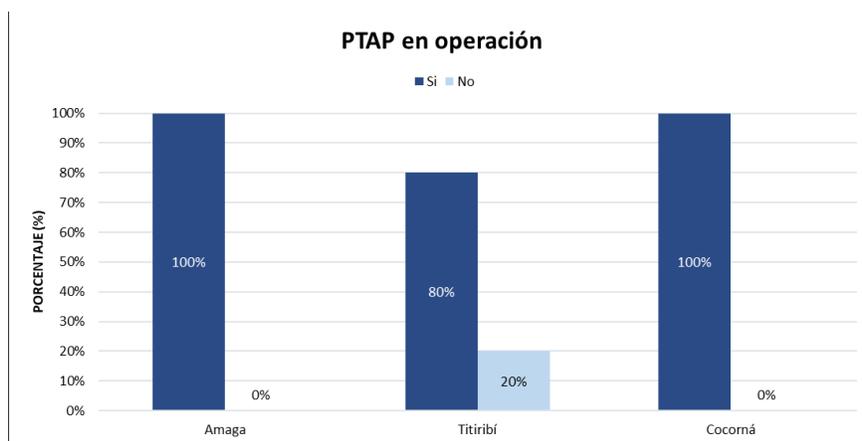
De la anterior tabla, se puede notar que la mayor parte de problemas en los tres municipios se concentra en los temas de calidad del agua y según las entrevistas, la problemática estaba asociada a que en su mayoría muchos de los acueductos no suministraban agua potabilizada a la comunidad ya que no contaban con una planta de tratamiento de agua potable; en la **Tabla 6** se expone a continuación esta situación:

Tabla 6. *Acueductos rurales y tratamiento de agua potable de los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná*

Municipios	Numero de PTAP's	Acueductos sin PTAP (%)
Amaga	1	96.2%
Titiribí	5	70.6%
Cocorná	2	66.7%

Se puede denotar que, aunque Amaga era el municipio con mayor número de acueductos, el 96.2% no contaba con un sistema para tratar el agua y solo tenía una planta de tratamiento de agua potable, la cual entro en operación hace poco y hasta el mes de mayo presentaba la ausencia de algunos instrumentos necesarios para garantizar la inocuidad del agua como, por ejemplo, un turbidímetro o un pHmetro, esenciales para conocer si se cumple con la normatividad de calidad del agua y conocer qué clase de servicio de agua potable se le esta brindado a la comunidad. En cuanto a los municipios de Titiribí y Cocorná, la situación no era muy diferente, ya que igualmente ambos sobrepasaban el 50% de acueductos sin PTAP. Otro aspecto importante para tener en cuenta es que, aun cuando disponían de un sistema de tratamiento de agua, esto no aseguraba que en ese momento estuviera en operación, en las entrevistas realizadas a cada operador de acueducto una de las preguntas daba respuesta directa a esta incógnita, los resultados se muestran en la **Gráfica 1**:

Gráfica 1. *Porcentaje de plantas de tratamiento de agua potable en operación de los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná*



La gráfica indica que tanto en los municipios de Amaga y Cocorná el 100% de las PTAP estaban en operación, sin embargo, en el municipio de Titiribí solo el 80% lo está y según la información suministrada el 20% restante eran proyectos que estaban en sus etapas finales, pero que pronto entrarían en funcionamiento.

