

EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) EMCOPEY E.S.P – CESAR.

CARLOS ENRIQUE ANAYA GAMARRA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL, CIVIL Y QUÍMICA

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

PAMPLONA, COLOMBIA

2022

EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) EMCOPEY E.S.P – CESAR.

CARLOS ENRIQUE ANAYA GAMARRA

Trabajo de grado para optar por el título de
INGENIERO QUÍMICO.

DIRECTORA: Dra. ANA MARÍA ROSSO CERÓN

CODIRECTOR: M.Sc. ÁLVARO EULALIO VILLAMIZAR VILLAMIZAR



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL, CIVIL Y QUÍMICA

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

PAMPLONA, COLOMBIA

2022

DEDICATORIA

A Jehová, nuestro padre celestial; por ser mi guía espiritual.

A mis padres, Mónica Gamarra y Manuel Anaya, por su amor, buena crianza, apoyo y confianza incondicional, por estar siempre ahí cuando más los necesité, sin duda esto no hubiera sido posible sin ustedes.

A mis hermanos Alexander y José Alberto De La Rosa, por estar siempre atentos a mí en todo momento, por ser mis ejemplos y compañeros de vida.

A la memoria de mi abuelo, Calixto Anaya, quien desde el cielo me ha cuidado y guiado por los buenos caminos de la vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, por cuidarnos y guiarnos a todos.

A mis padres, no hay actos ni palabras que paguen todo lo que han hecho por mis hermanos y por mí.

A mis hermanos, por todo lo vivido y a pesar de los momentos por los que hemos pasado, siempre habrá apoyo y amor incondicional.

Al resto de mis familiares, por su apoyo y respaldo incondicional.

La familia UNIPAMPLONA, por ser parte de mi vida académica y permitirme desarrollar esta gran experiencia.

A mis asesores de este trabajo, Ana María Rosso y Álvaro Villamizar por su dedicación, paciencia, enseñanzas y su apoyo en todo momento.

A la empresa EMCOPEY, por la oportunidad de vivir esta experiencia.

A los operadores de la Planta, por su disposición para ayudarme siempre que fuera necesario.

A mis amigos de toda la vida, por ser incondicionales y estar presentes en todo momento, principalmente: Paola Silva, Brandon Álvarez, Wilmer Guillen y Andrés Ortega.

A mis amigos de la universidad, con quienes viví momentos y experiencias inolvidables, especialmente a: Nelson López, Laura Arias, Franklin Torres, Camilo Ramírez, Alexandra Ruidiaz, Darold Díaz, José Sánchez y Diana Ortiz.

A TODOS ELLOS, ¡MUCHAS GRACIAS!

RESUMEN

Este trabajo de grado tiene como finalidad evaluar y dar alternativas de mejoramiento a la PTAP - EMCOPEY E.S.P, ubicada en el municipio de El Copey, departamento del Cesar, que de acuerdo con los datos otorgado por el Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano, se reporta que el Índice de Riesgo por Abastecimiento de Agua (IRCA) ha presentado puntajes de 9,20; 18,18; 22,27; 34,16; 37,5; lo cual indica que no es apta para el consumidor y sea posible causante de diversas enfermedades. Lo que conllevó a realizar un proceso de inspección y seguimiento a cada una de las etapas del tratamiento, con el fin de plantear alternativas que permitan mejorar la producción y calidad del agua.

La primera fase de la metodología consistió en el levantamiento de información perteneciente a la planta, mediante visitas de campo y revisión de documentos técnicos, con la finalidad de dar un diagnóstico por medio de una descripción del estado actual de la PTAP. Seguidamente, la segunda fase consistió en priorizar e identificar aquellas etapas críticas que requerían una oportunidad de mejora en donde se sugiere una solución de tipo operativo a cada una de ellas. Posteriormente, se estimó un margen de presupuesto en el costo a cada una de las alternativas encontradas, que permitan a la administración el desarrollo de proyectos para el posterior mejoramiento de la planta de potabilización de agua EMCOPEY E.S.P.

Como resultado del proceso de inspección y verificación se realizó un manual de operación y mantenimiento, debido a que se carecía de uno y es exigido por la resolución 082 de 2009 en la parte de las Buenas Prácticas Sanitarias (BPS), con la entrega del documento se buscó que los operadores contaran con una herramienta de apoyo a la hora de tener alguna duda con el funcionamiento y mantenimiento de cada unidad de proceso de la PTAP, de igual forma mejorar el manejo de información y comunicaciones estipuladas en las resoluciones.

Es de suma importancia darle a conocer al operario la existencia de la resolución 082 de 2009 “por medio de la cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano”, por lo que se optó por realizar una capacitación, donde se dio a conocer los factores que implican las buenas prácticas sanitarias por parte de la persona prestadora para tener un nivel bajo de riesgo según las BPSp.p.

Palabras clave: *Alternativas de mejoramiento, buenas prácticas, calidad del agua, IRCA, manual de operación.*

EVALUATION AND IMPROVEMENT PROPOSAL FOR THE POTABLE WATER TREATMENT PLANT (PTAP) EMCOPEY E.S.P. - CEASE

ABSTRACT

The purpose of this degree project is to evaluate and provide improvement alternatives for the PTAP - EMCOPEY E.S.P, located in the municipality of Copey, department of Cesar, which according to data provided by the Information System of the Surveillance of Water Quality for Human Consumption, reports that the Water Supply Risk Index (IRCA) has presented scores of 9.20; 18.18; 22.27; 34.16; 37.5; which indicates that it is not suitable for the consumer and is a possible cause of various diseases. This led to a process of inspection and monitoring of each of the treatment stages, in order to propose alternatives to improve water production and quality.

The first phase of the methodology consisted in the collection of information pertaining to the plant, through field visits and review of technical documents, in order to give a diagnosis through a description of the current state of the WTP. Then, the second phase consisted of prioritizing and identifying those critical stages that required an opportunity for improvement and suggesting an operational solution for each of them. Subsequently, a budget margin was estimated for each of the alternatives found, allowing the administration to develop projects for the subsequent improvement of the EMCOPEY E.S.P. water treatment plant.

As a result of the inspection and verification process, an operation and maintenance manual was prepared, since there was a lack of one and it is required by resolution 082 of 2009 in the part of the Good Sanitary Practices (GSP), with the delivery of the document it was sought that the operators have a support tool when they have any doubt with the operation and maintenance of each process unit of the PTAP, in the same way to improve the management of information and communications stipulated in the resolutions.

It is of utmost importance to inform the operator about the existence of resolution 082 of 2009 "whereby forms are adopted for the practice of sanitary inspection visits to water supply systems for human consumption", so it was decided to conduct a training, where the factors that imply good

sanitary practices by the provider to have a low level of risk according to the BPSp.p. were made known.

Keywords: *Improvement alternatives, good practices, water quality, IRCA, operation manual.*

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	15
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS.....	17
3.1. Objetivo general.....	17
3.2. Objetivos específicos	17
4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	18
4.1. Marco teórico.....	18
4.1.1. Agua potable.....	18
4.1.2. Enfermedades de origen hídrico.	18
4.1.3. Fuente hídrica.	18
4.1.4. Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP).....	19
4.1.5. Sistema de captación	19
4.1.6. Coagulación – Floculación	19
4.1.7. Sedimentación	20
4.1.8. Filtración.....	20
4.1.9. Desinfección (cloración).....	20
4.2. Características del agua tratada.....	22
4.2.1 Características Físicas	22
4.2.2. Características químicas de sustancias que tiene reconocido efecto adverso en la salud humana.....	23
4.2.3. Características básicas.	24
4.2.4. Características microbiológicas	24
4.3. Estado del arte.....	25
4.4. Marco geográfico.....	28

4.4.1 Entorno geográfico	28
4.4.2. Generalidades de EMCOPEY	29
4.4.3. Organigrama	30
4.4.4. Descripción de la Planta de Tratamiento EMCOPEY.....	30
4.5. Marco Regulatorio	31
5. METODOLOGÍA.	32
5.1. Alcance del proyecto.....	32
5.2. Etapas.....	32
5.2.1. Identificación de puntos críticos de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) EMCOPEY, analizando su estado actual.	32
5.2.2. Propuestas de alternativas de mejora en los procesos unitarios ineficientes en la planta de tratamiento de agua potable EMCOPEY para cumplir con lo estipulado en las normas vigentes de Colombia.	33
5.2.3 Elaboración de un manual de buenas prácticas sanitarias para la planta de agua potable EMCOPEY E.S.P	34
5.2.4 Realizar una capacitación a los operarios acerca las buenas prácticas sanitarias con base en la RESOLUCIÓN 082 de 2009.	35
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	36
6.1. Identificación de la situación más crítica de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) EMCOPEY.....	36
6.2. Revisión etapa por etapa del proceso.....	38
6.2.1. Bocatoma	38
6.2.2. Mezcla rápida – Coagulación, Cámara de llegada	39
6.2.3. Floculación – floculadores	40
6.2.4. Sedimentadores.....	41
6.2.5. Filtración.....	43

6.2.6. Desinfección / Cloración	45
6.2.7. Almacenamiento y Red de distribución.....	46
6.2.8. Medidores de Caudal	46
6.2.9. Equipos para el análisis de calidad del agua presentes en la planta	47
6.3. Identificación de opciones de mejora en la Planta de Tratamiento de Agua de El Copey	48
6.3.1. Resumen de la evaluación de la planta con sus respectivas falencias.	48
6.3.2. Planteamiento de alternativas operativas para la PTAP EMCOPEY.	50
6.3.3. Captación	50
6.3.4. Dosificación / Coagulación	50
6.3.5. Sedimentadores.....	51
6.3.6. Filtración.....	52
6.3.7. Desinfección	52
6.3.8. Macromedidores de Caudal	53
6.3.9. Laboratorio de calidad de análisis fisicoquímico del agua.....	53
6.3.10. Categorización de alternativas	54
6.3.11. Costos y cotización de alternativas.....	55
6.4. Caudal para un servicio continuo.....	55
6.4.1. Estimación de la población y nivel de complejidad del municipio de El Copey	55
6.4.2. Evaluación de dotaciones para la Planta EMCOPEY	56
6.4.3. Dotación bruta y porcentaje de perdidas	57
6.4.4. Caudal medio diario (Qmd).....	57
6.4.5. Caudal máximo diario (QMD)	58
6.4.6. Caudal máximo horario (QMH).	58
6.4.7. Caudal de diseño.....	59
6.4.8. Calculo hidráulico (Q) del vertedero rectangular Creager.	59

6.5. Manual de buenas prácticas sanitarias.	61
6.6. Capacitación – Buenas Prácticas Sanitarias persona prestadora. (BPS p.p).....	62
7. CONCLUSIONES	63
8. RECOMENDACIONES.	64
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	65
ANEXOS.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Características del agua tratada</i>	22
Tabla 2. <i>Características químicas de sustancias que tiene reconocido efecto en la salud</i>	23
Tabla 3. <i>Características básicas del agua potable</i>	24
Tabla 4. <i>Características microbiológicas</i>	25
Tabla 5. <i>Aspectos generales de EMCOPEY E.S.P</i>	29
Tabla 6. <i>Normas colombianas en la calidad del agua</i>	31
Tabla 7. <i>Dimensiones de las operaciones unitarias de EMCOPEY</i>	37
Tabla 8. <i>Falencias encontradas en la PTAP</i>	48
Tabla 9. <i>Prioridades y costos de alternativas</i>	54
Tabla 10. <i>Población de El Copey al paso de los años</i>	56
Tabla 11. <i>Dotación neta, según el nivel de complejidad</i>	56
Tabla 12. <i>Dotación neta, según el nivel de complejidad y clima</i>	57
Tabla 13. <i>Ecuaciones para el coeficiente de gasto</i>	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ubicación geográfica del municipio de El Copey</i>	29
Figura 2. <i>Organigrama EMCOPEY</i>	30
Figura 3. <i>Etapas del proyecto para reducir los niveles variados del IRCA</i>	34
Figura 4. <i>Esquema de abastecimiento de Emcopey</i>	36
Figura 5. <i>Proceso de potabilización de EMCOPEY</i>	37
Figura 6. <i>Bocatoma, rejillas (a) y canal de derivación (b)</i>	38
Figura 7. <i>Isotankes de coagulante (a), sistema de bombeo(b).</i>	40
Figura 8. <i>Adición del coagulante</i>	41
Figura 9. <i>Floculadores (Alabama)</i>	41
Figura 10. <i>Tanque sedimentador (sin módulos)</i>	42
Figura 11. <i>Sedimentadores</i>	43
Figura 12. <i>Tanques de filtración</i>	44
Figura 13. <i>Contenedores de cloro</i>	45
Figura 14. <i>Dosificador de cloro.</i>	46
Figura 15. <i>Medidor de caudal en invierno (a) y verano (b)</i>	47
Figura 16. <i>Resultados IRCA</i>	49
Figura 17. <i>Vertedero sin contracciones</i>	59

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. IRCA - Secretaria de salud departamental.....	70
Anexo B. Costos y cotizaciones de las alternativas de Mejoramiento.....	73
Anexo C. Planillas de control diario (bitácora).....	76
Anexo D. Capacitación sobre buenas prácticas sanitarias.....	77
Anexo E. Manual de operación y mantenimiento de EMCOPEY	82

1. INTRODUCCIÓN

Históricamente la calidad del agua ha sido aspecto fundamental, sobre todo cuando esta es destinada para el consumo humano, es por esto que el presente documento se centró en evaluar y plantear alternativas de tipo operativo para el posterior mejoramiento de la PTAP EMCOPEY E.S.P. del municipio de El Copey, departamento del Cesar, cuya finalidad es reducir la variedad del índice de riesgo de la calidad del agua que se suministra hoy en día y dar lineamientos con las normas nacionales existente, teniendo en cuenta que los sistemas de acueductos tienden desarrollar problemas estructurales y/o de operación, lo cual hace a la población vulnerable a enfermedades de tipo hídrico.

Otro factor a tener en cuenta es el desarrollo social que ha presentado el municipio en los últimos 25 años (tiempo que lleva en funcionamiento la Planta de Tratamiento), uno de ellos es el crecimiento de la población, donde no se ha realizado ningún plan maestro de mejoramiento en las estructuras de la PTAP para su óptima operación que permita un abastecimiento de agua potable de calidad a los ciudadanos.

En el trabajo se presenta una metodología que aspira mejorar los procesos empleados en el tratamiento de agua de EMCOPEY, la cual fue iniciada con un diagnóstico en las etapas de la PTAP dando una pequeña descripción de cada una de ellos, esto se dio teniendo visitas de campo, hubo un registro fotográfico del estado actual de las operaciones unitarias, seguido se dio a conocer unas series de alternativas de corto, mediano y largo plazo que principalmente buscan mejorar aquellas unidades que pueden presentar algún problema en su función y por ende reducir los niveles riesgos. Además, se tuvo en cuenta las prioridades de las diferentes alternativas, es decir, las que presentan un grave daño y requieran una solución en el corto plazo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La calidad del agua apta para consumo humano es una exigencia en las normativas colombianas que aplica para cualquier PTAP, para esto se debe contar con una planta de tratamiento que garantice que dicho líquido esté libre de contaminantes. El no tratarla correctamente puede generar problemas de salud para los consumidores debido a que las fuentes hídricas tienden a tener sustancias nocivas que disminuyen su calidad, tales como partículas de arcillas, microorganismos patógenos y sales diversas, estos contaminantes tienen un valor máximo permisible de acuerdo con los artículos cinco, seis y siete de la Resolución 2115 de 2007 donde se hace mención de los elementos y compuestos que acarrear complicaciones en la salud del consumidor. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

El municipio de El Copey cuenta con alrededor de 30000 habitantes de acuerdo con los datos reportados por el DANE en su último censo (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, 2018). Comparados estos datos con el año 2005 cuya población era de 24.368, se ha dado un aumento en los habitantes del municipio, por lo que es primordial ejecutar un plan de mejoramiento a la PTAP con el fin de disponer con la calidad y cantidad suficiente del agua. Además, en los sistemas de potabilización se debe permitir un espacio para realizar los seguimientos y análisis de los parámetros fisicoquímicos como lo son: turbiedad, pH, cloro residual, color aparente, de acuerdo con el artículo número 21 de la Resolución 2115 de 2007, estas características deben tener una frecuencia de medición diaria por parte de la empresa, sin embargo, no se cuenta la infraestructura suficiente para contar con los equipos mínimos los cuales son citados por la normativa. Por otro lado, haciendo un seguimiento mes a mes al Sistema de Vigilancia de la Calidad del Agua Potable para consumo humano (SIVICAP) el cual permite observar los resultados en línea del IRCA, se ha reportado en los últimos meses que la calidad del líquido suministrado al municipio de El Copey presenta valores en el rango de medios y altos, cuyas fluctuaciones hacen que no sea apta para los consumidores y a su vez sea causantes de enfermedades en la población.

Por consiguiente, el presente trabajo busca como objetivo evaluar y proponer alternativas para el mejoramiento de la PTAP EMCOPEY, identificando los puntos críticos de la planta con el propósito de plantear una solución que permita disminuir el índice de riesgo en la calidad del agua.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Evaluar y plantear alternativas de mejoramiento para la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) EMCOPEY E.S.P

3.2. Objetivos específicos

- Identificar la situación más crítica de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) EMCOPEY, analizando su estado actual.
- Proponer alternativas de mejora de los procesos unitarios ineficientes en la planta de tratamiento de agua potable EMCOPEY para cumplir con lo estipulado en las normas vigentes de Colombia.
- Realizar un manual de buenas prácticas sanitarias para la planta de agua potable EMCOPEY E.S.P
- Realizar una capacitación a los operarios acerca las buenas prácticas sanitarias con base en la RESOLUCIÓN 082 de 2009 y teniendo en cuenta las deficiencias encontradas en la planta.

4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

4.1. Marco teórico

4.1.1. Agua potable.

El agua es el recurso natural más valioso. Es esencial para satisfacer las distintas necesidades humanas, incluyendo la alimentación, los sistemas de saneamiento, la salud, la energía y el alojamiento (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010). La definición nos establece que es aquella que ha tenido un tratamiento previo en la eliminación de contaminantes de tipo ya sea físico, químico y microbiológico que suelen ser agravantes en los consumidores y el medio ambiente. Para el tema de las normativas nacionales principalmente se sigue el Decreto 1575 y Resolución 2115 del 2007.

4.1.2. Enfermedades de origen hídrico.

Las enfermedades causadas por el agua se generan por la contaminación de las fuentes hídricas con residuos orgánicos y minerales (Lenntech, 2021). De acuerdo con los números de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el agua no purificada puede causar enfermedades de tipo entérico tal como infecciones urinarias, diarrea, fiebre y poliomielitis. Se calcula que las enfermedades provocadas por agua en condiciones no óptimas para el consumo pueden ocasionar la muerte de hasta 500.000 personas al año (Organización Mundial de la Salud, 2019).

4.1.3. Fuente hídrica.

Los recursos hídricos son bienes naturales, que forman parte del patrimonio natural de un estado o nación, se considera dominio público, y de libre entrada para solventar esta necesidad vital de la humanidad (Benavides Holger, 2019). Las fuentes hídricas se pueden definir como aquellas corrientes de aguas que pueden ser usadas por las poblaciones para su consumo. Normalmente las fuentes hídricas suelen ser: manantiales, ríos, lagos, pozos. Para el presente estudio se da a comprender que la fuente que abastece la PTAP del municipio de El Copey es el río Ariguanicito ubicado en el corregimiento de Chimilla, Cesar, el cual es un principal afluente del río Ariguaní, el cual conduce hacia el municipio.

4.1.4. Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)

Los sistemas de tratamiento de agua se caracterizan por ser una serie de operaciones que tienen como objetivos purificar el agua que no ha sido tratada previamente y que su vez pueden traer contaminantes ya sean de tipo físico, químico o microbiológico (SYNERTECH S.A.S, 2020). Toda población se basa en algunas normativas y resoluciones con el fin de clasificar el agua una vez ya tratada, para el caso de Colombia dispone del Decreto 1575 del 2007 el cual tiene como objetivo principal establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua (Ministerio de la Protección Social, 2007) y la Resolución 2115 de 2007 donde se determinan los factores primordiales para el consumo humano sin generar repercusiones a la salud (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007).

4.1.5. Sistema de captación

La captación es la etapa donde realiza la toma de agua de cualquier fuente hídrica con el fin de ser conducida a las plantas de tratamiento a través de canales abiertos. El líquido captado se conoce como agua cruda, el cual para hacerse potable requiere de un proceso de tratamiento posterior. La captación se puede realizar a partir de dos fuentes distintas, una es un origen superficial como lagunas, lagos, esteros y embalses, y la segunda son subterráneas como pozos profundos, punteras, drenes y norias. Las aguas subterráneas suelen estar menos contaminadas que las superficiales, pero llevarlas a la superficie no es viable económicamente (Ojeda Lizabeth, 2016). La calidad del agua cambia en función de varios factores, entre los cuales se tiene su naturaleza, las actividades que se desarrollen en las riberas de los ríos y/o por los elementos naturales que pueden ser arrastrados.

4.1.6. Coagulación – Floculación

Se le denomina coagulación – floculación al proceso mediante el cual las partículas se aglomeran en pequeñas masas con pesos específicos mayor al del agua por acción de un coagulante que es adicionado en esta etapa. A estas masas se le conoce comúnmente como flóculos; este proceso es importante porque permite: remover la turbidez inicial, remover y mejorar el color aparente, y algunos de los contaminantes que contiene el agua sin tratar (Arboleda Jorge, 2000). La coagulación inicia al momento que es agregado el aditivo químico al agua cruda, con el fin de favorecer la sedimentación de material coloidal, esto es causado por la separación de dobles capas eléctricas que

rodean todas las partículas coloidales (Ojeda Lizabeth, 2016), mientras que la floculación es el proceso por el cual las partículas ya desestabilizadas chocan unas con otras para formar coágulos mayores (Arboleda Jorge, 2000).

4.1.7. Sedimentación

La sedimentación se conoce como aquella operación unitaria que consiste en separar mezclas sólido – líquido, donde las partículas sólidas están que en suspensión son separadas debido a la densidad respecto al solvente, la concentración de tamaño de partículas y la presencia de coagulantes en la mezcla. Los sedimentadores que pueden emplearse son el de flujo horizontal que por lo general la masa líquida se transporta de un punto a otro con una velocidad V_0 , mientras las partículas (flóculos) caen a una velocidad V_s , sus tanques tienden a ser rectangulares y circulares y flujo vertical que por lo general tienen forma cilíndrica y son más utilizados en agua residuales (Geankoplis, 1998).

4.1.8. Filtración

La filtración es una operación que consiste en aislar los sólidos en suspensión en un fluido, donde las partículas sólidas son separadas mediante un medio granular poroso (por ejemplo, arena, gravilla), dando el paso al fluido y bloqueando las partículas que no fueron separadas en el proceso de sedimentación. Su aplicación varía enormemente y puede utilizarse para tratar problemas de turbidez o color, así como para el tratamiento para eliminar microorganismos o virus (Geankoplis, 1998).

4.1.9. Desinfección (cloración)

La cloración es el método de eliminación y desinfección de microorganismo (bacterias) y organismos que pueden generar problemas de salud para el ser humano, siendo el Cloro muy económico y efectivo a la hora de eliminar patógenos y oxidar compuestos que normalmente se encuentran presente en el agua (Mendoza Rodrigo, 2019). Esta es la última etapa de tratamiento antes de ser distribuida a los hogares, básicamente higieniza el agua y completa el proceso de potabilización. En la actualidad existen diversos tipos de desinfección, entre los más utilizados, tenemos:

- **Ultravioleta:** La luz ultravioleta (UV) es una de las técnicas utilizadas en la desinfección del agua, su acción de inactivar los microorganismos y agentes patógenos se da por fenómeno físico por el cual las ondas cortas de la radiación ultravioleta inciden sobre el material genético (ADN) de estos agentes, los elimina en un periodo corto de tiempo, sin generar cambios físicos o químicos en el agua tratada, lo cual es producido por un cambio bioquímico en las estructuras moleculares del microorganismo (nucleoproteínas); que a su vez es producido por la absorción directa de la energía UV, la que genera una reacción fotoquímica (Méndez Juan & Solsona Felipe, 2002). En la actualidad es muy común que este mecanismo sea utilizado en pequeños establecimientos de tratamiento, como lo son hospitales, industria alimenticia, hoteles. Tiene sus ventajas entre las más relevantes están su fácil manejo y mantenimiento, su alta eficiencia, no requiere productos químicos, actúa de manera rápida en la inactivación de los microorganismos, entre otras. Mientras que sus desventajas con respecto a la cloración son el elevado costo del equipo, no hay efecto residual, el agua debe ser muy transparente. (Méndez Juan & Solsona Felipe, 2002)
- **Ozonificación:** El ozono (O_3) es un gas alotrópico del oxígeno. Su técnica utilizada en la desinfección consiste en añadir cantidades suficientes de ozono lo más rápidamente que sea posible, de manera que satisfaga la demanda y mantenga un residuo de ozono durante un tiempo suficiente para asegurar la inactivación o destrucción de los microorganismos (Méndez Juan & Solsona Felipe, 2002).

El ozono por sus propiedades actúa como un oxidante protoplasmático, que lo convierte en un gas capaz de eliminar y/o inactivar toda clase de microorganismo, uno de sus problemas es que debe generarse en *in situ*, debido a que es un gas inestable y tiende a descomponerse rápidamente a oxígeno en temperatura ambiente; por tal motivo es usado en poblaciones que no superan los 10000 habitantes, sus costos con respecto a la luz ultravioleta es económicos, pero comparados con la cloración resulta ser mucho más costoso.

4.2. Características del agua tratada.

4.2.1 Características Físicas

Los parámetros físicos del agua evaluados en Colombia se establecen en la resolución 2115 de 2007. En la Tabla 1, se presentan las características físicas y su valor máximo aceptable, valores medidos en el agua por encima de estos límites son considerados como no apta para el consumo. (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007).

Tabla 1. *Características del agua tratada*

Características físicas	Expresadas como:	Valor máximo aceptable (mg/L)
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto(UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007).

- **Color Aparente:** El color aparente es aquella característica que muestra el color de agua al instante de ser recogida, antes de pasar por filtros de 0,45 micras (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007). La tonalidad del agua se debe a muchos factores, entre los que están la presencia de sustancias orgánicas, contaminantes, sólidos disueltos presentes en el líquido (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002).
- **Olor y Sabor:** Generalmente el sabor es dependiente del olor, por lo que comúnmente se realiza por olfato humano, a su vez el olor no aceptable en el agua es causado por los compuestos como algas y contaminantes contenidos en el agua (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002).
- **Turbiedad:** La turbidez es la medida de sólidos en suspensión en el agua entre los que están sustancias orgánicas, inorgánicas y las de cuerpos con vida como algas; para tratar los problemas de turbiedad se aplica generalmente un coagulante que, elimina los esos contaminantes (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002).

4.2.2. Características químicas de sustancias que tiene reconocido efecto adverso en la salud humana.

El artículo número cinco de la Resolución 2115 de 2007 indica las sustancias químicas que tienen efecto adverso en la salud, para ello se menciona su valor máximo permitido en las muestras de aguas tratadas. La Tabla 2, muestra los valores máximos aceptables que se señalan en dicho artículo, donde se mencionan aquellos elementos y compuestos que perjudican la salud de los consumidores.

Tabla 2. *Características químicas de sustancias que tiene reconocido efecto en la salud*

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancia	Expresadas como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01

Trihalometanos Totales	THMs	0,2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0,01

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

4.2.3. Características básicas.

Otras de las características a tener en cuenta para evaluar la calidad del agua, con las mostradas en la Tabla 3. La resolución 2115 de 2007, menciona que el cloro residual es la cantidad que permanece en el agua después de un tiempo establecido para continuar realizando su función de desinfección. La misma norma establece que el valor aceptable para el cloro residual deberá estar entre 0,3 y 2 mg/L y que este podrá ser verificado en cualquier punto de red de distribución del agua. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

Tabla 3. *Características básicas del agua potable*

Características químicas básicas	Expresada como	Rango y Valor máximo aceptable
Potencial de hidrógeno	pH	6,5-9,0
Conductividad	µsiemens/cm	1000
Cloro residual libre	mg/L	0,3-2

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007, p.4)

4.2.4. Características microbiológicas

Unos de los mayores peligros del agua para la salud humana es la existencia de contaminantes microbiológicos. Los riesgos más comunes y extendidos para los usuarios relacionados con el agua potable son las enfermedades infecciosas causadas por agentes patógenos, entre los que se encuentran las bacterias, virus y parásitos (Londoño Gaitan, 2013). Actualmente, existen diversos estudios para realizar análisis microbiológicos como lo son: filtración por membrana, sustrato definido, enzima sustrato y presencia – ausencia. Todas estas pruebas están aprobadas por el Instituto Nacional de Salud (INS), según lo indica el artículo once de la Resolución 2115 de 2007,

de igual manera, resalta que ninguna muestra debe reportar presencia de *Escherichia coli* en 100 cm³ de agua, independientemente de la técnica utilizada (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007). En la Tabla 4 puede observarse los distintos métodos utilizados para el análisis microbiológico del agua.

Tabla 4. *Características microbiológicas*

Técnicas utilizadas	Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i>
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismos en 100 cm ³	< de 1 microorganismos en 100 cm ³
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

4.3. Estado del arte

En la actualidad, es muy común encontrar muchas falencias en las plantas de tratamiento, tanto en Colombia y a nivel internacional al momento de cumplir con las características establecidas en las distintas normas y decretos, ya sean físicas, químicas y microbiológicas. Por tal motivo, se realizó una revisión del estado del arte en línea similares a la del presente proyecto, relacionados al mejoramiento de sistemas de tratamientos de agua. La cual, fue realizada desde lo general hasta lo específico, es decir, casos internacionales a casos nacionales y departamentales.

Para el ámbito general se revisó la tesis con título “Propuesta de mejora de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Ayaviri, Melgar, Puno – 2018” la cual fue empezada un diagnóstico, mediante una evaluación de los procesos y unidades que conformaban la planta de tratamiento, lo cual comprobó que el sistema trabaja con muchas falencias que iban desde un deterioro significativo de toda la infraestructura como tal, un inadecuado uso y manejo del aditivo químico (coagulante) a la hora de tratar el agua cruda y por último, un trabajo ineficiente de la planta, debido a que se trabajaba con un caudal superior al que se diseñó en un inicio, de igual forma fue importante realizar

ensayos de laboratorios de algunos parámetros, como la prueba de jarras, medición de pH, cloro residual, dureza, entre otros.

Teniendo en cuenta las falencias de la Planta de Tratamiento, el autor diseño y propuso unas series de alternativas para el posterior mejoramiento del sistema; entre las que estuvieron contar con un tanque de regulación para controlar el caudal y asegurar un abastecimiento permanente, añadir un pre-sedimentador con la finalidad de bajar la turbidez en el agua, entre otras; una vez dadas las series de alternativas se realizó la viabilidad del proyecto. (Romero Mary, 2021).

Siguiendo a nivel nacional, La *Propuesta de mejoramiento a la PTAP en el municipio de Nocaima, Cundinamarca*. Cuyo principal objetivo fue plantear una propuesta técnica de optimización, con la finalidad de tener mejoras en la proceso del tratamiento, de igual forma, se tuvo en cuenta el estado del sistema de purificación en aquel momento, realizando un diagnóstico en cuanto evaluación de las operaciones unitarias y su infraestructura, estos fueron llevados a cabo mediante encuestas a los usuarios para reconocer las inconformidades del servicio prestado, además de evaluar los parámetros de tipos físicos, químicos y microbiológicos en cada una de las etapas del proceso. Las autoras lograron identificar las posibles alternativas que necesitaba la planta de tratamiento, de modo que, fue primordial realizar un plan de mejoramiento, debido a que la estructura fue construida en 1986 con una proyección a 20 años. Se propusieron mejoras de corto, mediano y largo plazo, las más relevantes fueron: la implementación de indicadores IWA que permitan gestionar mejor la operación, las optimizaciones de los procesos de coagulación y de un bypass para regular el caudal, entre otras soluciones para el beneficio de la planta (Caceres Laura & Martin Maria, 2019).

Siguiendo en el ámbito nacional, el *Diseño Del Plan De Mejoramiento De La Planta De Potabilización Del Acueducto Comunitario De La Vereda Agua linda Chiguaza* los autores se centraron en sugerir una series de alternativas para mejorar las operaciones de dicho acueducto, para ello optaron en describir la infraestructura y los procesos de la planta, seguido a esto determinaron la instalaciones de las misma, posteriormente procedieron con un diagnóstico y con ellos dar las soluciones a las operaciones unitarias, finalmente buscaron una comodidad económica en los costos y cotización en cada problema evidenciado en el sistema (Raigoso Nelson & Hernandez Maria, 2018).

Por otra parte, se implementó una *Propuesta de mejoramiento de la PTAP de la escuela de logística del ejército nacional* que a partir un análisis de información obtenida de inspecciones técnica y operativa de la planta, donde su principal problemática era las falencias en el cumplimiento con la legislación ambiental colombiana, a consecuencia de eso se diseñaron unas series de alternativas para la mejoras en las operaciones unitarias, de tal manera que garantizaran un adecuado funcionamiento del sistema atendiendo las características contempladas en las normativas vigentes, en la cual realizó como metodología una caracterización según los criterios del agua cruda, los resultados fueron comparados con las resoluciones, se siguió con la identificación de aquellos puntos críticos que requerían de alguna forma ciertas alternativas de mejoras, se analizó el presupuesto necesario para el proyecto, seguido de la elaboración de un manual de procedimiento y mantenimiento (Fonseca Angie, 2018).

Para el ámbito específico, recurrimos al artículo “*Los restos de la Vigilancia y el control de la calidad del agua potable en zonas rurales dispersas: un estudio de caso basado en dos asentamientos del caribe colombiano*”, partiendo de la situación que hoy en día abarcan las zonas rurales dispersas del país que en su mayoría no disponen de un tratamiento de agua para el consumo humano, lo que hace que no cuenten con un sistema de política de vigilancia de la calidad del agua, por todo esto, los habitantes se ven en la necesidad de abastecerse de fuentes directas de agua como pozos, agua lluvia, estanque superficial y ríos, como lo es el caso de Delfina y el Cascajo en el departamento del Cesar. Razón por la cual los autores realizaron pruebas y análisis de tipo físico, químico y microbiológico al agua de los tanques almacenamiento de los distintos hogares de las zonas ya mencionadas, cuyos resultados fueron comparados con los límites máximos permisibles establecidos por la Organización mundial de la Salud (OMS) Y la resolución 2115 del 2007, respectivamente.

Además, con los resultados obtenidos se calculó el Índice de Riesgo de la Calidad de Agua Potable (IRCA), el 88% de las viviendas presentaron un nivel de riesgo alto ($35\% < \text{IRCA} < 80\%$) y el 12% niveles de riesgos inviables sanitariamente ($80,1 < \text{IRCA} < 100$), siendo el mayor grado de incumplimiento los parámetros de la turbidez, el hierro y plomo; todas las muestras contenían presencia de *Escherichia coli*. Los resultados demuestran que el agua no es apta para el consumo humano y causante de enfermedades crónicas que pueden llevar a la muerte; por los autores propusieron instalar un sistema de potabilización completo para poder eliminar los contaminantes

presentes en el agua y mejorar la calidad de vida de las poblaciones rurales; asimismo proponen al gobierno nacional, rediseñar las políticas aplicables para el monitoreo y control del agua potable en las zonas rurales (Galezso Maria & Rodriguez Manuel, 2021).

4.4. Marco geográfico

4.4.1 Entorno geográfico

El área de estudio del proyecto ha sido en El Copey, que hace parte de los 25 municipios que integran el departamento del Cesar, con una ubicación al extremo noroccidental de este ente territorial a unos 120 Km de Valledupar, se encuentra comprendido en la siguiente coordenada geográfica: 10°08'56"N 73°57'36"O. El municipio cuenta con una superficie de 970 Km², constituyendo cerca de un 4.6% el total de la superficie del departamento. Entre los límites encontramos los siguientes (Carrillo Guzman, 2021):

Norte: Fundación, Magdalena.

Noroeste: Algarrobo, Magdalena.

Sur: Bosconia, Cesar.

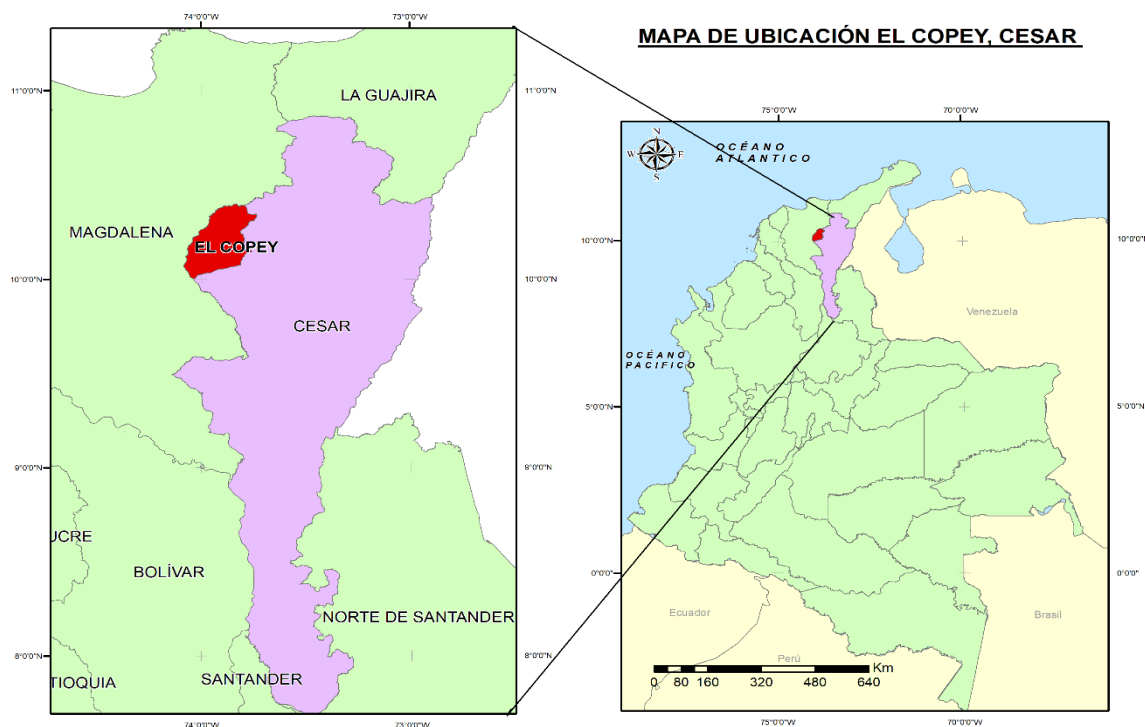
Suroeste: Sabana de ángel, departamento del Magdalena.

Este: Valledupar, capital del departamento del Cesar.

Oeste: Pueblo bello, Cesar.

Cabe resaltar que el municipio cuenta con diversos recursos hídricos naturales entre lo que encontramos los ríos Ariguaní, Ariguanicito y Garupal. La Figura 1 representa el mapa de ubicación del municipio de El copey, en el departamento del Cesar.

Figura 1. *Ubicación geográfica del municipio de El Copey*



Fuente: El autor

4.4.2. Generalidades de EMCOPEY

La empresa EMCOPEY es la responsable de brindar y suministrar el servicio de acueducto y alcantarillado en la comunidad copeyana desde enero de 1989, es de carácter oficial. A continuación, la Tabla 5, detalla los aspectos generales de la empresa.