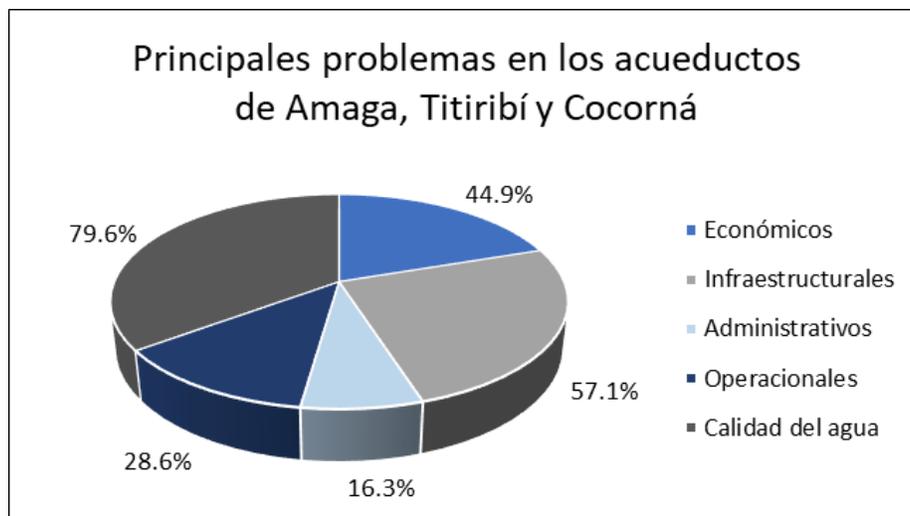
Otros de los problemas asociados a la mala calidad, era cuando se presentaba temporada de lluvias, ya que por la escorrentía de agua lluvia a la fuente de abastecimiento y posteriormente, a los sistemas de captación del agua, había mucha más presencia de materia orgánica lo que causaba una sobrecarga en el sistema que imposibilitaba cumplir con los valores máximos permisibles de los parámetros fisicoquímicos estipulados en la Resolución 2115 de 2007, por lo tanto, afectando su potabilidad. Un problema menos recurrente referente al mismo aspecto era la presencia de vertimientos aguas arriba de la fuente de abastecimiento por parte de fincas agricultoras o ganaderas.

El siguiente principal problema que indica la **Tabla 5** que tenía mayor incidencia era los de infraestructura, refiriéndose específicamente a tramos de tubería en mal estado, debido a que esta ya había cumplido su vida útil, estaba dañada en algunos tramos por deslizamientos de tierra o porque estaban ubicadas en un terreno inestable, de igual modo, también estaba relacionado con falta de infraestructura como por ejemplo desarenadores, tanques de almacenamiento, entre otros; o el mal estado de estas unidades.

En cuanto los problemas económicos, se presentaron en un total de 22 acueductos de los tres municipios, según la **Tabla 5**, sus causas eran el incumplimiento de tarifas por parte de los usuarios o un mal sistema tarifario y el poco apoyo monetario por parte del estado. Los problemas operacionales se presentaban mayormente por la poca capacitación de los operarios del sistema de tratamiento de agua potable, ya que al momento de desempeñar sus labores lo hacían de manera empírica y no por una formación académica previa, otros de los motivos fue por el estado del clima, en el que se daban interrupciones en el servicio de agua, ya sea en temporada seca porque no era posible suministrar el caudal de agua que requería la población o en temporada de lluvias por daños en las estructuras o sobrecarga de estas. Los acueductos que presentaron problemas administrativos tenían que ver primordialmente con problemas con la concesión de aguas o estructurales internos.

La **Gráfica 2** representa en porcentaje los problemas con mayor concurrencia que actualmente tenían los acueductos rurales de los tres municipios.

Gráfica 2. Principales problemas presentados en los acueductos rurales de los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná



En la **Gráfica 2** se puede apreciar que el mayor porcentaje, de 79.6% recayó en los temas de calidad del agua, lo cual es coherente, ya que la mayoría de estos acueductos no contaban con PTAP y por si solos no tenían la capacidad económica para ejecutar este tipo de proyectos, unido a esto está la limitación de recursos por parte del estado; por otro lado, los problemas involucrados con aspectos administrativos fueron los que se presentaron en menor porcentaje, con un 16.3%, lo que indicaría que la mayoría de los acueductos estaban bien formalizados en los aspectos básicos de una empresa.