Tabla 5. *Aspectos generales de EMCOPEY E.S.P*

ID empresa	1380
Razón social	Empresa de servicios públicos de El Copey E.S.P
Sigla	EMCOPEY E.S.P
Fecha de constitución	1989/01/07
Fecha de inicio de operaciones	1990/06/01

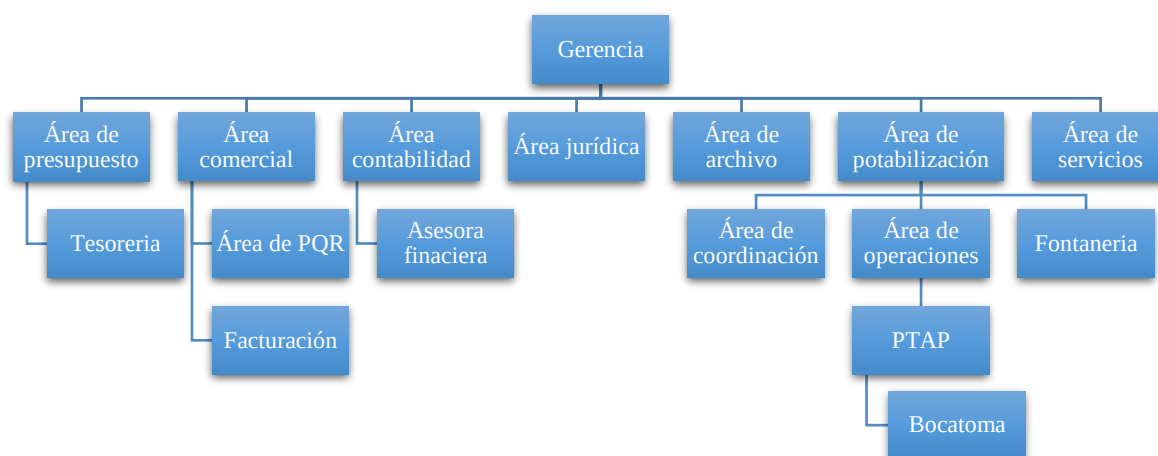
Representante legal	Yamid Sebastián Ovalle Botello
Cargo del representante legal	Gerente
Total servicios prestados	Acueductos, Alcantarillado, Aseo

Fuente: Modificado de (Sistema Único de Información, 2015).

4.4.3. Organigrama

En la organización estructural de EMCOPEY, se dispone de catorce (14) funcionarios de planta y ocho (8) contratistas, la Figura 2 que se muestra a continuación, enseña la estructura administrativa.

Figura 2. Organigrama EMCOPEY



Fuente: Modificado de (Empresa De Servicios Publicos Emcopey esp, 2020).

4.4.4. Descripción de la Planta de Tratamiento EMCOPEY.

La planta de tratamiento del municipio de El Copey, cuenta distintos procesos, los cuales son necesario para potabilizar el agua que será distribuida a los hogares.

Inicialmente cuenta con una bocatoma con rejilla lateral, encargada de captar y derivar el agua del Río Ariguanicito hacia el canal de derivación reforzado en concreto que, a su vez por aducción de gravedad, traslada dicho líquido a tuberías subterráneas de PVC de diámetros de 14 y 16 pulgadas que actúan como líneas de conducción.

Una vez pasada por las líneas de conducción, recorren alrededor de 25 km hasta llegar a la PTAP donde inicia el proceso de potabilización, el agua conduce hacia la cámara de llegada, que pasa por un vertedero rectangular tipo creager sin contracciones, que permite leer el caudal de operación para el sistema y donde se le adiciona una dosis adecuada coagulante e inicia la mezcla rápida la finalidad en este proceso se separa las partículas que causan turbiedad, color y olor al agua; seguidamente pasa a los floculadores tipo Alabama donde se unen las partículas entre si y forman otras más grandes denominados flóculos, para luego pasar por los sedimentadores, los cuales tiene las función de asentar las partículas y llevarlas hasta el fondo de los tanques, posteriormente los tanques de filtros compuestos por arena, grava y antracita reciben el agua por la parte inferior y funcionan de forma ascendente y direcciona el agua a la caseta de desinfección donde se le es aplicada cloro gaseoso para eliminar bacterias y microorganismos, para finalmente llegar al tanque de almacenamiento y ser distribuida a los hogares copeyanos.

4.5. Marco Regulatorio

Para contar con un servicio de alta calidad en el agua potable, es fundamental ajustarse a los límites fisicoquímicos y microbiológicos que se establecen en las normas, estas cualidades pueden cambiar dependiendo del país; en Colombia específicamente, las principales directrices son el Decreto 1575 y la Resolución 2115 de 2007, que establece el marco para la seguridad y el control de las propiedades del agua para uso humano. Todos los establecimientos de tratamiento que están en actividad y alimentan redes con una población de más de 2501 habitantes deberán acatar con todo lo estipulados en las leyes ya mencionadas. La Tabla 6, relaciona las normas colombianas vigentes que rigen el funcionamiento de todas las plantas de tratamiento de agua potable en el país.

Tabla 6. *Normas colombianas en la calidad del agua*

Norma	Descripción
Resolución 082 de 2009	Por medio de la cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano
Decreto 3930 de 2010	Por el cual se dicta los usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

RAS 2017	Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico.
Ley 373 de 1997	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.

Fuente: El autor

5. METODOLOGÍA.

5.1. Alcance del proyecto

El enfoque de la práctica empresarial es brindar alternativas para el buen uso y funcionamiento de las unidades de procesos presentes en la PTAP del municipio de El Copey, con el fin de mejorar el puntaje IRCA, la cual inicia con una definición y descripción de cada una de las etapas del tratamiento mediante una inspección detallada, una vez analizadas se evaluaron las operaciones que requerían una propuesta para su posterior desarrollo, lo que permitirá a la empresa mejorar resultados en cuanto a la calidad y calidad de su servicio. Además, este trabajo se centra en elaborar un manual para el adecuado desempeño y mantenimiento de las etapas de la Planta y, por último, con base en las resoluciones existentes capacitar sobre las buenas prácticas sanitarias a los operadores. En consecuencia, se proponen cuatro objetivos específicos que se desarrollarán según el orden en que se han propuesto, junto con las actividades a efectuar para cada uno de ellos. Como se describe a continuación:

5.2. Etapas.

5.2.1. Identificación de puntos críticos de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) EMCOPEY, analizando su estado actual.

Esta fase del proyecto tuvo como propósito aplicar y cumplir con el primer objetivo específico, el cual fue realizado mediante una evaluación a la planta a través de inspecciones detalladas, de esta

manera se dio a conocer su estado, partiendo de la línea base de la PTAP en cuanto a su condición inicial de sus unidades, cuya finalidad fue la de verificar el proceso del sistema; para las actividades fue necesario evidenciar con registro fotográfico, además de las herramientas de apoyo que se presentan a continuación:

- Revisión bibliográfica: se realizó una búsqueda de artículos, libros y bibliografía relacionada con el mejoramiento de planta de tratamiento de agua potable.
- Revisión de datos a través del tiempo con que cuente la empresa.
- Preguntas técnicas a cada uno de los operarios, con el fin de conocer su punto de vista acerca de cada una de las operaciones presentes y se logre identificar cuáles de estas requieran un mejoramiento.
- Evaluación e identificación de la planta, mediante visitas de campo e inspección visual, para identificar que procesos pueden afectar la potabilización del agua y estén arrojando niveles de índice de riesgos medios y altos.

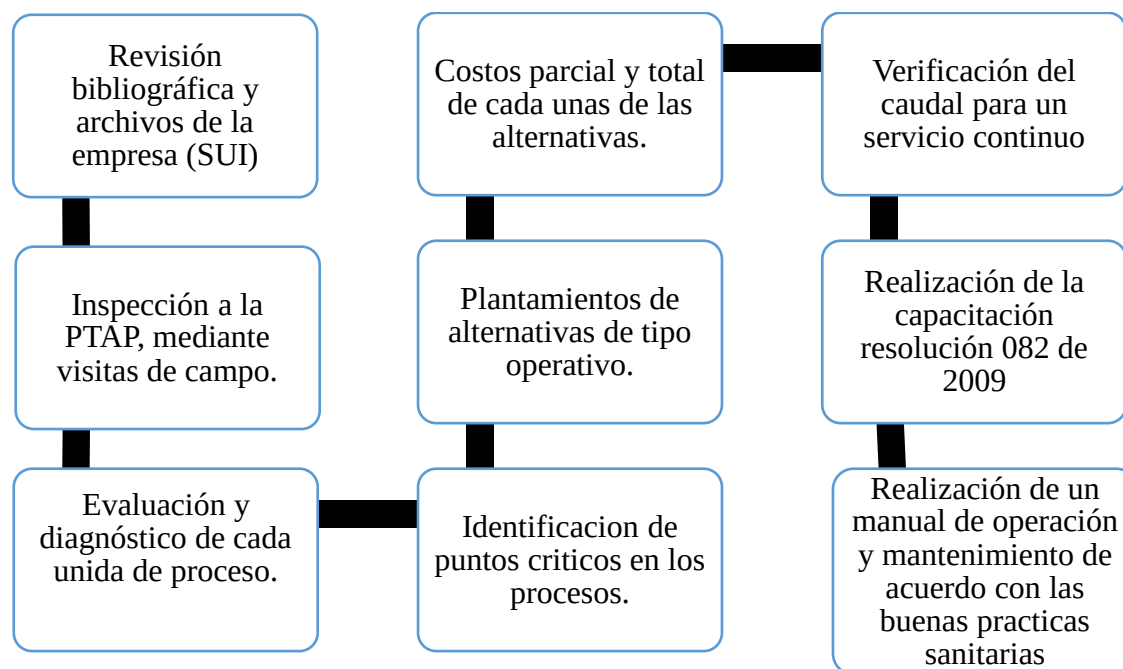
5.2.2. Propuestas de alternativas de mejora en los procesos unitarios ineficientes en la planta de tratamiento de agua potable EMCOPEY para cumplir con lo estipulado en las normas vigentes de Colombia.

Con una apreciación de manera cualitativa y con revisiones constantes de caudal de operación de la PTAP, dosis aplicada de coagulante y la cantidad de cloro añadida (mediante planillas de control diario), se plantearon las posibles soluciones que requieren la planta de tratamiento, estas alternativas se analizaron desde el punto económico y se tuvo en cuenta la prioridad de cada una. Las siguientes son las actividades desarrolladas para dar cumplimiento al presente objetivo.

- Plantear alternativas en las problemáticas evidenciadas, basados en calidad y cantidad del agua apta para el consumo.
- Seguimiento a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, realizados por la Secretaria de Salud Departamental.
- Comparación del caudal de operación de la planta con el consumo per cápita y verificar si la planta trabaja con un caudal para abastecer un servicio continuo.

La Figura 3, representa las etapas desarrolladas en la metodología para el análisis de la calidad del agua en la planta de tratamiento de agua potable del municipio de El Copey.

Figura 3. *Etapas del proyecto para reducir los niveles variados del IRCA*



Fuente: El autor

5.2.3 Elaboración de un manual de buenas prácticas sanitarias para la planta de agua potable EMCOPEY E.S.P

Se procedió a realizar un manual de operación y mantenimiento, partiendo de la necesidad de disponer de una herramienta de apoyo a la hora de tener alguna duda o inquietud en cualquier proceso presente en la planta, además, plantea de manera básica las definiciones y obligaciones en las operaciones y mantenimiento correctivo de cada uno de los operarios responsables del funcionamiento de la PTAP.

La resolución 082 del año 2009, establece el cálculo de dos factores muy importante en el proceso potabilización, el primero de ellos, es el Índice de Riesgo por Abastecimiento de Agua para

Consumo Humano por parte de la persona prestadora (IRABAp.p) y las Buenas Prácticas Sanitarias persona prestadora (BPSp.p).

El puntaje de BPSp.p, incluye manuales de operación y mantenimiento en cualquier planta de tratamiento a nivel nacional, estos documentos deben estar al alcance del operario para su permanente consulta, siendo esta la razón primordial para la elaboración del manual, además de se añadieron unas planillas de control diario, para tener un reporte más claro en la bitácora y contar con una herramienta para un mejor seguimiento en las características de agua.

5.2.4 Realizar una capacitación a los operarios acerca las buenas prácticas sanitarias con base en la RESOLUCIÓN 082 de 2009.

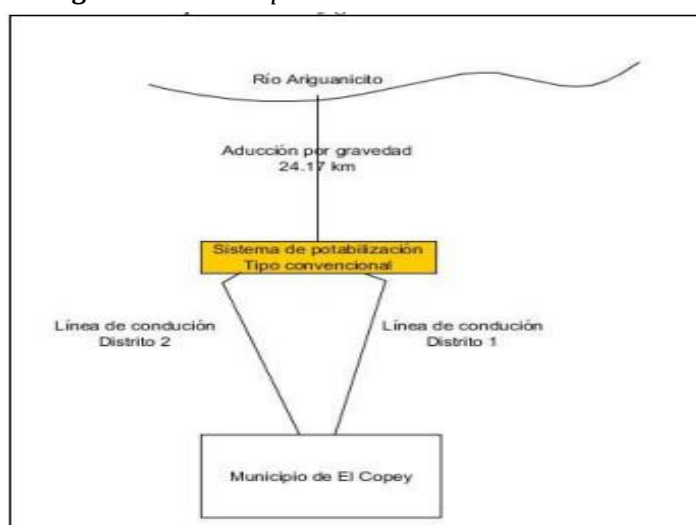
Partiendo del concepto de las buenas prácticas sanitarias estipulado en la resolución 082 del 2009 (Ministerio de la Protección Social, 2009). Se realizó un proceso capacitación a los operarios que están en la planta, para ello fue importante dar a conocer esta normativa y como personas prestadoras del servicio de agua deben realizar permanentemente lo establecido en ella, de lo contrario alcanzaría un puntaje no muy favorable de las buenas prácticas sanitarias persona prestadora (BPSp.p).

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. Identificación de la situación más crítica de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) EMCOPEY.

De acuerdo con el Sistema Único de Información (SUI), se dispone de una línea de aducción que traslada el agua cruda por gravedad mediante tuberías de 14 pulgadas elaborada en Cloruro de Polivinilo (PVC), la cual tiene una longitud de poco más de 24 Km (Sistema Único de Información, 2015). La Figura 4 representa el esquema de configuración de abastecimiento en la zona urbana del municipio, que va comprendido desde su fuente hídrica, siendo captada y conducida hasta la planta donde se hace el proceso del tratamiento para llegar a las diferentes viviendas de la comunidad copeyana.

Figura 4. Esquema de abastecimiento de EMCOPEY

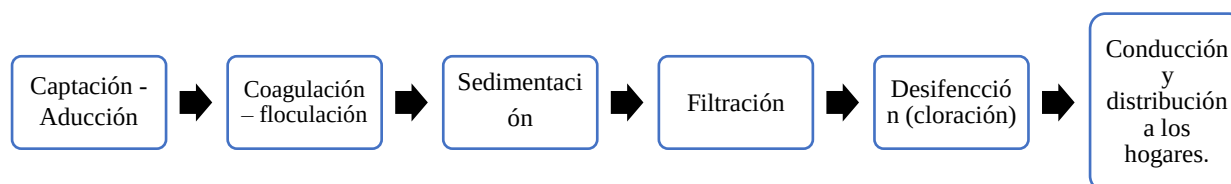


Fuente: (Sistema Único de Información, 2015).

Es fundamental resaltar que la PTAP entró en funcionamiento en el año 1997, fecha desde la cual no se registra ningún plan maestro para su previo mejoramiento, por lo que es natural que los procesos presenten cierto deterioro como es el caso del canal de derivación que presenta algunas grietas, razón por la cual hay fugas y asimismo la cuestión de los módulos de los sedimentadores, alguno de ellos fue retirado por el mismo desgaste, esto puede perjudicar el proceso de purificación del agua, lo que incentivó a realizar el presente trabajo, con la motivación de beneficiar a la población copeyana.

La Figura 5, ilustra el proceso de potabilización que constan de 6 etapas, las cuales van comprendida desde su captación del río Ariguanicito, hasta llegar a la distribución de los hogares copeyanos.

Figura 5. *Proceso de potabilización de EMCOPEY*



Fuente: El autor

Por otra parte, de forma manual con ayuda del operario de turno se tomaron las medidas de las diferentes operaciones unitarias presentes en la PTAP. La Tabla 7 tiene como fin dar a conocer las dimensiones (ancho, alto, largo, capacidad) aproximadas de cada una de las unidades de proceso (módulos de flocladores, tanques de sedimentadores, tanques de filtros, tanque de almacenamiento).

Tabla 7. *Dimensiones de las operaciones unitarias de EMCOPEY*

	Floculadores (c/u)	Tanques sedimentadores (6)	Tanques de filtración (6)	Tanque de almacenamiento
Ancho <m>	0,91	2,95	2,66	20
Alto<m>	1,25	4,1	4	2,75
Largo <m>	1,30	6,92	2,66	20
Capacidad <m ³ >	1,48	83,7	28,30	1100

Fuente: El autor

6.2. Revisión etapa por etapa del proceso

Se realizaron revisiones e inspecciones a las etapas del proceso, para dar un diagnóstico de cada una y saber sus condiciones actuales, con el fin de poder brindar alternativas para mejorar el proceso. A continuación, la descripción de las operaciones presentes en la PTAP de EMCOPEY.

6.2.1. Bocatoma

Para la captación se diseñó una bocatoma tipo lateral, que consta de 3 rejillas de aproximadamente 1 m de largo y 0,45 m de ancho, es la encargada de tomar el agua del río Ariguanicito para abastecer a la planta y luego ser distribuida al casco urbano del municipio. Dicha infraestructura fue construida en el año 1975 y en el 1997 se le realizó una optimización. Una vez que el agua es captada pasa a través de un canal de derivación rectangular de concreto (aducción), cuya medidas son: 0.80 m de ancho x 0.40 m de alto x 370 m de longitud, dicho canal es cerrado y cuenta con tapas de concreto reforzado de 10 centímetros de espesor, removibles cada 10 m. (Sistema Único de Información, 2015). Esta estructura se encuentra deteriorada y presenta escape del agua cuándo es transportada hacia las tuberías. La Figura 6, deja en evidencia el deterioro en algunas partes del canal de derivación que transporta el recurso hídrico con dirección a la PTAP, esto es debido a muchos factores, entre los que pueden ser, la antigüedad de la obra la cual tiene un tiempo aproximado de 25 años lo que genera un desgaste de forma natural, además de la falta de mantenimiento, otro de los motivos son las raíces de la vegetación cercano al canal de derivación.

Figura 6. Bocatoma, rejillas (a) y canal de derivación (b)



Fuente: El autor

6.2.2. Mezcla rápida – Coagulación, Cámara de llegada

En las plantas de tratamiento de agua potable, el mezclador rápido tiene la función de disolver continuamente el coagulante en la corriente de agua (Loayza Naiza, 2019).

Actualmente la PTAP cuenta con un vertedero rectangular tipo creager de 80cm de ancho y 85 de alto; para dar paso a la cámara de llegada y mezcla rápida. Estas estructuras tienen la función de regular y medir el caudal de entrada, hacía cada uno de las etapas en el proceso potabilización, además sirven para que se efectué la adición del coagulante al agua que llega de la cámara a través de un sistema de bombeo. El coagulante utilizado es el Policloruro de Aluminio (PAC), el cual es dosificado dependiendo de las condiciones fisicoquímicas del agua de entrada a la planta (caudal, turbidez), para añadir una cantidad precisa de aditivo químico es aplicado el ensayo de jarras que, se realiza de manera inadecuada, debido a que solo funcionan dos de los seis agitadores del aparato, donde la proporción que se depositada del PAC es medida mediante pulsaciones (el tablero de dosificación no se encuentra calibrado) la dosis que es añadida dependerá del color, caudal y otras propiedades cualitativas que tengan el agua, por la ausencia equipos mínimos necesario como lo es un medidor de turbidez (turbidímetro), analizador de cloro y pH (DR 300 hach), entre otros para establecer la dosis optima a utilizar para el buen procesamiento.

La Figura 7 que se muestra a continuación nos enseña los isotanques donde es almacenado el PAC una vez es suministrado, estos cuentan con un volumen de 1000 L y el tiempo de recarga es cada 10 días aproximadamente, además nos ilustra el sistema de bombeo que se utiliza en la planta la cual con sus pulsaciones alcanza el coagulante y a su vez mediante un tubo perforado transporta el aditivo químico hacia el agua recién ingresada a la PTAP.

Figura 7. *Isotanques de coagulante (a), sistema de bombeo(b).*



Fuente: El autor

6.2.3. Floculación – floculadores

Esta parte del proceso es conocida por fomentar la mezcla lenta decreciente favoreciendo la creación y aglomeración de flóculos hasta un tamaño que permita su posterior separación. Una vez es agregado el coagulante se da lugar a someter a los microflóculos a una agitación lenta que permite la unión de estos en agregados, los cuales son visibles a simple vista, con la suficiente cohesión y densidad para someterlos a la siguiente etapa de sedimentación.

La PTAP dispone de tres secciones de floculadores tipo Alabama, estas estructuras hidráulicas se caracterizan porque en cada cámara cuenta con codos, los cuales impulsan el agua hacia la parte superior del mismo, lo que da a entender que es un flujo ascendente. Los operarios suelen realizar un lavado diario, debido a que se forman muchos flóculos. A continuación, la Figura 8 representa la adición del coagulante (PAC) a la mezcla rápida, para luego llevar a cabo el proceso de mezcla lenta del agua.

Figura 8. *Adición del coagulante*



Fuente: El autor

Se puede observar en la Figura 9 los tanques de floculación, en estos tanques comienza el proceso de formación de los flóculos hasta llegar a los tanques sedimentadores.

Figura 9. *Floculadores (Alabama)*



Fuente: El autor

6.2.4. Sedimentadores

Una vez el agua realiza el proceso de floculación, el problema está en separar los sólidos que están en suspensión del líquido; para esto se hace uso de los tanques de sedimentación los cuales realizan

la separación de los sólidos más densos que el agua y que tiene una velocidad de sedimentación que pueden llegar al fondo del tanque en un tiempo razonable (Arboleda Jorge, 2000).

En la planta de tratamiento hay ductos que, después de haber culminado el proceso de floculación, lo envían a los sedimentadores, cada uno cuenta con 80 placas de asbesto-cemento con un tamaño de 1.2 m de ancho, 2.4 m de largo y 1cm de espesor. A uno de ellos le fueron retiradas las placas, debido a que sufrieron un desgaste por el periodo que llevaba en funcionamiento y decidieron quitarlas según información recolectada por uno de los operadores; hay que resaltar que la ausencia de estos módulos puede disminuir la eficiencia de la sedimentación en estos tanques. A continuación, la Figura 10 muestra el tanque de sedimentación que se encuentra sin placas.

Figura 10. *Tanque sedimentador (sin módulos)*



Fuente: El autor

Los módulos mantienen su posición sin necesidad que haya una base o apoyos en ellas, cumpliendo así con su principal función de asentar los sólidos en suspensión del agua, para dar paso a la filtración. En la Figura 11 se observa los tanques de sedimentación, donde se es evidente el estado obsoleto de estas láminas, esto puede afectar el agua que se está tratando, debido a que no se asientan los flóculos.

Figura 11. *Sedimentadores*



Fuente: El autor

De estos módulos se puede observar un deterioro significativo. Además, se viene discutiendo hace décadas que es un material cancerígeno; Arboleda Jorge (2000) afirma que no hay pruebas que afirmen que asbesto-cemento sean cancerígeno cuando estas son consumidas en los alimentos o el agua, el inconveniente data que una de las fibras que conforman el asbesto (crisotile) al ser inhalada ocasiona un desgaste en los tejidos de los pulmones; produciendo así asbestosis. Por otra parte, con información más reciente diversos estudios han calificado al asbesto causante de enfermedades a largo plazo terminales como es cáncer de pulmón, laringe, entre otros. Toda la población en general se ve expuesta a esta fibra alguna vez en su vida (Instituto Nacional del Cáncer de EE. UU., 2017).

6.2.5. Filtración

La planta dispone de seis tanques de filtración, los cuales tienen como función separar los sólidos que tiene una densidad muy cercana al agua o aquellos sólidos que no fueron removidos en las etapas anteriores. Se puede considerar que hasta este punto el agua está casi limpia, pero requiere filtros especiales para partículas más pequeñas entre las que se encuentran bacterias, microorganismos y parásitos.

La filtración depende en ciertas medidas del buen tratamiento de los procesos anteriores, es decir, se puede considerar un proceso complementario de las demás operaciones, debido a que, su finalidad es separar partículas del agua; los filtros de la planta EMCOPEY están compuestos de lechos

filtrantes que constan de: un falso fondo de 15 cm de espesor, 25 cm de grava, 25 cm de arena y 50 cm de antracita. La Figura 12, muestra los filtros de la empresa y a su vez, se puede observar la presencia de algas en ellos.

Figura 12. *Tanques de filtración*



Fuente: El autor

El sistema recibe el agua proveniente de los sedimentadores por la parte inferior razón por la cual los filtros trabajan de forma ascendente, una vez el agua es filtrada por los mantos de antracita, arena y grava es direccionada a la caseta de cloración.

Cada uno de los filtros cuentan con válvulas que, impiden el flujo del agua que viene de los sedimentadores y con válvulas para bloquear el paso al proceso que es la desinfección. Los filtros disponen de un sistema de retrolavado, con el fin de recuperar la eficiencia de los mismos, el agua de lavado es vertida en la quebrada El Copey. Se puede evidenciar a simple vista el crecimiento de algas verdes filamentosas, la presencia de ellas en las paredes de los tanques puede alterar el proceso de filtración.

6.2.6. Desinfección / Cloración

El objetivo de la operación básicamente es la aplicación de cloro para eliminar las bacterias que pueden formarse en la distribución del líquido. El cloro es considerado un elemento muy económico y es de gran utilidad por su capacidad de eliminar los microorganismos que contiene el agua.

El sistema de aplicación de cloro de la planta dispone de tres contenedores en acero al carbón 106A, con capacidad de 1000 kg, que continuación se ilustran en la Figura 13, cuenta con tubos aductores y válvulas para la dosificación. Cada tres meses son recargados, de tal forma que, al menos dos de los tres tanques se encuentren disponibles con suficiente cloro, con el fin de evitar desabastecimiento en el proceso de desinfección. El cloro es suministrado a través de un dosificador, que es el encargado de controlar la cantidad que es aplicada en función del caudal de operación de la Planta. Según el párrafo segundo del artículo 121 del RAS- 2017, establece que: para el proceso de desinfección por cloración se debe emplear un tiempo de contacto mínimo 20 minutos que garantice la eliminación de los patógenos presentes en el agua. (Ministerio de Vivienda; Ciudad y Territorio, 2017b).

Figura 13. *Contenedores de cloro*



Fuente: El autor

Una vez se agrega el cloro, el agua va hacia el tanque de almacenamiento el cual cuenta un volumen de 1100 m³ para posteriormente ser distribuida a los dos distritos de la población

Copeyana. En el proceso de inspeccion se evidenció el deterioro de los tres tanques, lo cual presenta un riesgo para la operación.

La Figura 14 nos ilustra el dosificador de cloro que es suministrado al agua que ha sido tratada previamente, una vez entra en contacto con el agua la desinfecta y pasa al tanque de almacenamiento y luego ser distribuida a los hogares.

Figura 14. *Dosificador de cloro.*



Fuente: El autor

6.2.7. Almacenamiento y Red de distribución

El tanque de almacenamiento recibe el agua potable y la distribuye a las redes de distribución ubicadas en el casco urbano del municipio, cuenta con un volumen estimado de 1100 m³ (Tabla 7).

La distribución se realiza sectorizada, de la planta salen dos tuberías para dos distritos: porvenir (8 barrios) y centro (17 barrios). Existe un gran porcentaje de tuberías de asbesto-cemento, pero según información de la empresa se han venido realizando proyectos de reemplazar y ampliar la red en PVC.

6.2.8. Medidores de Caudal

Solo se mide el caudal a la entrada del proceso, los macro medidores del agua captada y de la salida se encuentran fuera de servicios desde hace más de siete años. En la Figura 15 se observa que el vertedero cuenta con una regla que permite leer el caudal de acuerdo con su altura de forma

mecánica. Puede observarse que, están en diferentes épocas, la foto de la parte izquierda corresponde (a) al agua captada en época de invierno y la de la parte derecha corresponde (b) a época de verano, se puede evidenciar claramente la diferencia de la turbidez para las distintas épocas del año.

Figura 15. *Medidor de caudal en invierno (a) y verano (b)*



Fuente: El autor

6.2.9. Equipos para el análisis de calidad del agua presentes en la planta

Desde que la planta entró en funcionamiento se han tenido pocos equipos para el desarrollo de las pruebas fisicoquímicas de la calidad del agua; actualmente solo se cuenta con un equipo agitador para la prueba de jarras, aunque se encuentra en mal estado permite realizar la medición del coagulante.

De acuerdo con lo mencionado, en la PTAP no dispone de áreas para la práctica de pruebas de laboratorio, por lo tanto no cuenta con los equipos mínimos requeridos para realizar análisis de las diferentes características del agua por lo que no se practican de manera interna, por tal motivo la secretaria de salud actúa como laboratorio externo para validar los ensayos pertinentes y verificar que se esté cumpliendo con los límites permitidos en cada parámetro establecidos en la resolución 2115 de 2007, cierto tiempo determinado las personas encargadas de efectuar las pruebas, se reúnen

en puntos autorizados para preparar el muestreo del agua potabilizada y luego trasladarse a Valledupar donde se ejecutan los distintos análisis.

La secretaria de salud notifica a la empresa por medio de un documento especificando en detalle si los valores arrojados cumplen con los criterios establecidos en la resolución 2115 de 2007 ya mencionada. Los resultados específicos (ver Anexo A) demuestran que en algunas ocasiones el valor del cloro residual se encuentra fuera del rango, asimismo se han detectado presencias de características microbiológicas como lo son coliformes totales y aerobios mesofilos, por lo que lo hacen no apta para su consumo.

6.3. Identificación de opciones de mejora en la Planta de Tratamiento de Agua de El Copey.

6.3.1. Resumen de la evaluación de la planta con sus respectivas falencias.

Con el análisis y seguimiento realizado a cada una de las operaciones de la planta de tratamiento, se encontraron posibles opciones de mejora para la PTAP, las cuales son claves para poder dar alternativas para el posterior mejoramiento de la misma. A continuación, la Tabla 8 nos da un resumen de los problemas encontrados, a través de la inspección de la planta.

Tabla 8. *Falencias encontradas en la PTAP.*

Procesos / Equipos	Problemas detectados
Captación	Fugas en el canal de derivación, debido a la antigüedad
Coagulación	Ausencia de una bomba alterna para el bombeo del coagulante y deterioro de los tanque de almacenamiento del aditivo químico
Desinfección	Deterioro de los cilindros de almacenamiento del cloro.
Filtración	Deterioro del medio filtrante (grava, arena y antracita) y crecimiento de algas verdes en las paredes de los tanques.
Macro medidores	No se cuenta con equipos funcionales para realizar la medición del agua que entra y sale del proceso.

Sedimentación	Presencia de módulos de Asbesto-cemento en los sedimentadores, los cuales aumentan el riesgo a la salud por ser un material cancerígeno.
Laboratorio de control de calidad	No se cuenta con un laboratorio completo para el análisis fisicoquímicas y microbiológicos del agua.

Fuente: El autor

Por otra parte, en la Figura 16 se observa el índice de riesgo para el intervalo del mes Julio del año 2020 al mes de Agosto del año 2021, se evidencia resultados en ese lapso de tiempo bajos, medios e incluso alto. Este índice de riesgo medido indica el agua potabilizada al municipio de El Copey no fue apta para el consumo humano según la resolución 2115 de 2007 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007), por lo tanto, esta podría ser causa del posible aumento de Enfermedad Diarreica Aguada (EDA), para los meses de diciembre 2020 y marzo 2021 alcanzaron la etapa más crítica, presentaron niveles altos en el IRCA.

Figura 16. Resultados IRCA

INFORME DE RESULTADOS DEL IRCA MENSUAL POR MUNICIPIO (Decreto 1575/2007)																	
Año	Código Dpto.	Departamento	Código Mpio.	Municipio	Mes	Muestras analizadas en el municipio	Promedio de parámetros analizados en el municipio	IRCA municipal	Nivel riesgo municipal	Muestras analizadas área urbana	Promedio de parámetros analizados área urbana	IRCA municipal área urbana	Nivel riesgo área urbana	Muestras analizadas área rural	Promedio de parámetros analizados área rural	IRCA municipal área rural	Nivel riesgo área rural
2020	20	CESAR	20238	EL COPEY	ENERO	1	2	0	Sin Riesgo	1	2	0	Sin Riesgo				
2020	20	CESAR	20238	EL COPEY	FEBRERO	2	4	0	Sin Riesgo	2	4	0	Sin Riesgo				
2020	20	CESAR	20238	EL COPEY	MARZO	1	2	0	Sin Riesgo	1	2	0	Sin Riesgo				
2020	20	CESAR	20238	EL COPEY	ABRIL	1	2	0	Sin Riesgo	1	2	0	Sin Riesgo				
2020	20	CESAR	20238	EL COPEY	MAYO	2	14	0	Sin Riesgo	2	14	0	Sin Riesgo				
2020	20	CESAR	20238	EL COPEY	JUNIO	2	24	0	Sin Riesgo	2	24	0	Sin Riesgo				
2020	20	CESAR	20238	EL COPEY	JULIO	2	15	9,2025	Riesgo Bajo	2	15	9,2025	Riesgo Bajo				
2020	20	CESAR	20238	EL COPEY	AGOSTO	2	26	9,2025	Riesgo Bajo	2	26	9,2025	Riesgo Bajo				
2020	20	CESAR	20238	EL COPEY	SEPTIEMBRE	2	24	0,6135	Sin Riesgo	2	24	0,6135	Sin Riesgo				
2020	20	CESAR	20238	EL COPEY	OCTUBRE	2	25	0	Sin Riesgo	2	25	0	Sin Riesgo				
2020	20	CESAR	20238	EL COPEY	NOVIEMBRE	2	24	0	Sin Riesgo	2	24	0	Sin Riesgo				
2020	20	CESAR	20238	EL COPEY	DICIEMBRE	2	21	34,1615	Riesgo Medio	2	21	34,1615	Riesgo Medio				
2021	20	CESAR	20238	EL COPEY	FEBRERO	2	6	0	Sin Riesgo	2	6	0	Sin Riesgo				
2021	20	CESAR	20238	EL COPEY	MARZO	1	2	37,5	Riesgo Alto	1	2	37,5	Riesgo Alto				
2021	20	CESAR	20238	EL COPEY	ABRIL	1	12	18,1818	Riesgo Medio	1	12	18,1818	Riesgo Medio				
2021	20	CESAR	20238	EL COPEY	MAYO	2	14	0	Sin Riesgo	2	14	0	Sin Riesgo				
2021	20	CESAR	20238	EL COPEY	JUNIO	2	22	0	Sin Riesgo	2	22	0	Sin Riesgo				
2021	20	CESAR	20238	EL COPEY	JULIO	1	11	0	Sin Riesgo	1	11	0	Sin Riesgo				
2021	20	CESAR	20238	EL COPEY	AGOSTO	3	31	22,7743	Riesgo Medio	3	31	22,7743	Riesgo Medio				

Fuente: (Instituto Nacional de Salud, 2021)

6.3.2. Planteamiento de alternativas operativas para la PTAP EMCOPEY.

Una vez identificadas las distintas problemáticas de la PTAP EMCOPEY se continuó con el planteamiento de alternativas operativas que permitieran mejorar la calidad de agua suministrada a la población del municipio de El Copey.

Para este apartado se tuvo en cuenta una revisión bibliográfica, a aquellos trabajos que han mencionado un plan de mejoramiento en las operaciones unitarias presentes en las Plantas de Tratamiento de Agua, para el caso específico del municipio de El Copey no registran trabajos de investigación en esta área.

Como es la *Propuesta de mejoramiento de las Operaciones en la Planta de Tratamiento de Agua Residual en el municipio de la Calera (Cundinamarca)*, El proyecto propone una metodología que se completa en tres fases que consistían en iniciar con evaluación de la condición actual de la planta, sus condiciones de servicio, los costos de operación y las características del caudal de entrada y del vertimiento, seguido por un análisis de los datos recogidos, con esto se determinó los puntos a mejorar de la PTAR y por último se establecieron los procesos a realizar en la planta, las variaciones en las operaciones actuales y ejecutar nuevas construcciones de ser necesario. Todo fue realizado con la intención de acatar a lo establecido en las leyes pertinentes, verificando que la PTAR cumple con todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Poveda Ivan, 2016)

6.3.3. Captación

Una alternativa que surge en esta etapa es la de construir un nuevo canal de derivación, pero teniendo en cuenta su alto costo y grado de complejidad en diseñar se descartó, por lo que se sugirió por parte de la empresa reparar las grietas encontradas en esta estructura que es muy fundamental a la hora de alimentar la planta de tratamiento.

6.3.4. Dosificación / Coagulación

En esta sección del proceso se evidenció un deterioro alto de los isotanques donde es almacenado el coagulante, por lo tanto, se propone realizar un reemplazo a un tanque de un volumen de 4000 L que cumpla la función de conservar el aditivo que previamente es añadido al agua que será tratada

por medio de bombeo, aclarando que, el tanque de 4000 L se encuentra en las instalaciones de la empresa y no es usado.

Asimismo, surge la necesidad de adquirir una bomba dosificadora que sirva de back up (reserva) para la adición del coagulante al agua, por si la que está en funcionamiento requiere de un mantenimiento o sufre algún daño, tal cual lo establece el artículo 94 de la documentación técnica normativa de Agua Potable y Saneamiento Básico (Ministerio del Desarrollo Económico, 2000)

6.3.5. Sedimentadores

Se sugiere reemplazar los módulos de asbesto- cemento; para ello se toma la opción de instalar un compuesto que cumpla con todas las funciones requeridas y que no sea perjudicial a la salud como lo es un material de Poli estireno, que ha sido utilizado en muchas plantas de tratamiento a manera de sustitución al asbesto, un ejemplo es la Planta tratamiento de Caldas ubicada en Caquetá, donde se reemplazaron las placas de asbesto-cemento, las cuales tenían más de 30 años de estar en operación en las tres estructuras de sedimentación debido al tiempo de funcionamiento y desgaste de las mismas, además de los problemas que podrían tener los módulos de este material, optaron por un reemplazo que garantiza una mejor calidad en la producción de agua potable y no afecta la vida del consumidor (La Nación, 2017). Esta alternativa necesita ser analizada en el corto plazo. Además, se debe incluir los módulos de poli estireno al tanque sedimentador que carece de ellos, con el fin de mantener la disponibilidad total de los seis sedimentadores.

Los módulos de poli estireno tipo colmena cuentan con una mejor eficiencia a la hora de asentar las partículas producidas en la mezcla lenta, además tienen una durabilidad de 30 años, lo que garantiza por un periodo considerable, de igual manera es fundamental tener en cuenta los daños a la salud que causa el asbesto – cemento, es fundamental recalcar el tiempo de uso de sus módulos por ello su estado obsoleto, lo que conlleva a presentar un deterioro significativo lo que disminuye su capacidad de asentar los flóculos, por lo que se opta por un cambio seguro, eficaz y de calidad que entre sus ventajas se encuentran:

- Mejorar la calidad de agua sedimentada.
- Logar una concentración mayor de lechos de fangos.
- Altamente resistente a impacto

- Fácilmente de lavar, entre otras.