4.2 Actualización de los manuales de operación y mantenimiento de los municipios de Cisneros y Necoclí

4.2.1 Etapa 1. Revisión bibliográfica

Se consultaron numerosos tipos de documentos, normas, manuales; entre los cuales estuvieron el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS), concretamente el título C de sistemas de potabilización, la Resolución 2115 del 2007 establecida por ministerio de protección social y el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, la Resolución 0330 de 2017 establecida por el ministerio de vivienda, ciudad y territorio, la

Actualización del manual de operación y estudio del comportamiento del sistema filtrado de la PTAP La Flora del acueducto metropolitano de Bucaramanga de Luis Jesús Pérez Ojeda, el Manual de operación y mantenimiento del sistema de suministro del agua potable de las plantas de potabilización de agua superficial La Guaricha y La gota fría de Luis Eduardo Santiago Jacome, el Manual de procesos y procedimientos empresa municipal de servicios públicos Rionegro, Santander de Emservir.

Así mismo, se hizo revisión del Manual de operaciones de tratamiento de agua potable de Cisneros, Antioquia de Sanear y Manual de operación de la planta de tratamiento de agua potable de Necoclí, Antioquia de Consorcio PTAP Necoclí; ambos manuales son con los que contaba cada empresa previamente. Con la información recopilada se realizó la estructuración del marco teórico y la de los manuales.

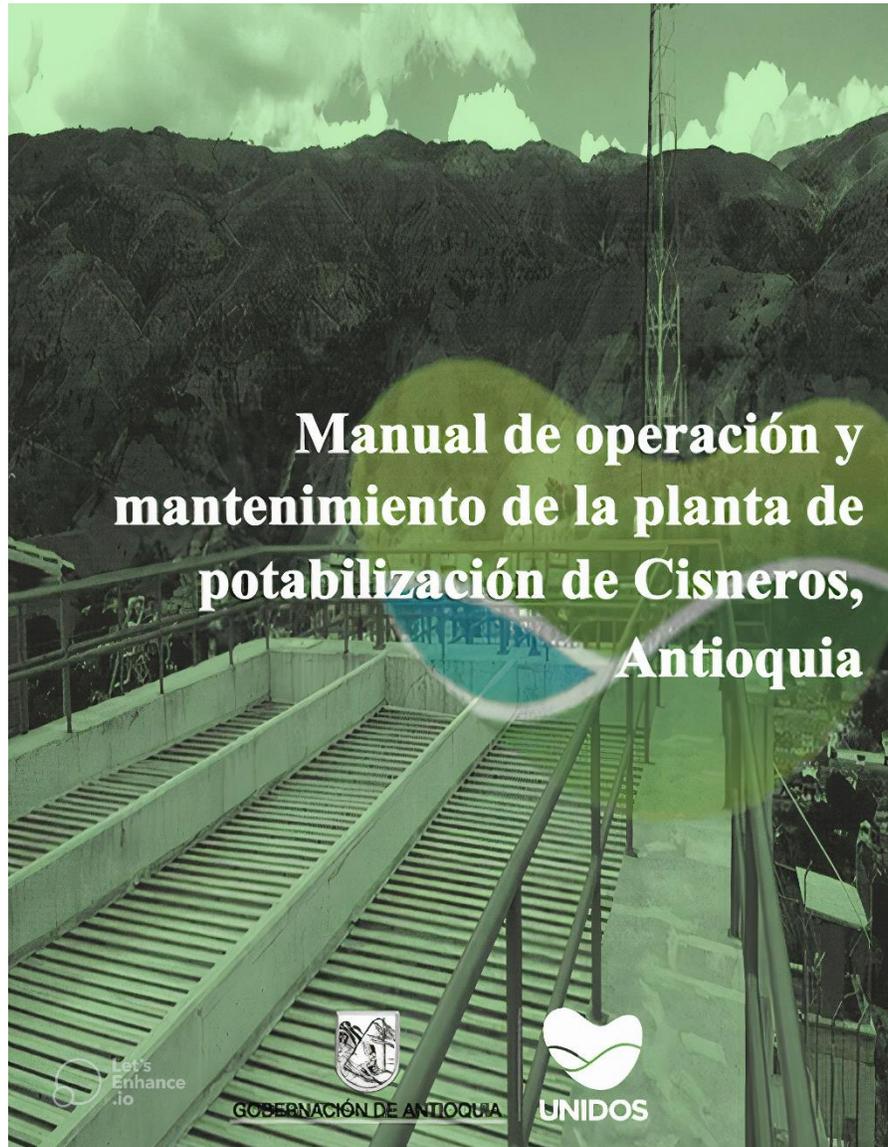
4.2.2 Etapa 2. Elaboración de manuales y capacitación