Las láminas consultadas cuentan con las siguientes características:

- Altura de las láminas: 1.04 m – 104cm
- Largo: 1.5m
- Inclinação: 60° es importante este grado de inclinación a la hora del asentamiento de los flóculos
- Figura de hexágono de 6cm x 6cm
- Color: negro.

6.3.6. Filtración

De acuerdo con las inspecciones realizadas al proceso de filtración y las entrevistas al personal de la planta, se propone realizar el cambio de las capas de los filtros que operan actualmente en cada uno de los tanques, pues llevan años operando y presenta deficiencias en sus funciones.

La filtración es de las ultimas operación en el proceso de potabilización, por ende, sus tanques requieren una limpieza y actualmente presentan crecimientos de algas, esto es causado principalmente por la radiación solar, se sugiere limpiar por parte de los operarios de la planta con un desinfectante muy utilizado, como lo es el hipoclorito de sodio (NaClO). Una vez lavadas las paredes se recomienda instalar una poli sombra a cada filtro que evite el paso de la luz solar, con la finalidad de impedir el crecimiento de estas algas verdes filamentosas, mientras se tramita la compra e instalación de la poli sombra se debe efectuar la limpieza de cada unidad una vez por semana.

De igual manera se es requerido por la empresa proteger la integridad de los trabajadores para asear las paredes de los filtros por lo que es necesario utilizar elementos de protección personal. (Mascarillas, guantes, botas, casco).

6.3.7. Desinfección

Para el caso del problema encontrado en los contenedores del cloro que presentan un deterioro significativo en su parte externa debido a la corrosión, se propone realizar una evaluación de la resistencia al material, partiendo de los resultados de la prueba surgen dos distintas alternativas:

- Alternativa 1: Si el material de los contenedores cumple con las condiciones mínimas requeridas para almacenar el cloro, se sugiere realizarles un mantenimiento, con el fin de mejorar el aspecto de cada uno, lo que requiere aplicar pintura anticorrosiva que permita brindarles una protección a los equipos del ambiente, es necesario que sea aplicada por alguien calificado.
- Alternativa 2: Si el material no cumple con las condiciones mínimas para ser utilizado como contenedor, se debe solicitar el cambio de este.

6.3.8. Macromedidores de Caudal

Surge la necesidad de adquirir medidores de caudal, en la entrada como en la salida del proceso, con el fin tener datos precisos del agua que se está entrando y saliendo de la PTAP. Para cumplir con la Resolución 0668 de 2003 (Ministerio de Ambiente & Desarrollo Territorial, 2003).

6.3.9. Laboratorio de calidad de análisis fisicoquímico del agua

Es indispensable que toda planta de tratamiento disponga de un laboratorio de calidad del agua que cuente con los equipos mínimos requeridos establecidos en la resolución 2115 del 2007 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007), es por ello que se sugiere la compra de estos equipos, para la medición de los parámetros básicos que requieren ser determinados diariamente, entre los que están turbidez, pH, cloro residual, color aparente y los que requieren una medida de manera quincenal entre los que están hierro total, alcalinidad y cloruros. Es por ello que propone adquirir los siguientes equipos:

- Turbidímetro hach.
- Analizador de pH y cloro residual DR 300 hach.
- Equipo analizador de color tipo hach.
- Agitador magnético, soporte universal, mechero, buretas, probetas, pipetas, pipeteador, reactivos químicos, vasos de precipitado, termómetro. Todos los reactivos y equipos son necesarios para realizar las titulaciones requeridas.

De igual manera, una vez adquiridos los equipos y reactivos es necesario capacitar al operario para la medición de dichos parámetros.

6.3.10. Categorización de alternativas

Cada alternativa es de vital importancia, todas requieren un nivel de prioridad a la hora de llevar la puesta en marcha del proyecto. A continuación, en la Tabla 9 se observa el plazo de las alternativas encontradas; donde se la dará una calificación alta aquellas que deben ser prioridades y una baja a los que no tienen mucha pero no dejan de ser necesarias para el mejoramiento de la PTAP.

Tabla 9. *Prioridades y costos de alternativas*

Alternativas	Prioridad	Plazo
Reparar fugas y grietas (captación)	Media	Corto
Cambios de tanques en el almacenamiento del coagulante.	Alta	Corto
Adquisición de bombeo (reserva) en la dosificación	Media	Corto
Sedimentadores, sustituir sus placas	Alta	Medio largo
Cambio del medio filtrante y eliminación de algas.	Alta	Corto
Evaluación de la resistencia de los contenedores de cloro	Alta	Corto
Macromedidores de Caudal	Media	Media
Equipos básicos de laboratorio.	Alta	Medio largo

Fuente: El autor

6.3.11. Costos y cotización de alternativas.

Siguiendo las recomendaciones del proyecto de (Raigoso Nelson & Hernandez Maria, 2018), se optó por realizar una cotización de las propuestas para el posterior mejoramiento de la PTAP, para ello se estimó un presupuesto de las alternativas encontradas, se hizo una valoración teniendo en cuenta otros componentes fundamentales como lo son: la mano de obra, transporte y el coste en parcial de cada alternativa.

Además de lo ya mencionado, en el anexo B se observan otros factores que se tiene en cuenta a la hora de ejecutar el total de inversión del costo, como lo son: la alternativa de mejoramiento, el objetivo de ella, los indicadores y los beneficiados. Por otro lado, nos muestra el precio de cada alternativa por separado, el valor sub total de todas, incluyendo los impuestos municipales y departamentales, que se estimaron 11,5%.

Para las cotizaciones de los módulos de sedimentación, la bomba (dosificadora), los macro medidores y contenedores de cloro se realizaron por medios de empresas dedicadas a las ventas de esos productos, para la mano de obra se tuvo en cuenta por contratarla calificada, en el caso de las instalaciones de los módulos de sedimentación se dio un valor superior al 10% del costo real de ellos.

De acuerdo con el anexo B, el costo de la inversión proyectada es de \$ 280.000.000 COP, para abastecer a una Planta de más de 30000 habitantes, una población considerable, de la cual la empresa EMCOPEY está en la responsabilidad de brindar este recurso hídrico en la mejor calidad posible, que no sea causante de enfermedades.

6.4. Caudal para un servicio continuo

6.4.1. Estimación de la población y nivel de complejidad del municipio de El Copey

Se tomó el último censo publicado por el DANE, para tener una base y poder comparar los caudales y definir el nivel de complejidad del sistema, a continuación, en la Tabla 10, se presenta la población del municipio de El Copey al transcurrir cierto periodo de tiempo.

Tabla 10. *Población de El Copey al paso de los años*

Año	Población
2005	24348
2010	25816
2015	27238
2018	29739
2020	30159

Fuente: (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, 2018)

Los datos del DANE son pertinentes para realizar el siguiente proceso, el análisis de consumo de agua potable, aunque primero se debe tener en cuenta el nivel de complejidad, acorde con sus habitantes, para este caso la del municipio de El Copey, Cesar. En la Tabla 11 se indica el nivel de complejidad, los que nos da una asignación de medio-alto (Ministerio del Medio Ambiente, 2000).

Tabla 11. *Dotación neta, según el nivel de complejidad*

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	< 2,500	Baja
Medio	2,501 a 12,500	Baja
Medio alto	12,501 a 60,000	Media
Alto	> 60,000	Alta

Fuente: (Ministerio del Medio Ambiente, 2000)

6.4.2. Evaluación de dotaciones para la Planta EMCOPEY

Para las dotaciones hay que tener en cuenta el nivel de complejidad asignado anteriormente, posterior a esto se sigue determinando la dotación neta, que puntualmente el RAS (Ministerio del Medio Ambiente, 2000) la define como: “corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un suscriptor o de un habitante” y a su vez el puntaje dependerá de la zona geográfica de la población, es decir, aquellos municipios o ciudades que se en cuenten a

una altura inferior de 1000 m.s.n.m se considera un clima cálido, por lo que se necesita un poco más para suplir las necesidades, el caso del municipio de El Copey es cálido, debido a que su altura es de aproximadamente 180 m.s.n.m.

A continuación, en la Tabla 12 se pueden observar las puntuaciones de dotación neta (dneta), la información proviene del RAS y el puntaje corresponde a 135 en las unidades de Litros/Habitantes-Día (L/hab- día).

Tabla 12. Dotación neta, según el nivel de complejidad y clima

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta (L/hab x día) climas templados y frío	Dotación neta (L/hab x día) Clima cálido
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: (Ministerio del Medio Ambiente, 2000)

6.4.3. Dotación bruta y porcentaje de perdidas

La dotación bruta se puede considerar como la relación que existe entre la dotación neta (dneta) con el porcentaje de perdidas admisible, que para este caso es %P = 25; por consiguiente, tenemos la Ecuación 1, establecida en el RAS 2000.

$$dbruta = \frac{dneta}{1 - \%p} \quad (1)$$

$$dbruta = \frac{135 \frac{L}{hab \cdot día}}{1 - 0,25} = 180 \frac{L}{hab} * día$$

6.4.4. Caudal medio diario (Qmd)

El caudal medio diario, Qmd, corresponde al promedio de los consumos diarios de caudal en un período de un año en este caso del 2020 (30159), proyectado al horizonte de diseño, el cual debe calcularse utilizando la ecuación 2, expresada a continuación.

$$Qmd = \frac{p \cdot dbruta}{86400} \quad (2)$$

$$Q_{md} = \frac{30159 \text{ hab} * 180 \left(\frac{L}{\text{hab} * \text{día}} \right)}{86400s} \approx 63 \frac{L}{s}$$

6.4.5. Caudal máximo diario (QMD)

El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario k_1 , como se indica en la ecuación 3:

$$QMD = Q_{md} * K_1 \quad (3)$$

El coeficiente de consumo máximo diario, k_1 , se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los datos registrados en un período mínimo de un año, para este caso será de $k_1 = 1,3$

$$QMD = 63 \left(\frac{L}{s} \right) * 1,3 = 81,9 \text{ L/s}$$

6.4.6. Caudal máximo horario (QMH).

El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Es primordial este cálculo debido a que los días de consumo no son uniformes, es decir, son mayores en algún horario debido a las actividades realizadas por la población. Se calcula como el QMD multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario k_2 , expresada a continuación en la ecuación 4.

$$QMH = QMD * K_2 \quad (4)$$

El coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario, k_2 , puede calcularse, para el caso de ampliaciones o extensiones de sistemas de acueducto, como la relación entre el caudal máximo horario, QMH, y el caudal máximo diario. Para este caso se le dio un valor de 1,4; por lo que tenemos (Ministerio de Vivienda; Ciudad y Territorio, 2017):

$$QMH = \left(81,9 \frac{L}{s} \right) * 1,4 = 114 \text{ L/s}$$

6.4.7. Caudal de diseño.

Según lo establecido en el Reglamento Técnico del Sector de Agua potable y Saneamiento Básico (RAS), nos establece en el artículo 103, que: “el caudal de diseño de la PTAP debe ser el caudal máximo diario cuando se cuente con tanque de almacenamiento o en su defecto el caudal máximo horario”. (Ministerio de Vivienda; Ciudad y Territorio, 2017).

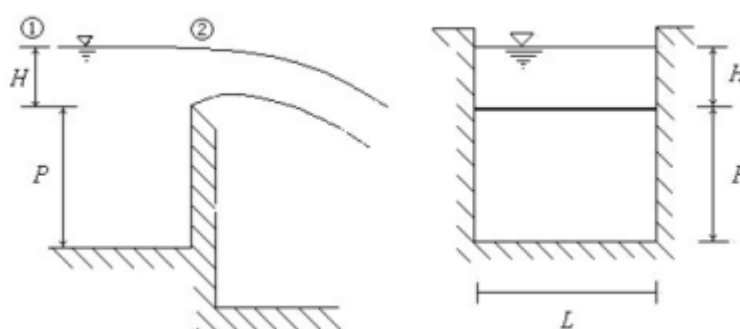
La PTAP “EMCOPEY E.S.P” dispone de un tanque de almacenamiento de 1100 m^3 para abastecer el caudal máximo diario (82 L/s).

6.4.8. Calculo hidráulico (Q) del vertedero rectangular Creager.

De acuerdo con los caudales obtenidos anteriormente, se calculó el caudal para el vertedero rectangular que opera en la PTAP; para ello se tuvo en cuenta el caudal teórico de diseño de la planta que, según el Sistema único de información es de 130 L/s.

Un vertedero es un dique que intercepta una corriente de un líquido con superficie libre, causando una elevación del fluido aguas arriba de la misma. Los vertederos se emplean para mantener un nivel de aguas que no exceda un valor límite, o bien para medir el caudal circulante por un canal (Gutierrez Yuniur, 2016). A continuación, la Figura 17 nos muestra el diseño de un vertedero rectangular sin contracciones.

Figura 17. *Vertedero sin contracciones*



Fuente: (Candelaria Joaquin, 2018)

El vertedero que es usado en la planta no tiene contracciones y las dimensiones son ancho (w) 0,8m; una altura (B) de 0,85m y una carga superficial (h) de 0,18 m; la ecuación 4 se utiliza para calcular el caudal del vertedero es la siguiente.

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} * \mu * B * h^{\frac{3}{2}} \quad (4)$$

Dónde:

Q: caudal

μ : Coeficiente de gasto

B: Altura

h: Carga superficial

g: Gravedad (9,81m/s²).

Todas las variables son conocidas, con excepción del coeficiente de gasto, este coeficiente puede ser calculado a partir de las ecuaciones de la Tabla 13, las cuales son tomadas del libro general de hidráulica (Soleto Gilberto, 1994)

Tabla 13. Ecuaciones para el coeficiente de gasto

Autor	Ecuación	Límites de aplicación <m>
Hegly (1921)	$\mu = \left[0,6075 - 0,045 * \left(\frac{B-b}{B} \right) + \frac{0,0041}{H} \right]$ $* \left[1 + 0,55 \left(\frac{b}{B} \right)^2 * \left(\frac{H}{H+W} \right)^2 \right]$	0,1<h<0,6 0,5<B<2,00 0,2<w<1,13
Sociedad de Ingenieros y Arquitectos Suizos (1924)	$\mu = \left[0,578 + 0,037 * \left(\frac{b}{B} \right)^2 + \frac{3,615 - 3 \left(\frac{b}{B} \right)^2}{1000h + 1,6} \right]$ $* \left[1 + 0,5 \left(\frac{b}{B} \right)^4 * \left(\frac{h}{h+w} \right)^3 \right]$	0,025<h<0,80 b< 0,3B w>0,30 $\frac{h}{w} < 1$
Rehbock	$\mu = \left[0,6035 - 0,0813 * \left(\frac{h - 0,0011}{w} \right) + \right]$ $* \left[1 + \left(\frac{0,0011}{h} \right) \right]^{3/2}$	0,01<h<0,80 B>0,30 w>0,06 $\frac{h}{w} < 1$

Fuente: (Soleto Gilberto, 1994).

La primera ecuación Hygle (1921) es la aplicada, debido a que los parámetros están dentro de los rangos permitidos (B, w, h) y al no haber contracciones B=b. El valor de coeficiente estará en el rango $0,55 < \mu < 0,65$.

$$\mu = \left[0,6075 - 0,045 * \left(\frac{B - b}{B} \right) + \frac{0,0041}{H} \right] * \left[1 + 0,55 \left(\frac{b}{B} \right)^2 * \left(\frac{H}{H + W} \right)^2 \right]$$

Siguiendo a calcular el valor de μ , Tenemos:

$$\mu = \left[0,6075 - 0,045 * \left(\frac{0,85 - 0,85}{0,85} \right) + \frac{0,0041}{0,18} \right] * \left[1 + 0,55 \left(\frac{0,85}{0,85} \right)^2 * \left(\frac{0,18}{0,18 + 0,8} \right)^2 \right]$$

$$\mu = 0,645$$

Una vez hallado el coeficiente de descarga, se prosigue a determinar el caudal del vertedero rectangular que opera en la PTAP.

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2(9,81)} * 0,645 * 0,85 * 0,18^{\frac{3}{2}} = 0,1259 \text{ m}^3/\text{s} \approx 126 \text{ L/s.}$$

6.5. Manual de buenas prácticas sanitarias.

Una de las propuestas necesarias con miras a prestar un mejor servicio de la distribución del agua potable, fue elaborar un manual de operación y mantenimiento, que sirva de herramienta de trabajo, donde se establezcan las responsabilidades que se deben cumplir para garantizar una buena gestión en la empresa EMCOPEY E.S.P. En este manual se describe las condiciones de la planta y se define cada una de las etapas presentes, sus objetivos, su operación y mantenimiento de todas las estructuras de la PTAP; el documento tuvo un alcance descriptivo que aplica desde la captación del hasta el tanque de almacenamiento, adicionalmente se incluyó como recomendación que los trabajadores portaran Equipos de Protección Personal (EPP) a la hora de ejecutar cualquier actividad

Asimismo, este objetivo tuvo la finalidad de cumplir uno de los principios básicos y de prácticas operativas generales de higiene para el suministro y distribución del agua, estipulado en la resolución 082 del 2009, en el apartado de manejo de la información y comunicaciones (Ministerio de la Protección Social, 2009). Es por esto que se debe contar con un manual que describa los

procedimientos para la operación y mantenimiento de los distintos procesos de PTAP y debe estar al alcance de los operadores para su permanente consulta, de igual forma disponer de planillas de control diario para un mejor seguimiento de la bitácora de la planta.

En el Anexo C, se puede observar el sistema de registro y archivo de la información, mediante una planilla de control diario, en la cual están detallados todos los parámetros de medición diaria, independiente si se dispone o no de los equipos requeridos para sus ensayos, la entrega y uso de esta bitácora, mejorará el manejo de información y comunicaciones, debido a que anteriormente no se contaban con registros claros de los químicos gastados en un día, el operador que recibía el nuevo turno, desconocía en qué condiciones se le entregaba la planta.

Mientras que en el anexo E se evidencia el manual para la planta EMCOPEY E.S.P, el cual describe las operaciones presentes de la PTAP, además de las funciones del operario, con la finalidad de un adecuado proceso; para la realización del documento se tuvo en cuenta una revisión bibliográfica (tesis, resoluciones, normativas, manuales). En el documento se incluyó la prueba de jarras y se especificó detalladamente, como es el procedimiento de laboratorio, a pesar que la planta no cuenta con los equipos requeridos, se menciona la importancia de este ensayo a la hora de la regulación del consumo del coagulante.

6.6. Capacitación – Buenas Prácticas Sanitarias persona prestadora. (BPS p.p)

Es primordial que cada operario que preste un servicio de suministro de agua potable para consumo humano conozca, acate y haga uso de las leyes y decretos existente, como lo es la resolución 082 de 2009; es por esto que se realizan capacitaciones sobre la normativa mencionada.

Para la capacitación fue necesario contar con la presencia de todos los operadores, con el fin de dar a conocer lo estipulado en la normativa, que comprende desde su puntaje en la BPS p.p, los aspectos generales que se deben cumplir para obtener buenos resultados, de igual manera estar preparados para cualquier visita de autoridad sanitaria. En el Anexo D se presentan las diapositivas e imágenes usadas el día que se realizó la capacitación.

7. CONCLUSIONES

Con la evaluación de las condiciones actuales de la PTAP - EMCOPEY E.S.P, se identificaron las operaciones que requerían mejoramiento, siendo la más representativa el reemplazo de los módulos en las unidades de sedimentación.

A partir de las inspecciones realizadas se identificaron las siguientes etapas críticas del proceso: deterioro de los contenedores de almacenamiento del cloro (Cl_2), los módulos de asbesto-cemento de los sedimentadores, grietas y fugas en el canal de derivación, degaste del medio filtrante y crecimiento de algas verdes en las paredes de los tanques de los filtros, las cuales requieren un planteamiento de alternativas de mejoramiento.

Teniendo en cuenta factores de tipo ambientales y económicos del municipio de El Copey, se sugieren alternativas de tipo operativas que van desde la reparación del canal de derivación, el reemplazo de módulos en los sedimentadores, la sustitución del medio filtrante, la evaluación de resistencia al material de los contenedores de cloro, hasta la adquisición de macro medidores en la entrada y salida del proceso.

A partir del seguimiento realizado a la planta se evidencia que en épocas de verano registra un caudal de 60 L/s y en tiempos de lluvia sobre pasa los 100 L/s, sin embargo, según lo establecido en el Sistema Único de Información (SUI) presenta una continuidad promedio de 12,7 horas/día, estando así una calificación el rango índice de continuidad poco satisfactorio.

Con la realización del manual, mejoró el sistema de información y comunicaciones definidos en la resolución 082 del 2009. Además, de facilitar una herramienta de apoyo para los operadores que permitió a la planta realizar un seguimiento más eficaz a la información.

Con la capacitación realizada a los operadores se les dio a conocer los principios básicos de las buenas practicas sanitarias, estipulada en la resolución 082 de 2009, lo que permitió dar detalle de sus responsabilidades como persona prestadora de servicio de agua potable.

Se evaluó y se recomendó alternativas para el posterior mejoramiento de la PTAP del municipio de El Copey con base a criterios económicos y de salud. Además, se capacitó al personal de operadores con la elaboración del manual.

De acuerdo con el análisis económico realizado, se estimó un presupuesto aproximado de \$ 280.000.000, el cual se recomienda ser ejecutado con base a la categorización de cada alternativa propuesta, ordenada de la siguiente manera: sustitución de los módulos de los sedimentadores, evaluación de la resistencia al material de los contenedores del cloro, lineamientos con las normas adquiriendo los macromedidores y una bomba de dosificación de reserva.

8. RECOMENDACIONES.

Es necesario que en la empresa se creen estrategias con las autoridades sanitarias pertinentes, como las de dar capacitaciones con los expertos en temas de acueductos, con la finalidad de dar a conocer a los operadores todas las resoluciones y decretos existentes en cuanto al tratamiento de agua.

Es necesario realizar un proyecto para contar con laboratorio interno en la PTAP; debido hay parámetros que deben tener una medición diaria, de acuerdo con la población del municipio, a su vez capacitar a los operarios para manejar los equipos mínimos requeridos.

Se recomienda que la empresa realice un estudio técnico-económico de las propuestas planteada, donde se analice más a detalle el valor de los costos.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Arboleda Jorge. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua (3a. ed.,)*. Santafé de Bogotá: INTERAMERICANA, MCGRAW-HILL.

Belloti Camila & Irigo Belen. (2018). *Producción de policloruro de aluminio a partir de aluminio secundario*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.
<https://ria.utn.edu.ar/xmlui/handle/20.500.12272/3367>

Benavides Holger. (2019). *Qué son los recursos hídricos y cuáles son los principales del Ecuador*.
<https://dialoguemos.ec/2019/05/que-son-los-recursos-hidricos-y-cuales-son-los-principales-del-ecuador/>

Caceres Laura & Martin Maria. (2019). *Propuesta de mejoramiento a la planta de tratamiento de agua potable en el municipio de Nocaima, Cundinamarca* *Propuesta de mejoramiento a la planta de tratamiento de agua potable en el municipio de Nocaima, Cundinamarca*. Bogotá, Colombia: Universidad El Bosque.
https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2139/Cáceres_Guana_Laura_Juliana_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Candelaria Joaquin. (2018). *Caracterización hidráulica del flujo de aproximación al vertedero de la presa Los Alazanes*. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
<https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/6254/PPS18-03.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carrillo Alberto. (2021). *El copey, Cesar. 50 años de vida municipal*. Editorial Bolivar Impresores SAS.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, O. (2002). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua*.
[http://www.ingenieroambiental.com/4020/operacion-y-mantenimiento-de-plantas-de-tratamiento-de-agua-\(cepis\)-\(2\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4020/operacion-y-mantenimiento-de-plantas-de-tratamiento-de-agua-(cepis)-(2).pdf)

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2018). *DANE*.

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>

Empresa De Servicios Publicos Emcopey esp. (2020). *Organigrama*.
<http://www.emcopeyesp.gov.co/entidad/organigrama>

Fonseca Angie. (2018). *Propuesta para el mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Escuela de Logística del Ejército Nacional*. (Tesis de pregrado). Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14018/FonsecaCallejasAngieKatherine2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Galezso Maria & Rodriguez Manuel. (2021). *The challenges of monitoring and controlling drinking-water quality in dispersed rural areas: a case study based on two settlements in the Colombian Caribbean*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-021-09138->

Geankoplis. (1998). *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. 3ra Edició; S. A. D. C. V. COMPAÑÍA EDITORIAL CONTINENTAL, Ed.
<https://fenomenosdetransporte.files.wordpress.com/2008/05/geankopolis.pdf>

Gutierrez Yuniur. (2016). *Modelación numérica computacional del diseño de un vertedor de pared delgada de sección compuesta*. (Tesis de pregrado). Santa Clara, Cuba: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
https://node2.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/000/461/461406.pdf.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=aa5vJ7sqx6H8Hq4u%2F20220610%2F%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20220610T231025Z&X-Amz-SignedHeaders=ho

Instituto Nacional de Salud. (2021). *Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano-SIVICAP*. <https://www.ins.gov.co/sivicap/paginas/sivicap.aspx>

Instituto Nacional del Cáncer de EE. UU. (2017). *Instituto Nacional del Cáncer de EE. UU*.
<https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/asbesto/hoja-informativa-asbesto#iquestqueacute-riesgos-para-la-salud-representa-la-exposicioacuten>

La Nación. (2017). *Obras de reposición de los sedimentadores en la Planta Caldas*.
<https://www.lanacion.com.co/terminaron-obras-de-la-planta-caldas/>

Lenntech. (2021). *Waterborne diseases*.
<https://www.lenntech.com/library/diseases/diseases/waterborne-diseases.htm>

Loayza Naiza. (2019). *Diseño, construcción y evaluación de un prototipo de tratamiento de agua para su potabilización a nivel planta piloto*. (Tesis de pregrado). Huamanga, Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Londoño Gaitan, O. P. (2013). *Caracterización de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del sistema para producir agua desionizada tipo ii, en una industria cosmética*. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/10961/CARACTERI...pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Méndez Juan & Solsona Felipe. (2002). *Desinfección del Agua*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente. website:
[https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SOLSONA y MENDEZ 2002. Desinfección del agua.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SOLSONA_y_MENDEZ_2002.Desinfección_del_agua.pdf)

Mendoza Rodrigo. (2019). *Eficiencia del sistema de cloración por goteo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano del caserío Cauchamayo - Celendín*. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional De Cajamarca.
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3564/tesis>

Ministerio de Ambiente, V. y, & Desarrollo Territorial. (2003). Resolución 0668: “*Por la cual se modifican los artículos 86, 123, 126 y 210 de la Resolución número 1096 del 17 de noviembre de 2000 que adopta el reglamento técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS*”. [https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/0668 - 2003.pdf](https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/0668-2003.pdf)

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (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”.

Ministerio de la Protección Social. (2007). Decreto 1575: *“Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano”.*

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=30007

Ministerio de la Protección Social. (2009). Resolución número 082 de 2009: *“Por medio de la cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano”.*

[https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin SIVICAP/2009 Resolución 082 Buenas prácticas sanitarias.pdf](https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2009%20Resoluci3n%20082%20Buenas%20pr3cticas%20sanitarias.pdf)

Ministerio de Vivienda; Ciudad y Territorio. (2017a). Resolución 0330 de 2017: *“Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS- y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”.* [http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330 - 2017.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330-2017.pdf)

Ministerio de Vivienda; Ciudad y Territorio. (2017b). Resolución 0330 de 2017. *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 182.* <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0330-2017.pdf>

Ministerio del Desarrollo Económico. (2000). Resolución 1096 del 2000: *“Por la cual se adopta el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico”.* https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710_ras_titulo_a_.pdf

Ministerio del Medio Ambiente. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.* <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/ras-002.pdf>

Ojeda Lizabeth. (2016). *Determinación de la eficiencia de las características cuagulante y floculantes del tropaeolum tuberosum, en el tratamiento del agua cruda de la planta de Puengasi de EPMPS. Quito, Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana Sede Quito.* <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3866/1/UPS-QT03424.pdf>

- Organización Mundial de la Salud. (2019). *Agua*. website: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Poveda Ivan. (2016). *Propuesta de mejoramiento de las operaciones en la planta de tratamiento de agua residual en el municipio de la Calera, Cundinamarca*. (Tesis de pregrado). Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia. <http://hdl.handle.net/10983/13947>
- Raigoso Nelson & Hernandez Maria. (2018). *Diseño Del Plan De Mejoramiento De La Planta De Potabilización Del Acueducto Comunitario De La Vereda Agualinda Chiguaza*. (Tesis de pregrado). Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/14066>
- Romero Mary. (2021). *Propuesta de mejora de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Ayaviri, Melgar, Puno – 2018*. (Tesis de pregrado). Huancayo, Perú: Universidad Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9766/4/IV_FIN_107_TE_Romero_Giraldez_2021.pdf
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2010). *Agua Potable, Diversidad Biológica y Desarrollo*. <https://www.cbd.int/development/doc/cbd-good-practice-guide-water-booklet-web-es.pdf>
- Sistema Único de Información. (2015). *Evaluación Integral de Prestadores Empresa de Servicios Públicos De El Copey*. <http://webdav.superservicios.gov.co:8080/content/download/9617/79463/version/1/file/%282015%29+Evaluación+integral+de+prestadores+Empresa+de+Servicios+Públicos+de+Copey.pdf>
- Soletto Gilberto. (1994). *Hidraulica General*. Mexico D.F: Editorial Limusa, S.A. de C.V.
- SYNERTECH S.A.S. (2020). *Plantas de Tratamiento de Agua Potable*. <https://www.nyfdecolombia.com/plantas/tratamiento-de-agua-potable#:~:text=El tratamiento de aguas y,características no deseables del agua.>

Anexo D. Capacitación sobre buenas prácticas sanitarias



Formando líderes para la construcción
de un nuevo país en paz

ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



CHARLA: BUENAS PRACTICAS SANITARIAS A LA EMPRESA EMCOPEY E.S.P.

CARLOS ENRIQUE ANAYA GAMARRA – 1065139008
DRA. ANA MARÍA ROSSO CERÓN

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua potable se ringue en hacer cumplir unos protocolos mínimos de buenas practicas sanitarias por parte de la empresa que este presentado el servicio como lo son los aspectos generales de la planta de tratamiento de agua para consumo humano asignados en las normativas vigentes.

Por tal motivo, las presentes diapositivas tiene como objetivo dar unas charlas a los operadores sobre las buenas practicas sanitarias; las cuales básicamente están estipuladas en la resolución 082 del 2009 y en el Protocolo Autocontrol persona prestadora del servicio público de acueducto y los procesos de supervisión por parte de la Autoridad Sanitaria.

RESULTADOS DE LAS BUENAS PRACTICAS SANITARIAS - BPS

El valor del BPS oscilará entre cero (0) y cien (100) puntos. Es cero (0) cuando cumple con las condiciones aceptables para cada uno de los criterios de tratamiento, distribución y continuidad del servicio y cien (100) puntos para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos.

PUNTAJE	NIVEL DE RIESGO
71 - 100	MUY ALTO
41 - 70	ALTO
25 - 40	MEDIO
11 - 24	BAJO
0 - 10	SIN RIESGO

AUTOCONTROL

Es el conjunto de actividades relacionadas con los procesos y los procedimientos que son realizados al interior del sistema de suministro de agua para consumo humano. (ministerio de salud y protección social, 2016)

Objetivo: cumplir con los valores asignados a las características, físicas, químicas y microbiológicas, asignadas en:

La resolución 2115 del 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

Resolución 4716: Por medio del cual se reglamenta el parágrafo del artículo 15 del Decreto 1575 de 2007

ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

¿Qué son las buenas practicas sanitarias?

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, de conformidad con el Decreto 1575 de 2007. (ministerio de la protección social, 2009)



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

BUENAS PRACTICAS SANITARIAS

DOCUMENTOS DE APOYOS.

Resolución 2314 de 1986 – La cual nos habla sobre el uso de productos químicos destinados al tratamiento de agua potable.

Títulos B “sistemas de acueductos”, C “Sistemas de potabilización”

El Tópico técnico-operativo de acueducto del Sistema Único de Información – SUI

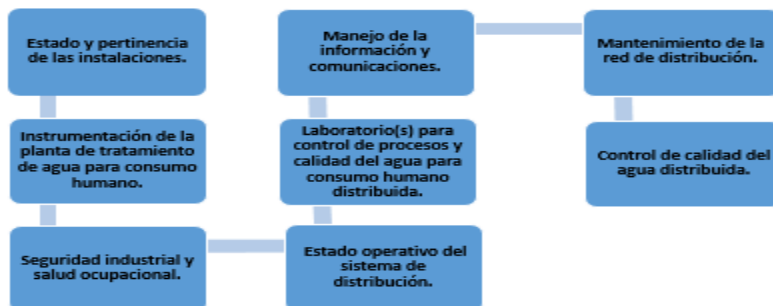
Planos o croquis que incluyan todas las zonas abastecidas por el sistema de suministro de agua para consumo humano que se inspeccione.

ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

Aspectos generales de la planta de tratamiento de agua para consumo humano



Según lo estipulado en la resolución 082 de 2009, existen siete aspectos generales:



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Siguiendo avanzando!



Aspectos generales de la planta de tratamiento de agua para consumo humano



Estado y pertinencia de las instalaciones: Corresponde al estado físico y manejo administrativo de la planta de tratamiento de agua para consumo humano, en cuanto a vías de acceso, aseo y estado de presentación de las instalaciones físicas, procedimientos de higiene, asepsia y protección.

- Vía(s) de acceso está(n) en buen estado.
- Alrededores de las instalaciones están libres de obstáculos.
- Planta tiene cerramiento.
- Aseo interior eficiente
- Instalaciones de almacenamiento adecuadas.
- Zonas para el descanso y consumo de alimentos.
- Servicios sanitarios en cantidad suficiente.
- Estado físico de las edificaciones.

ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Siguiendo avanzando!



Aspectos generales de la planta de tratamiento de agua para consumo humano



Seguridad industrial y salud ocupacional: Por tratarse de un centro de producción, con riesgos identificados en los diferentes procesos, la planta de tratamiento de agua para consumo humano, debe tener unos protocolos claros y precisos que señalen la actuación de los trabajadores para prevenir la ocurrencia de eventos no deseados y la resistencia y atención frente a éstos.

- Manual o protocolo de higiene y seguridad industrial.
- Programa de salud ocupacional.
- Señalización y demarcación de las áreas de trabajo.
- Operarios visten uniformes dotados para el trabajo.
- Elementos de protección y seguridad.
- Elementos de control local de emergencias.

ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Siguiendo avanzando!



Aspectos generales de la planta de tratamiento de agua para consumo humano



Manejo de la información y comunicaciones: El registro y reporte continuo de los resultados de los diferentes procesos, ya sean manuales o automáticos y de cuya información se valen los operadores para la vigilancia, el control y toma de decisiones, son parte de las Buenas Prácticas Sanitarias:

- Sistema de registro y archivo de la información.
- Reportes de autocontrol están disponibles para supervisión a cargo de la autoridad sanitaria
- Manuales de operación y mantenimiento.
- Manual de funciones.
- Supervisión y asesoría.
- Sistema de comunicación.

ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Aspectos generales de la planta de tratamiento de agua para consumo humano



Instrumentación de la planta de tratamiento de agua para consumo humano: Se refiere a la existencia de aparatos o equipos de medida del caudal de agua cruda que ingresa a la planta, los caudales que se gastan en los procesos de lavado de filtros y sedimentadores, otros consumos internos y finalmente el(los) aparato(s) de medida del caudal del agua tratada a la salida de la planta.

- Medición de caudal de ingreso.
- Medición de caudal de salida.
- Medición o estimación de caudales para el lavado de filtros sedimentadores o de drenajes de sedimentadores y otros consumos.
- Medición de niveles en los tanques.
- Control para determinar el momento del lavado de filtros.

ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Aspectos generales de la planta de tratamiento de agua para consumo humano



Laboratorio(s) para control de procesos y calidad del agua para consumo humano distribuida:

- Brinda(n) las condiciones de localización, espacio y distribución que deben cumplirse en estas instalaciones.
- Equipos de seguridad propios de estas instalaciones.
- Realizan todos los ensayos físico, químicos y microbiológicos de control en la red de distribución.
- Efectúan periódicamente la caracterización del agua cruda y su tratabilidad.
- Hacen periódicamente el control de los procesos que llevan a cabo.
- Llevan reportes de control al día
- Sistema de gestión para el aseguramiento de la calidad de los resultados físicos, químicos y microbiológicos.

ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Aspectos generales del sistema de distribución



Estado operativo del sistema de distribución: Corresponde al estado físico, herramientas y procedimientos para el correcto manejo operativo del sistema de distribución asociado con las Buenas Prácticas Sanitarias – BPS - para conservar la calidad del agua.

- Planos de la red de distribución detallados.
- Red de distribución está sectorizada.
- Zonas donde existe riesgo de contaminación de la red.
- Registro estadístico de las roturas de tubería y sus causas.
- Válvulas, purgas e hidrantes para drenar el agua de las tuberías están operables.
- Equipos y accesorios mínimos para el control de operación de la red.
- Red de distribución está instrumentada.

ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Aspectos generales del sistema de distribución



Mantenimiento de la red de distribución: Son los procedimientos de mantenimiento correctivo y preventivo que la persona prestadora del servicio público de acueducto, tiene implementado para reparar y prevenir daños en los componentes del sistema de distribución de agua para consumo humano.

- Personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema de distribución está certificado en sus competencias laborales.
- Equipos y materiales apropiados para labores de mantenimiento.
- Equipos para detección de fugas no visibles.
- Fugas y daños son atendidos oportunamente, es decir, que no den lugar a perjuicios a la comunidad.
- Procedimientos para reparación de daños de tuberías y accesorios que eviten la contaminación hacia el interior de éstos.

ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Aspectos generales del sistema de distribución



Control de calidad del agua distribuida: Son las medidas sanitarias que periódica y oportunamente se deben llevar a cabo para mantener la calidad del agua distribuida, verificar su cumplimiento de conformidad con lo previsto en el Decreto 1575 de 2007 y la Resolución 2115 del mismo año.

- Tanques y otras estructuras del sistema de distribución se limpian y desinfectan periódicamente.
- Dispositivos para toma de muestras de agua para consumo humano en la red de distribución.
- Quejas sobre mala calidad del agua se atienden oportunamente.
- Toma, preservación y transporte de muestras de agua para consumo humano se hace de acuerdo al Manual de Instrucciones del Instituto Nacional de Salud – INS
- Equipos portátiles para la toma de cloro residual y pH.

ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Anexo E. Manual de operación y mantenimiento de EMCOPEY

**MANUAL DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL
MUNICIPIO DE EL COPEY,
DEPARTAMENTO DEL CESAR**

CONTENIDO

1.INTRODUCCIÓN	85
2.OBJETIVOS.....	86
3. ALCANCE.....	86
4. NORMATIVAS	86
5. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	87
6. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	88
6.1. Captación y Aducción.....	88
6.1.1. Operación - Captación (Bocatoma).....	89
6.1.2. Mantenimiento de la captación	89
6.2. Mezcla rápida / Coagulación	90
6.2.1. Operación de la mezcla rápida / Coagulación	91
6.2.2. Coagulante / policloruro de aluminio (PAC)	92
6.2.3. Manejo y uso del coagulante – Policloruro de aluminio (PAC).	93
6.2.4. Pruebas de Jarras / Dosis óptima de coagulante.....	93
6.2.5. Equipos y Procedimiento para la prueba de jarras.	93
6.2.6. Manteamiento de la mezcla rápida y equipos.	96
6.3. Floculación / Floculadores.....	96
6.3.1. Operación e inspección de los floculadores.	97
6.3.2. Mantenimiento en los floculadores	97
6.4. Sedimentación.....	98
6.4.1. Operación de la estructura de sedimentación.	98
6.4.2. Mantenimiento y lavado de la unidad de sedimentación.	99
6.5. Filtración / Filtros	100
6.5.1. Lavado de filtros.....	100
6.5.2. Tiempo de lavados de Filtros.	102
6.5.3. Operación de los filtros.	102
6.5.4. Mantenimiento de los filtros.	102
6.6. Sistema de Desinfección.....	103

6.6.1. Mantenimiento al sistema de dosificación de cloro	104
6.7. Tanque de almacenamiento	104
6.7.2. Operación del tanque de almacenamiento del agua tratada.	105
6.7.2. Mantenimiento del tanque.	105
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..	106
8. PLANILLA DE CONTROL DIARIO.....	108
9. FICHA DE SEGURIDAD (PAC) OTORGADO POR LA EMPRESA DISTRIBUIDORA – CLOSA LTDA.	109

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Dosis de cloro gaseoso (Cl ₂).....	104
---	-----

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. <i>Bocatoma y canal de derivación EMCOPEY</i>	88
Figura 2. <i>Vertedero, isotanques del PAC, dosificador</i>	91
Figura 3. <i>Aparato de prueba de jarras</i>	95
Figura 4. <i>Floculador de tipo Alabama</i>	97
Figura 5. <i>Tanques de sedimentos EMCOPEY</i>	98
Figura 6. <i>Sistema de cloración</i>	103
Figura 7. <i>Contacto agua-cloro</i>	105

1. INTRODUCCIÓN

La planta de tratamiento municipio de El Copey, está ubicada a 2 km del casco urbano, cuya fuente hídrica es el Río Ariguanicito a unos 24,7 km de la PTAP. El sistema de potabilización está diseñado con una capacidad aproximada de 130 L/s, con una proyección de 25 años para la distribución del recurso a la población.

Con el fin de garantizar un apropiado cumplimiento con las funciones operativas y de mantenimiento de la PTAP EMCOPEY E.S.P. Se tuvo como objetivo facilitar una herramienta de ayuda a los operadores, la cual comprende cada una de las etapas en el tratamiento, donde se presenta la descripción general de la planta, identificando las condiciones de operación y mantenimiento, se describe el proceso de purificación del agua y las pautas de trabajo para las personas encargadas en operar la planta.

El manejo del presente manual por parte de los operarios que ejerzan las labores de mantenimiento y limpieza de las operaciones que se cuentan en la planta, les facilitara sus actividades a realizar, debido a que muestra el camino a llevar acabo la manera correcta de enfocarse en sus tareas básicas de mantener en buen funcionamiento en la PTAP, con el fin garantizar un mejor servicio a los hogares copeyanos. Las sugerencias que se describen son las indicaciones para evitar y corregir daños o anomalías que se pueden dar en el proceso de potabilización en las diferentes etapas.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

- Realizar un manual de buenas prácticas sanitarias para la planta de agua potable EMCOPEY E.S.P

Objetivo Especifico

- Realizar un manual de operación y manteniendo a la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) EMCOPEY, con el fin de facilitar una herramienta de trabajo a los operadores a la hora de tener alguna duda en el funcionamiento.

3. ALCANCE

El presente manual tiene como alcance describir el funcionamiento y mantenimiento de las operaciones unitarias presentes en la planta EMCOPEY, que va comprendida desde su captación hasta llegar a su almacenamiento.

4. NORMATIVAS

La calidad del agua potable está representada por el cumplimiento de los límites de tipo fisicoquímico y microbiológico que son constituidas por las leyes y decretos, estos parámetros pueden variar dependiendo el país; en Colombia específicamente los principales lineamientos que deciden la naturaleza del agua son:

- Decreto 1575 de 2007: el cual tiene como objetivo principal establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua. (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)
- Resolución 2115 de 2007: Donde se determinan los factores primordiales para el consumo humano sin generar repercusiones a la salud. (Ministerio de la Protección Social, 2007)
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.
- Resolución 082 de 2009: Por medio de la cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano.

5. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Es necesario contar con equipos y herramientas de trabajo para realizar las funciones y el mantenimiento de la planta. A continuación, se nombran algunos:

- Equipos mínimos requeridos para el análisis de los parámetros físico-químicos que requieran un ensayo diario según la resolución 2115 del 2007, entre lo que tenemos: aparato de pruebas de jarras (vasos de precipitados, jeringas), turbidímetro, analizador de pH y cloro residual, balanza analítica.
- Reactivos Químicos.
- Elementos de Protección Personal (EPP): es de suma importancia establecer mínimas medidas de bienestar y seguridad cada operario cuando estén llevando a cabo sus funciones en la planta de tratamiento, para ello se les brinda su dotación de seguridad, como: botas, gafas de seguridad, overol, guantes, lámpara de seguridad, etc.
- Escoba, traperero, rastrillo, cepillo.
- Caja de herramientas.
- Baldes, Manguera.

6. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

6.1. Captación y Aducción

La captación se actúa a través un diseño en la superficie (bocatoma) mediante el cual se hace uso y aprovechamiento el agua de la fuente que convenga (para este caso superficial proveniente del Rio Ariguanicito), se por aducción de gravedad o por medio de bombas; para satisfacer el suministro del recurso a la comunidad (Perez Luis, 2020).

La empresa EMCOPEY E.S.P. cuenta con una bocatoma con rejilla lateral de concreto rígido, esta estructura hidráulica tiene el objetivo de atraer el agua necesaria del rio Ariguanicito para abastecer la planta de tratamiento para ser tratada y luego distribuirla a los hogares, a continuación, en la Figura 1 se muestra la bocatoma de la PTAP. Para llegar a la planta el agua pasa por un canal de derivación en concreto reforzado, que recorre por tuberías subterráneas a través de aducción por gravedad.

Figura 1. Bocatoma y canal de derivación EMCOPEY



Fuente: El autor

6.1.1. Operación - Captación (Bocatoma)

Esta estructura es la encargada de proporcionar el recurso hídrico necesario y continuo al acueducto municipal, para que el suministro sea permanente se debe regir un adecuado funcionamiento operativo y su respectivo mantenimiento. A continuación, se detalla de una manera breve las actividades a seguir por parte del operario de turno.

- Limpiar y quitar de la rejilla aquellos elementos (hierbas, troncos, piedras voluminosas, residuos sólidos) que dificulten el paso del agua hacia la estructura.
- Abrir la válvula de entrada que conduce hacia el canal de derivación
- Registrar en la planilla de control diario cada hora el caudal de entrada, tal como lo indica la Resolución 0668 del 2003 (Ministerio de Ambiente & Desarrollo Territorial, 2003).
- Programar una vez por semana inspecciones al canal de derivación y en caso de encontrar fugas o grietas, se debe planear la reparación y ejecución durante el tiempo en el que se hace la limpieza de la planta.
- En casos cuestiones mayores, debe suspenderse el servicio de agua y avisar con tiempo a la población en un caso forzoso, ya sea por distintas afectaciones que se pueden presentar en el proceso de la captación, entre lo que tenemos: fugas, reparaciones, labores de mantenimiento, cambios drásticos en la turbidez del agua cruda.
- Comunicar a la población el tiempo estimado que se estará sin servicio, para prevenir desconciertos e inconformidades por parte de los usuarios.
- Registrar en el libro de la bitácora si se presenta una anomalía, y demorar el menos tiempo posible en repararlas.

6.1.2. Mantenimiento de la captación

- Se recomienda realizar la limpieza de las rejillas tres veces al día o cada vez que haya un cambio de turno de operador con el de retirar elementos o residuos como hojas hierbas, troncos, piedras voluminosas.
- Programar una vez al mes la limpieza a las paredes y piso de la bocatoma, para evitar la formación de algas (verdín), musgos y otros sedimentos, que puedan afectar el paso

normal del agua, debido a los cambios repentinos en la naturaleza del río, como el caudal, la turbiedad o el color.

- Programar una vez por semana inspecciones al canal de derivación y en caso de encontrar fugas o grietas, se debe planear la reparación y ejecución durante el tiempo en el que se hace la limpieza de la planta.
- De manera trimestral realizar el mantenimiento preventivo de las válvulas que permiten y bloquean el paso del agua.
- En temporada de lluvias, cuando el nivel de sedimentos alcance 30 centímetros se debe proceder a desarenar por un período entre 30 a 60 minutos.
- Verificar el buen estado de las tuberías que conducen el agua hacia la planta; que estén libres de fugas o rupturas, si es así suspender el servicio y reparar lo más pronto posible.

6.2. Mezcla rápida / Coagulación

La empresa de servicios públicos EMCOPEY cuenta en la planta de tratamiento con dos isotanques de almacenamiento donde es depositado el coagulante (PAC) cada uno cuenta con un volumen de 1000 L, una bomba dosificadora, un vertedero rectangular tipo creager de 80 cm de ancho y 85 cm de altura, con el cual se permite leer e identificar el caudal de operación de forma mecánica.

Estas estructuras sirven para que se efectué el proceso de mezcla rápida, su principal propósito es dispersar en forma uniforme e instantánea los productos químicos en el agua que se va a tratar (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002). Esta operación es la primera en efectuarse para el tratamiento y su finalidad es eliminar aquellos sólidos suspendidos en el agua (y lograr que haya una notable mejora en la claridad y reducción en la turbidez), esto suelen ser removidos en los siguientes procesos. La mezcla rápida comienza una vez se adiciona la dosis óptima del coagulante al vertedero, tomada

previamente en el test de jarras. A continuación, la Figura 2, se observa el vertedero, los isotanques y la bomba dosificadora que operan actualmente en la PTAP.

Figura 2. Vertedero, isotanques del PAC, dosificador



Fuente: El autor

6.2.1. Operación de la mezcla rápida / Coagulación

Este proceso se considera de suma importancia, debido a que la eficiencia de la mezcla rápida o de la dosis óptima de coagulante dependen los rendimientos de los siguientes procesos en la purificación del agua (Sedimentación, Filtración, Desinfección). Es necesario tener en cuentas las condiciones de operación del proceso. A continuación, se describe de una manera breve las actividades a seguir por parte del operario de turno.

- Dar pasó al agua mediante la válvula de entrada al vertedero rectangular y registrar su caudal.
- Poner en funcionamiento la bomba dosificadora.
- Regular la bomba dosificadora con las pulsaciones de acuerdo con el caudal y la dosis de aditivo químico determinado en la prueba de jarras.
- Verificar que la dosificación del coagulante esté fluyendo a través del tubo perforado hasta llegar al vertedero
- Inspeccionar que la dosis del coagulante ese este aplicando constantemente.

Es de suma importancia mantener un control diario a este proceso por parte del operario, por lo tanto, es necesario tomar las siguientes recomendaciones:

- Usar la planilla de control diario y registrar cada hora los siguientes parámetros:
 - Caudal
 - Turbiedad
 - Dosis de coagulante aplicada en mg/L (ppm).
 - Registrar la cantidad de coagulante, poli cloruro de aluminio (PAC) gastado a diario.
 - Registrar de igual manera el lavado de los tanques de filtros.
- Verificar el nivel del coagulante en los tanques de almacenamiento.
- Verificar el correcto funcionamiento de la bomba de dosificación cada 3 horas.

6.2.2. Coagulante / policloruro de aluminio (PAC)

El Policloruro de aluminio (PAC) es un polímero inorgánico empleado como coagulante primario en sistemas de potabilización de aguas superficiales o profundas y tratamiento de aguas residuales industriales, sin producir ningún tipo de modificación o interferencia. (Belloti Camila & Irigo Belen, 2018). Se trata de una sal de alta basicidad con base anión cloruro, corresponde a un producto, cuya fórmula química es: $[Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}]$.

Es un reactivo que, por lo general se presenta en fase líquida, lo que permite un uso práctico a la hora de ser utilizado en las plantas de tratamiento. Desestabiliza las partículas del agua (microorganismos, partículas coloidales) permitiendo así que se aglomeren los coagulo que son denominados flóculos, que posteriormente son eliminados en las siguientes etapas del proceso como sedimentación, filtración y cloración. Este compuesto trae muchos beneficios, que van desde su costo relativamente bajo, hasta lo productivo y aplicaciones, entre las que tenemos:

- Tiempos cortos de reacción y decantación.
- Fácil uso, manejo, almacenamiento y dosificación.
- Contribuyen de una forma acelerada la producción de flóculos.
- Puede tratar el agua cruda sin importar una variación considerable sus propiedades fisicoquímicas.
- No forma subproductos o productos no deseados.
- Se puede usar diluido y concentrado. (Belloti Camila & Irigo Belen, 2018)

6.2.3. Manejo y uso del coagulante – Policloruro de aluminio (PAC).

- Antes de manipular este aditivo químico, el operador debe tener sus elementos de protección personal (EPP)
- Verificar si los tanques de almacenamientos se encuentran en buen estado (libres de fugas, grietas), de lo contrario reportar al ingeniero de planta.
- Verificar y registrar el nivel de los tanques de almacenamiento del coagulante.

6.2.4. Pruebas de Jarras / Dosis óptima de coagulante

La coagulación tiene como finalidad convertir las impurezas (que se encuentran disueltas, en estado coloidal) en moléculas que se puedan remover con la sedimentación y la filtración (Belloti Camila & Irigo Belen, 2018). El principal objetivo de este ensayo es poder determinar la dosis de coagulante que produce la más rápida desestabilización de las partículas coloidales en la planta y hace flóculos pesado y compacto que quede fácilmente retenido en los sedimentadores y no se rompa al pasar por el filtro, la medida ideal es aquella que da el mayor rendimiento en el conjunto de los procesos de clarificación (Arboleda Jorge, 2000). Si se añadiera una cantidad menor a la dosis óptima se haría difícil la formación de flóculos, puesto a que a una partícula atrapada se le acompleja encontrar a otra partícula atrapada.

Esta dosis optima se mide en la unidad de mg/L (ppm), es decir, la cantidad de soluto en peso (mg) en este caso el Policloruro de aluminio por cada litro (L) de agua cruda que recién ingresa a la planta.

6.2.5. Equipos y Procedimiento para la prueba de jarras.

La prueba de jarras se conoce como un ensayo que se realiza en el laboratorio, el cual predice las condiciones en las que se trabajará en el proceso de la potabilización. A continuación, se detallan los equipos, reactivos y el procedimiento para llevar a cabo este ensayo.

- **Aparato de jarras:** Está constituido por seis agitadores, donde se ubican los vasos de precipitados y su velocidad puede ser variada (Arboleda Jorge, 2000).
- **Seis jeringas desechables de 10 mL preferiblemente.**
- **Seis vasos de precipitado de 1000 ò 500 mL.**

- **Una probeta de 1000 mL.**
- **Medidor de pH y cloro (DR 300 hach).**
- **Turbidímetro:** La medición del parámetro de la turbiedad se considera el más importante en este proceso, puesto a que, dependiendo del porcentaje de remoción más alto y que cumpla con el límites estipulados en la resolución 2115 del 2007, se tomará la dosis óptima requerida del aditivo químico al agua cruda que entrará a la planta de tratamiento EMCOPEY E.S.P. Esta medición puede ser realizada por con un turbidímetro de disseminación como el Hach o Fisher.
- **Reactivos:** Se debe tener el principal aditivo químico el Poli cloruro de Aluminio (PAC), para ser añadido este se prepara mediante una solución patrón, generalmente para practicar este ensayo de jarras se realiza de la siguiente manera:
 - Se diluyen 100 gramos del coagulante y completar hasta llegar a un volumen de 1000 mL de agua, esta solución patrón puede conservarse por varios días e incluso por dos o tres meses (solución de 10%)
 - Para el test de Jarras se toman 10 mL de la solución patrón, hasta completar un volumen de 100 mL con agua, con esto se obtiene una solución de 1%.
 - Después de preparar dichas soluciones para el ensayo hay que tener en cuenta las siguientes proporciones: una solución de 1% nos da a decir que esta muestra contiene por cada litro de solución 10 gramos del coagulante, por lo que es correcto afirmar que:
Cada mL de solución al 1% equivale a 10 mg/L (ppm), cuando se practica el ensayo de jarras a un volumen de 1000 mL.

A continuación, la Figura 3 ilustra un equipo denominado aparato de jarras, actualmente es utilizado en la PTAP, consta de seis perillas de ajuste cada una con su paleta de agitación donde su velocidad es variable desde las 10 a 120 rpm, seis vasos de precipitados los cuales contienen las muestras de agua cruda tomada de la cámara de llegada, además de un sistema de iluminación lo que permite tener mayor facilidad a la hora de inspeccionar los flóculos formados con las diferentes dosis del coagulante (PAC)

Figura 3. *Aparato de prueba de jarras.*



Fuente: El autor

Después de tener en cuenta las recomendaciones anteriores se prosigue a dar paso al procedimiento del ensayo:

- Recolectar suficiente agua cruda de la cámara de llegada con un balde.
- Mezclar bien el agua y medir en una probeta 1000 mL seis muestras y añadirlos a los vasos de precipitación y ubicarlos cuidadosamente en el aparato de jarras.
- Determinar y registrar en la planilla de control diario los parámetros requeridos: turbidez y pH.
- Defina que dosis de coagulante será añadido a cada una de las muestras, con el fin de establecer cuál es la dosificación de cada jarra, teniendo en cuenta que deben ser progresivas a medida que se vayan depositando a cada vaso de precipitado.
- Dependiendo de la turbidez se establecerá los intervalos de cada dosis, por lo general se sugiere que sean de 0,5 mL o 5 ppm de solución al 1%. No olvidar rotular cada vaso con sus respectivas dosis y registrarlo en la planilla de control diario.
- Una vez añadidas las diferentes dosis del coagulante, se inicia una mezcla rápida; se programa el aparato de jarras a una velocidad de 110 rpm durante un minuto aproximadamente.
- Una vez pasado el tiempo de la mezcla rápida, se inicia la mezcla lenta, que consiste en bajar la velocidad del aparato de 30 a 50 rpm y se deja flocular el agua durante un tiempo de 15 a 25 minutos.
- Cuando pase el tiempo de la mezcla lenta (floculación) se deja sedimentar el agua y se podrán observar los flóculos formados en cada vaso durante el ensayo.

- Tomar pequeñas muestras de cada vaso de precipitado y volver a medir y registrar los parámetros tomados anteriormente: turbidez y pH.
- Para cada una de las muestras analizadas se le calcula el porcentaje de remoción, mediante la siguiente ecuación:

$$\%R = \frac{Turbidez(inicial) - Turbidez(final)}{Turbidez(inicial)} \times 100$$

- Elegir la dosis optima de coagulante teniendo en cuenta aquellas muestras que cumplan con los parámetros fisicoquímicos establecidos en la resolución 2115 del 2007.

6.2.6. Mantenimiento de la mezcla rápida y equipos.

- Cada mes se debe hacer una inspección a los equipos en la planta, y a su vez una calibración, para garantizar su buen funcionamiento.
- Verificar que la bomba este ajustada a tal punto que, se esté añadiendo la cantidad correcta de coagulante.
- Una vez al mes se le debe hacer limpieza a la cámara de llegada y al vertedero, para esto se hace uso de cepillo y mangueras.

6.3. Floculación / Floculadores.

Se conoce como floculación a la técnica de agregación de partículas en dos pasos en el que un gran número de partículas pequeñas se aglomeran formando así partículas de mayor tamaño, que comúnmente se le denomina flóculos.