Manual de operación y mantenimiento de Cisneros, Antioquia:

Las principales actualizaciones realizadas a este fueron mejorar la organización y estética del documento, excluir información considerada poco relevante y útil del manual anterior, colocar la normatividad vigente de calidad del agua, la inclusión de diagramas de las principales actividades de operación, tablas de recursos e insumos necesarios para cada actividad de la PTAP, tablas con la descripción de cada unidad y sus componentes, se corrigieron la ecuación característica de la canaleta Parshall y la gráfica caudal vs altura de lámina de agua en la canaleta, se incluyó una nueva sección llamada “Ensayos básicos realizados en la PTAP” que conto con una guía para realizar la curva de cloro, entre otros.

A continuación, la **Figura 3** muestra la portada del manual:

Figura 3. Portada del Manual de operación y mantenimiento del municipio del municipio de Cisneros, Antioquia



También, la **Figura 4** comparte la tabla de contenido de este, donde se muestra la disposición de las secciones.

Figura 4. *Tabla de contenido del Manual de operación y mantenimiento del municipio de Cisneros, Antioquia*

TABLA DE CONTENIDO		
1	PRESENTACIÓN DEL MANUAL	4
2	OBJETIVOS	4
2.1	Objetivo general	4
2.2	Objetivos específicos	4
3	GLOSARIO	4
4	GENERALIDADES	8
5	REQUISITOS Y RESPONSABILIDADES DE LOS OPERADORES	9
6	PRE-TRATAMIENTO	10
6.1	Recursos para las actividades	10
6.2	Dimensiones de las estructuras y componentes de cada unidad	10
7	BOCATOMA	11
7.1	Descripción del proceso	11
7.2	Supervisión de la fuente de abastecimiento y mantenimiento de la bocatoma	11
8	DESARENADOR	12
8.1	Descripción del proceso	12
8.2	Operación y mantenimiento de la unidad	12
9	POTABILIZACIÓN	13
9.1	Recursos para las actividades	13
9.2	Dimensiones de las estructuras y componentes de cada unidad	14
10	CANALETA PARSHALL	16
10.1	Descripción del proceso	16
10.2	Aforo de agua cruda	16
11	COAGULACIÓN	18
11.1	Descripción del proceso	18
11.2	Dosificación y mezcla rápida	18
11.3	Operación y supervisión del proceso	19
12	FLOCULACIÓN	20
12.1	Descripción del proceso	20
12.2	Operación y mantenimiento de las unidades	21
13	SEDIMENTACIÓN	22
13.1	Descripción del proceso	22
13.2	Operación y mantenimiento de cada unidad	22
14	FILTRACIÓN	23
14.1	Descripción del proceso	23
14.2	Operación y mantenimiento de cada unidad	24
14.2.1	Procedimiento para lavado del filtro	24
14.2.2	Mantenimiento correctivo	25
15	CLORACIÓN	26
15.1	Descripción del proceso	26
15.1.1	Parámetros de operación	27
15.2	Control de los procesos y mantenimiento	28
15.3	Medidas de seguridad en el manejo del cloro	29
	Detección de fugas	29
15.3.1	Equipos de protección personal	29
15.3.2	Instrucciones para el cambio de cilindro	30
16	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	31
16.1	Descripción del proceso	31
16.2	Control y mantenimiento de cada unidad	31
16.2.1	Limpieza y desinfección de los tanques	32
17	SISTEMA DE LODOS Y AGUAS DE LAVADO	34
17.1	Descripción del proceso	34
17.2	Operación y mantenimiento del proceso	34
18	ACTIVIDADES DE TOMA DE MUESTRAS DE AGUA	35
18.1	Toma de muestras para análisis	35
18.1.1	Para análisis físicoquímico	36
18.1.2	Para análisis microbiológicos	36
19	PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE CALIDAD DE AGUA	38
20	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE COLIFORMES TOTALES Y E. COLI	39
21	ENSAYOS BÁSICOS REALIZADOS EN LA PTAP	39
21.1.1	Cloro residual	39
21.1.2	Prueba de jaras	40
21.1.3	Curva de demanda de cloro (Dosis óptima)	41
22	ACTIVIDADES RUTINARIAS DE MANTENIMIENTO	44
23	DIAGRAMA DE ACTIVIDADES	46
24	ANEXO I	48
25	ANEXO II	55