El acueducto del municipio de El Copey cuenta con tres unidades de floculación de tipo Alabama, cada uno divididos en tres unidades con doce módulos, en este proceso el agua que ingresa de la estructura de la cámara de llegada es direccionada a cada tren de floculadores verticales con codos y orificios (cada tren posee 12 cámaras con ventana inferior y superior intercaladamente) en donde se realiza el proceso de aglutamiento de partículas coloidales y materiales finos inducido por la adición del coagulante, posteriormente esta agua desciende hidráulicamente por cada uno de los floculadores que compone cada tren. La Figura 4 se observa el sistema de floculación manejado en la PTAP

Figura 4. Floculador de tipo Alabama



Fuente: El autor

6.3.1. Operación e inspección de los floculadores.

Por ser una estructura hidráulica estos floculadores requieren de una serie de labores para entrar en funcionamiento, entre las que tenemos.

- Se debe en primera instancia, corroborar que la mezcla rápida este siendo dosificada correctamente, a su vez cumpla con su función principal y que no haya ningún obstáculo del paso del agua por hacia los floculadores.
- Corroborar de igual manera, que las válvulas tengan un buen funcionamiento.
- Durante el proceso de floculación, las válvulas del desagüe del floculador encargadas de purgar los lodos deben permanecer cerradas.
- Chequear que haya formación de flóculos, para esto se toma muestras de agua a la salida de esta unidad y se comparan con los resultados de la prueba de jarras, de ser necesario se debe ajustar la dosificación del coagulante.

6.3.2. Mantenimiento en los floculadores

De manera diaria se deben fijar estas actividades:

- Se debe emplear inspección visual a cada cámara de cada tren de cada unidad de los floculadores, para asegurar que no existan objetos sobrenadantes.
- Revisar el estado físico y funcionamiento satisfactorio de la unidad.
- Registrar e informar al ingeniero de planta cuando se presenten afectaciones al proceso de operación del floculador.

De manera mensual y trimestral:

- Drenar los tanques y efectuar una limpieza general de la estructura.
- Revisar el engrase de las válvulas presentes en los fluculadores, así garantizar un buen funcionamiento.
- Limpieza general al canal de distribución del floculador.

6.4. Sedimentación.

En el proceso de sedimentación se separan los sólidos cuya densidad tiende a ser mayor a la del agua y que tiene una velocidad lo suficientemente rápida a tal modo que, lleguen a la parte inferior del tanque en un tiempo razonable (Arboleda Jorge, 2000).

Cada módulo de sedimentación cuenta con unas 80 placas planas de asbesto cemento de 2.4x1.2x1 cm de espesor, su función principal es remover (asentar) los flóculos de gran tamaño que han sido producidos en estructura de la floculación. Las remociones de los flóculos quedan atrapadas en las placas de cada sedimento, estas láminas tienen una inclinación para permitir que fluyan cada uno de estos.

Figura 5. Tanques de sedimentos EMCOPEY



Fuente: El autor

6.4.1. Operación de la estructura de sedimentación.

- Debe darse una distribución igualatoria del agua en cada uno de los sedimentadores mediante la manipulación de la válvula de entrada. Tener en cuenta que uno de los

sedimentadores se encuentra sin placas, lo cual aumenta la velocidad del agua en la zona de la sedimentación.

- Verificar y registrar en la planilla de control la altura de los lodos en cada sedimentador, una vez al día.
- Tomar, evaluar y registrar en la planilla de control la turbidez del agua a la salida de los sedimentadores, tres veces al día.
- Durante la operación de esta estructura se debe verificar que las válvulas se encuentren totalmente abiertas para permitir el ingreso del agua a la unidad de la filtración, respectivamente.
- Cuando se requiera limpieza o lavado en general, se debe informar para suspender la operación de la PTAP.
- Registrar e informar al ingeniero de planta cuando se presenten afectaciones al proceso de operación del sedimentador.

6.4.2. Mantenimiento y lavado de la unidad de sedimentación.

- Observación cada 4 horas y realizar limpiezas en el momento que requiera las unidades.
- De igual manera que la etapa de los floculadores, se debe inspeccionar los tanques de cada módulo con el fin de retirar aquellos objetos sobrenadantes (hojas, insectos, ramas) y aquellos objetos atrapados entre las placas de sedimentación.
- Registrar la frecuencia con las que se está realizando las purgas de manera manual, con el fin de que no se genere acumulación de lodos.
- Se sugieren purgas de 30 segundos en cada uno de los sedimentadores por cada turno en épocas de invierno y varano cada 24 horas.

Para efectuar la limpieza y lavado de cada tanque sedimentador debe hacerse cuando el nivel de lodos alcance un nivel de 1m de sedimentos, en épocas de lluvia debe hacerse cada 15 días y en varano debe realizarse por lo menos cada 25 días, aunque este tiempo puede ser variar, siempre y cuando se considere necesario y haya mucha acumulación de lodos.

A continuación, la forma correcta para su lavado y limpieza:

- Registrar en la planilla de control diario cada vez que se efectúe un lavado de sedimentos.

- En primera instancia, el operador de turno debe llevar su equipo de protección personal, en este caso: overol, casco, gafas, botas.
- El lavado inicia cerrando la válvula de la PTAP EMCOPEY, deteniendo su funcionamiento.
- Seguidamente, se da paso a la válvula de desagüe permitiendo el descenso y desocupe del tanque sedimentador.
- Una vez que los tanques queden desocupados empezar el lavado, con agua a presión (manguera).
- Una vez terminado el proceso de lavado, cerrar cuidadosamente las válvulas del desagüe e iniciar la operación de la PTAP. Para entrar en funcionamiento de esta unidad de sedimentación después de su lavado, deben completarse con agua hasta el nivel óptimo de operación y dejar por una hora. (Aguas del Norte Antioqueño S.A. ESP, s/f).

6.5. Filtración / Filtros

La filtración es una de las técnicas más comunes de aislar los sólidos en suspensión en un fluido, donde las partículas sólidas son separadas mediante un medio de poros, dando el paso al fluido y bloqueando las partículas que no fueron filtradas en el proceso de la sedimentación, los sistemas filtrantes tratan el agua pasándola a través de medios granulares (por ejemplo, arena, gravilla) que eliminan los contaminantes.

Actualmente en la planta EMCOPEY se cuenta con tres (3) filtros rápidos y retro lavado, los cuales constan de un falso fondo de 15 cm de espesor, 25 cm de grava, 25 cm de arena y 50 cm de antracita, reciben el agua proveniente de los sedimentadores por la parte inferior, los filtros funcionan de forma ascendente, una vez el agua es filtrada por los mantos es direccionada a la caseta de cloración, hoy en día no se evalúa la carga de salida para realizar el proceso, el agua del desagüe del filtro es vertida sobre la quebrada del municipio de El Copey.

6.5.1. Lavado de filtros

El proceso de retro lavado es aplicado hoy en día para realizar la limpieza en la planta de tratamiento, en la operación de filtración.

Para el lavado de estos filtros convencionales, se aplica el método aplicado por el *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente*, en el documento: *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua*. A continuación, la forma de lavar los filtros.

Para lavar los filtros se invierte la corriente (el agua se introduce de abajo hacia arriba). A este proceso se le denomina retro lavado. En el lavado, la arena que constituye el lecho filtrante se debe expandir en el agua. Cuando la pérdida de carga del filtro alcanza 1,80 a 2,50 m (usualmente 2 m), se debe lavar de la siguiente manera:

- Registrar en la planilla de control diario cuando haya lavado de filtros.
- Uso de Equipo de Protección Personal (EPP) cuando se efectuó el lavado.
- Cerrar el ingreso de agua (compuertas) proveniente de los sedimentadores.
- Cerrar la salida del agua filtrada.
- Abrir el desagüe.
- Abrir la válvula de lavado (al principio, lentamente). Cuando el agua comience a caer en la canaleta de agua de lavado, iniciar el conteo de tiempo (tiempo de lavado).
- Cerrar el ingreso de agua de lavado cuando el filtro esté limpio (lo cual se sabe por la clarificación y la ausencia de flóculos en el agua que rebalsa por la canaleta). Cuando el agua deja de correr en la canaleta, verificar el tiempo transcurrido entre el inicio y este instante (tiempo de lavado de cuatro a siete minutos, según la época del año: estiaje o creciente).
- Cerrar el desagüe.
- Abrir el ingreso del agua sedimentada.
- Cuando el filtro este lleno, abrir el drenaje de fondo por un lapso de 2 a 3 minutos.
- Llenar el filtro primero por el fondo; dejar una capa de agua de 0,10 m sobre la arena.
- Abrir la salida de agua filtrada. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002)

*Nota: Por ninguna razón se deben lavar todos los módulos de filtros al mismo tiempo, estos deben hacerse con una diferencia estimada de 8 horas.

6.5.2. Tiempo de lavados de Filtros.

De igual manera al ítem anterior, se tiene en cuenta lo estipulado en el documento de *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua* acerca del tiempo de lavado de los filtros, nos establece que:

- El tiempo de lavado de un filtro depende de varios factores y puede variar de cuatro a siete minutos.
- El tiempo en el que un filtro queda fuera de funcionamiento durante las operaciones de lavado oscila entre 8 y 15 minutos. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002).

6.5.3. Operación de los filtros.

- Abrir lentamente las compuertas provenientes de la sedimentación, para evitar problemas que puedan presentarse como es la agitación del lecho filtrante.
- Es recomendable medir la turbidez después de este proceso, por la menos 3 veces al día.
- Se debe contar con una planilla de control diario, con el fin de registrar la hora de inicio de lavado de cada módulo filtración y la diferencia de lavado de cada uno.
- El retro lavado de los filtros debe hacerse con una frecuencia mínima de 24 horas, el operador saliente de turno debe informar al que entra a qué hora fue el último lavado mediante las planillas de control diario.
- El operador debe retirar aquellos objetos sobrenadantes que pueden estar en los módulos, de igual forma la espuma producida en esta etapa.

6.5.4. Mantenimiento de los filtros.

- Inspeccionar de manera diaria cada filtro y sus válvulas, incluyendo el desagüe.
- Verificar y registrar la altura del medio filtrante una vez por semana.
- De manera quincenal, revisar la estructura con el fin de descartar fugas, grietas, deterioro, alteración o desmejora en el sistema, en caso de encontrar alguna, avisar al ingeniero de planta.
- Semestralmente cambiar los materiales de la filtración (grava, arena, antracita), para un mejor proceso.

6.5. Sistema de Desinfección

Con el fin de garantizar la eliminación de microorganismos y bacterias en el agua potable, inclusive durante su transporte por las tuberías, es usado como bactericida el cloro gaseoso debido a que es eficaz y poco costoso, este es el último proceso aplicado en las plantas potabilizadoras, por lo que es muy fundamental. Para la implementación de la fase de desinfección se requiere el uso de una cámara de contacto que provea el tiempo suficiente para que el agente desinfectante reaccione y elimine las impurezas que alteren la calidad del agua servida. Actualmente, la planta EMCOPEY cuenta con tres contenedores de 1000 kg, donde se almacena el cloro y con una bomba dosificadora, que permite y regula la lectura de la cantidad de desinfectante añadida, se pueden observar en la Figura 6.

Figura 6. Sistema de cloración



Fuente: El autor

Según el RAS 2017, independientemente de los habitantes, se debe emplear la adicción de dosis del desinfectante por el método concentración- tiempo, para la operación de la PTAP. El rango de dosificación se puede observar en la Tabla 1, establecida en el RAS. Entre 3,5 y 0,5 ppm. (Ministerio de Vivienda; Ciudad y Territorio, 2017a).

Tabla 1. Dosis de cloro gaseoso (Cl_2)

Cloro gaseoso (Cl_2)	Dosificación	Consumo para 30 L/s	Consumo para 60 L/s
Consumo máximo	3,5 g/m ³	378 g/h $\approx$ 9kg/ día	741 g/h $\approx$ 17, 4kg/ día
Consumo mínimo	0,5 g/m ³	54 g/h $\approx$ 1,3 kg/ día	108 g/h $\approx$ 2,6 kg/ día

Fuente: (Ministerio de Vivienda; Ciudad y Territorio, 2017a).

6.6.1. Mantenimiento al sistema de dosificación de cloro.

- Manejos de las EPP a la hora de entrar al cuarto de cloración.
- Inspección y registro en la planilla de control el cloro aplicado.
- Revisión mensual de las líneas de conducción.
- Cuándo algún componente presente deterioro, realizar cambios o ajustes pertinentes, con el fin de evitar fugas.
- Las válvulas de cilindros y contenedores deben ser manipuladas únicamente por personal capacitado.
- Semestralmente, realizar una revisión de la bomba dosificadora del cloro, se le debe hacer un mantenimiento al motor y cambiar los rodamientos.
- Tener en cuenta por parte del operador que se debe hacer estas actividades con mucho cuidado, ya que el cloro en este estado puede ocasionar irritaciones serias en nuestros rostros.

6.7. Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento debe estar disponible para suministrar agua en horas de máxima demanda y a la vez debe mantener presiones adecuadas en la red de distribución. La PTAP cuanta con un tanque en concreto reforzado semienterrado, recibe el agua potable y la distribuye a las redes. A continuación, la Figura 7 muestra el contacto entre el agua y el cloro.

Figura 7. *Contacto agua-cloro*



Fuente: El autor

6.7.1. Operación del tanque de almacenamiento del agua tratada.

- Realizar la operación de las válvulas según el régimen del servicio y verificar su buen funcionamiento
- Verificar y registrar la calidad del agua almacenada mediante análisis fisicoquímico, una vez al día.
- No deben existir ni fugas, ni grietas en el tanque, por lo que se debe tener un chequeo diario, y si existe, registrar e informar para su reparación.

6.7.2. Mantenimiento del tanque.

Antes de realizar cualquier actividad relacionada al mantenimiento del tanque, el operario debe ocupar elementos de protección personal, a continuación, el paso a seguir:

- Usar las EPP cuando se trabaje en la zona del almacenamiento.
- Mantener limpia los alrededores de la zona del tanque.
- Diariamente realizar una inspección al tanque y percatarse que todo esté en un buen funcionamiento.
- De manera trimestral se debe desocupar totalmente y efectuar una limpieza general, de la siguiente manera:
 - Bloquear la válvula de entrada al tanque de almacenamiento.

- Dar paso a la válvula del desagüe para facilitar la evacuación del tanque a los objetos sobrenadantes.
- Ejercer presión con agua a las paredes para tener una mayor evacuación de los objetos.
- Una vez realizado esto, bloquear la válvula del desagüe y habilitar la válvula del tanque, permitiendo que se vuelva a llenar.
- El operario de turno debe estar equipado con sus elementos de protección personal.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguas del Norte Antioqueño S.A. ESP. (s/f). *Manual de operación, mantenimiento y control del acueducto urbano municipio de Yarumal-Antioquia*.
<https://www.academia.edu/resource/work/9119554>

Arboleda Jorge. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua (3a. ed.,)*. Santafé de Bogotá: INTERAMERICANA, MCGRAW-HILL.

Belloti Camila & Irigo Belen. (2018). *Producción de policloruro de aluminio a partir de aluminio secundario*. <https://ria.utn.edu.ar/xmlui/handle/20.500.12272/3367>

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, O. (2002). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua*.
[http://www.ingenieroambiental.com/4020/operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua \(cepis\) \(2\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4020/operacion-y-mantenimiento-de-plantas-de-tratamiento-de-agua-(cepis)-(2).pdf)

Ministerio de Ambiente, V. y, & Desarrollo Territorial. (2003). Resolución 0668: “*Por la cual se modifican los artículos 86, 123, 126 y 210 de la Resolución número 1096 del 17 de noviembre de 2000 que adopta el reglamento técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS*”.
[https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/0668 - 2003.pdf](https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/0668-2003.pdf)

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (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://laboratoriodeanalisis.lasalle.edu.co/wcm/connect/LIAC/d951c109-a227-44a3-8a42-1d1f87db2b43/Resolución_2115-2007.pdf?MOD=AJPERES&CVID=IMo0SFe

Ministerio de la Protección Social. (2007). Decreto 1575: *“Por el cual se establece el Sistema*

para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano”.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=30007

Ministerio de Vivienda; Ciudad y Territorio. (2017). Resolución 0330 de 2017: *“Por la cual*

se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS- y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”.

<http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330 - 2017.pdf>

Perez Luis. (2020). *Captación de ríos, lagos y embalses (reservorios).*

<https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/captacion/captación-de-ríos%2C-lagos-y-embalses-%28reservorios%29#:~:text=La captación de aguas superficiales,del recurso a una población.>

8. PLANILLA DE CONTROL DIARIO

		EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE EL COPEY - EMCOPEY E.S.P							
		PLANILLA DE CONTROL DIARIO							
Fecha de emisión: 29/11/2021			Nit:			Fecha:			
Hora	Caudal (L/s)	Dosificación de productos Químicos		Parámetros fisicoquímicos del agua tratada				Lavados de filtros	
		Polidoruro (ppm)	Cloro (lb/día)	Turbidez(NTU)	pH	Cloro residual	Color	Hora de inicio	Hora final
00:00									
01:00									
02:00									
03:00									
04:00									
05:00									
06:00									
07:00									
08:00									
09:00									
10:00									
11:00									
12:00									
13:00									
14:00									
15:00									
16:00									
17:00									
18:00									
19:00									
20:00									
21:00									
22:00									
23:00									
Observaciones:									
Turno	Operador								
6:00 - 13:59									
14:00 - 21:59									
22:00 - 5:59									

9. FICHA DE SEGURIDAD (PAC) OTORGADO POR LA EMPRESA
DISTRIBUIDORA – CLOSA LTDA.

		FICHA TECNICA DEL POLYTRON C – 122		FT-800-028 Edición 04 2021/01/04
DESARROLLO INTEGRAL  CALIDAD PRESERVACION DEL MEDIO AMBIENTE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL		IDENTIFICACION UN: 3264 	IDENTIFICACION NFPA 704 	
IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO, USO Y PARAMETROS				
Nombre del Producto: Polytron C-122 (PAC)		Nombre Químico o Sinónimos: Sales Complejas de Aluminio		
Uso del Producto: Coagulante Catiónico		Estado: Liquido Viscoso		
pH: 2.2 a 2.8		Basicidad: 73 a 83 %		
Concentración de Alúmina: 17,0 a 19,0 %		Densidad: 1,260 a 1,290 g/ml a 25 grados		
USOS	El, <i>POLYTRON C- 122</i> , es utilizado en tratamiento de aguas para consumo humano, tratamiento de aguas industriales, industria de cueros, cerámica, entre otros. Elimina los coloides y sólidos suspendidos mediante una rápida velocidad de sedimentación en el clarificador.			
VENTAJAS	Mayor potencia de coagulación. Mayor velocidad de floculación. Tratamiento en aguas de mediana y baja turbiedad. No aporta aluminio disuelto al agua. Menor consumo de álcalis. No altera el pH del agua a tratar. Igual rendimiento con distintas temperaturas.			
DOSIS	La dosis del <i>POLYTRON C- 122</i> , depende del tipo de agua, del proceso de clarificación existente y la calidad del agua que se quiera obtener. Se recomienda obtener la dosis a usar mediante pruebas de jarras y se optimiza posteriormente en el proceso.			
PREPARACION Y EMPLEO	El producto puede ser aplicado puro o diluido a la concentración más adecuada a un sistema de dosificación. En este caso de dilución, esta se realiza muy fácilmente debido a que el producto es totalmente soluble en agua.			
MANEJO Y SEGURIDAD	Durante la manipulación del producto deben usarse lentes de seguridad para el manejo de productos químicos, guantes y delantal plásticos. En caso de contacto con la piel y ojos lave la parte afectada con abundante agua al menos durante 15 minutos. En caso de ser necesario solicite ayuda médica. No lo ingiera.			