Luego de la elaboración del manual, se realizó una capacitación con los operarios y encargados del sistema de tratamiento de agua potable, en el que se les presentó el documento y cada sección de este, se les indicaron los cambios hechos y se resolvieron las dudas generadas en la reunión.

Manual de operación y mantenimiento de Necoclí, Antioquia:

Como se mencionó en la metodología, para este se realizaron las siguientes observaciones y sugerencias: Propuesta sobre el orden del documento y la tabla de contenido del manual, secciones que se deberían conservar del manual previo y secciones por incluir, realizar diagramas

de los procesos de operación y las labores del operario, integrar registro fotográfico y ubicación de cada componente del sistema, inclusión de un resumen con los aspectos más importantes de la operación y mantenimiento, incluir capítulos de desinfección, de toma de muestras de agua, de normatividad vigente y de ensayos básicos que se deberían realizar en las PTAP.

4.3 Capacitación a los operarios de la PTAP de los municipios de Cisneros y Sabaneta en las buenas prácticas sanitarias

Visita de campo de la planta de tratamiento de agua potable de Cisneros, Antioquia:

En el informe presentado en la Gobernación de Antioquia se dejó consignado aspectos y recomendaciones para mejorar el funcionamiento de la PTAP, tales como:

- Realizar un cambio de las placas de los floculadores, ya que éstas son de asbesto, un material que se ha demostrado que es tóxico para la salud a largo plazo, se podrían intercambiar por placas de fibra de vidrio o plástico.
- Realizar lavados más frecuentes a las unidades de sedimentadores para evitar la resuspensión de los flóculos y que estos se vayan en el efluente.
- En las unidades de sedimentadores poner paneles de sedimentación acelerada, con el fin de mejorar la eficiencia del sistema y evitar la resuspensión de los flóculos.
- Se recomienda realizar un cambio de lechos a los cinco filtros, ya que se notó que el actual ya cumplió su vida útil, lo que disminuye la eficiencia de las unidades.
- Adquirir el reactivo Cloruro de potasio (KCl) para la sonda del pHmetro, ya que siempre que no se use, esta debe conservarse en la solución de mantenimiento indicada por el fabricante para evitar que se seque. Esto ayuda a mantenerla en condiciones adecuadas y alargar su vida útil.
- Adquirir guantes para el uso en el laboratorio al llevar a cabo mediciones y pruebas de jarra, esto previene que se alteren los resultados ya que los equipos de laboratorio son altamente sensibles.

-
- Adquirir un colorímetro, ya que este mide un parámetro fisicoquímico regulado en la Resolución 2115 de 2007, por lo cual debe ser continuamente vigilado.

Visita de campo de la planta de tratamiento compacta de agua potable de Sabaneta, Antioquia:

En el informe presentado en la Gobernación de Antioquia se dejó consignado aspectos y recomendaciones para mejorar el funcionamiento de la PTAP, tales como:

- Implementar a la entrada de la planta una estructura hidráulica que sirva de aforador, ya sea una canaleta Parshall o un vertedero en forma triangular de 90°, para poder regular la entrada de agua al sistema y cumplir ambientalmente con la concesión de aguas.
- La dosificación del coagulante se está realizando en un punto incorrecto del sistema, lo que se recomienda es aplicarlo en el serpentín ubicado a la entrada para que se genere una mejor mezcla rápida y optimice el proceso de coagulación.
- Realizar limpieza a los módulos de sedimentación acelerada (Nombre común: Colmenas) debido a que se encuentra colmatados.
- Realizar la prueba de jarras para encontrar la dosis óptima de coagulante, ya que no se tiene la claridad sobre cuanto se debe dosificar de sulfato de aluminio tipo A sólido, además, al trabajar con esta sustancia una sobredosificación implica una disminución en el pH por la generación de sulfatos, por lo que se tendría sobrecostos tanto en los insumos de coagulante como los de la soda caustica.
- Llevar a cabo una migración progresiva a productos químicos líquidos, dado que actualmente la planta no cuenta con agitadores de ningún tipo para la preparación y homogenización de las sustancias que se deben dosificar, por lo que se puede presentar grumos o un producto heterogéneo, que pueda generar problemas con las bombas dosificadoras o picos en la concentración de coagulante, hipoclorito o soda caustica.
- Es muy importante que se tengan los equipos de laboratorio necesarios para realizar el control adecuado a la calidad del agua del sistema y de esta forma controlar las diferentes dosificaciones de químicos que necesite para su correcto y sostenimiento adecuado, por lo

que se recomienda disponer de los siguientes equipos: pHmetro, Colorímetro, Tubímetro y un medidor de cloro residual libre.

- Realizar una curva de demanda de cloro del agua a tratar, para conocer dosificación correcta y reducir costos en la dosificación de hipoclorito.

5 Conclusiones

Se lograron identificar las principales problemáticas que actualmente presentaban los acueductos rurales de los municipios de Amaga, Titiribí y Cocorná, lo cual servirá como línea base para el diseño de soluciones oportunas para cada sistema. Esta actualización de la información también contribuyó a percibir los desafíos a los que se enfrentan las municipalidades, departamentos y demás, para asegurar el acceso a agua potable; algunas razones que impedían la correcta constitución legal de los acueductos era el desconocimiento de la normatividad y los asuntos legales que implica el proceso, la falta de recursos económicos para financiar todo lo que conlleva un sistema de abastecimiento de agua, el escaso asesoramiento de las entidades gubernamentales, entre otros. Por esto se vuelve necesario, no solo la creación de programas específicamente para estas zonas, sino la ejecución cuidadosa de los mismos, en donde las soluciones sean integrales, no solo involucrando un componente técnico, sino social y de políticas públicas.

Se realizó la entrega de un manual de operación y mantenimiento y, se participó en la creación de un segundo, donde se dispuso información referente a cada PTAP con el fin de que se ejecuten en un futuro las labores de la PTAP de la forma más eficiente posible y, donde los operarios y encargados profundicen y adquieran un mayor conocimiento acerca del sistema de abastecimiento de agua del cual son responsables y que finalmente se logre alcanzar el objetivo de abastecer agua apta para el consumo humano. Por último, en las capacitaciones técnica brindadas se pudo sentir el compromiso por parte de los operarios, y se hace notoria la necesidad de estas para que se optimice la operación en las PTAP, donde se implementen acciones correctivas y consejos útiles, además, poder tener un seguimiento en el que lleve a cabo la supervisión.

Todo lo anterior es necesario para lograr un adecuado funcionamiento, en el que como objetivo final se llegue a cumplir con las características y valores máximos permisibles exigidos por la normatividad colombiana y se consolide el brindar un servicio de agua potable de calidad.

6 Referencias

- Arboleda Valencia, J. (1992). Teoría y práctica de la purificación del agua. Acodal.
<https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/teoria.pdf>
- Comisión Nacional del Agua. (2016). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Diseño de plantas potabilizadoras de tecnología simplificada. Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. <http://cmx.org.mx/wp-content/uploads/MAPAS%202015/libros/SGAPDS-1-15-Libro24.pdf>
- Congreso de Colombia. (1994). Ley 142 de 1994. Congreso de Colombia.
http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0142_1994.html
- Constitución Política de Colombia [Const]. Art. 366. 7 de julio de 1991 (Colombia).
- Departamento Administrativo de Planeación. (2018). Anuario Estadístico de Antioquia 2018: Servicios Públicos. Gobernación de Antioquia.
<https://www.antioquiadatos.gov.co/index.php/servicios-publicos-2018>
- Departamento Administrativo de Planeación. (2019). Anuario Estadístico de Antioquia 2019: Servicios públicos. Gobernación de Antioquia.
<http://www.antioquiadatos.gov.co/index.php/servicios-publicos-2019>
- Emservir. (2018). Manual de procesos y procedimiento: Empresa municipal de servicios públicos Rio Negro, Santander.
http://www.emserviresp.gov.co/files/MANUAL_DE_PROCESOS_FINAL.pdf
- Garzón Córdoba, D. C., & Piraquive Gamba, D. S. (2017). Elaboración del manual de operación y de mantenimiento del sistema de acueducto de la cabecera municipal de San Francisco de Sales-Cundinamarca. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
<http://hdl.handle.net/11349/5955>

-
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico. Instituto Nacional de Estadística e Informática.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución 2115 de 2007. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Res_2115_de_2007.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2013). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico: Título C. Ministerio de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=16483
- Ministerio de la protección social. (2007). Decreto 1575 de 2007. Ministerio de la protección social. <https://oab.ambientebogota.gov.co/descargar/3774/>
- Ministerio de salud y protección social. (2020). Informe Nacional de Calidad del Agua para Consumo Humano. Ministerio de salud y protección social.
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/inca-consumo-calidad-agua-2020.pdf>
- Ministerio de Viviendo, Ciudad y Territorio. (2017). Resolución 0330 de 2017. Ministerio de Viviendo, Ciudad y Territorio.
<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0330-2017.pdf>
- Moreno Méndez, J. O. (2020). Los retos del acceso a agua potable y saneamiento básico de las zonas rurales en Colombia. *Revista de ingeniería*, 49, 28–37.
<https://doi.org/10.16924/revinge.49.5>
- Mosquera Mosquera, W. S. (2021). Diagnóstico del funcionamiento general de los sistemas de tratamiento de agua potable de la región del Urabá antioqueño a cargo de la empresa Aguas

Regionales Grupo EPM, mediante la evaluación de sus parámetros fisicoquímicos.

Universidad de Antioquia. <https://hdl.handle.net/10495/19784>

Naciones Unidas. (2021). Noticias ONU: El agua es la base de la vida, pero está fuera del alcance de 2000 millones de personas. Naciones Unidas.

<https://news.un.org/es/story/2021/03/1489832>

Pérez Ojeda, L. J. (2020). Actualización del manual de operación y estudio del comportamiento del sistema de filtrado de la ptap la flora del acueducto metropolitano de Bucaramanga [Universidad Pontificia Bolivariana]. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/8602>

Saín, D. H., & Gámez, X. Q. (2017). Diagnóstico de calidad del agua para consumo humano en el corregimiento de Villa Rosa – Municipio de Repelón, Atlántico. Universidad de la Costa.

<http://hdl.handle.net/11323/283>

Santiago Jacome, L. E. (2015). Manual de operación y mantenimiento del sistema de suministro y tratamiento de agua potable: Plantas de potabilización de agua superficial “la guaricha y la gota fría”. [https://www.emdupar.gov.co/index.php/la-entidad/sistema-integrado-de-gestion/Planeacion/Manuales/MA-GA-](https://www.emdupar.gov.co/index.php/la-entidad/sistema-integrado-de-gestion/Planeacion/Manuales/MA-GA-02%20MANUAL%20DE%20MANTENIMIENTO%20Y%20OPERACIONES%20PLAN)

[02%20MANUAL%20DE%20MANTENIMIENTO%20Y%20OPERACIONES%20PLAN](https://www.emdupar.gov.co/index.php/la-entidad/sistema-integrado-de-gestion/Planeacion/Manuales/MA-GA-02%20MANUAL%20DE%20MANTENIMIENTO%20Y%20OPERACIONES%20PLAN)
TA.pdf/download