



Prediseño de 2 sistemas de tratamiento de agua potable para la población rural de la Vereda Yayata del municipio de Sylvania Colombia.

Steven David Gómez Salazar

**Programa de Ingeniería Ambiental
Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil
Universidad Antonio Nariño
Bogotá D.C.
2023**

Prediseño de 2 sistemas de tratamiento de agua potable para la población rural de la Vereda Yayata del municipio de Sylvania Colombia.

Steven David Gómez Salazar

Documento presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero Ambiental

Directores:

Ph. D.,Didier Camilo Sierra Florez

**Programa de Ingeniería Ambiental
Facultad de ingeniería Ambiental y Civil
Universidad Antonio Nariño
Bogotá D.C.
2023**

Prediseño de 2 sistemas de tratamiento de agua potable para la población rural de la vereda Yayata del municipio de Sylvania Colombia.

Pre-design of 2 drinking water treatment systems for the rural population of the Yayata village in the municipality of Sylvania, Colombia.

Gomez Salazar, Steven David ¹ Sierra Florez Didier Camilo ²

¹ Universidad Antonio Nariño, Colombia, stgomez87@uan.edu.co

² Universidad Antonio Nariño, Colombia, dsierra23@uan.edu.co

Resumen: El trabajo actual incluye el diseño inicial de dos posibles sistemas de tratamiento de agua potable de tipo compacto en la Vereda Yayatá, ubicada en el municipio de Sylvania, Cundinamarca. Estas alternativas fueron desarrolladas con base en un modelo de cálculo aritmético y responden a las necesidades de consumo de agua de la población. El proyecto comienza con la identificación activa de las diversas problemáticas presentes en los acueductos rurales, lo que sirve como punto de partida. A partir de esto, se llevan a cabo visitas a los diferentes puntos de captación en colaboración con la asociación de acueductos de la vereda, con el propósito de analizar el estado del recurso hídrico. Esto permite definir las operaciones unitarias que se implementarán en cada sistema de tratamiento para eliminar los diversos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en el agua, basándose en los resultados de los análisis en los puntos de captación y con el apoyo de la asociación de acueductos, se determinan las ubicaciones óptimas para los dos sistemas de tratamiento de tipo compacto. Además, se proponen diferentes modelos para cada sistema, lo que implica la generación de planos estructurales, memorias de cálculos y representaciones en 3D. Con base en esto, se procede a compartir y discutir los resultados obtenidos, donde en los análisis realizados se

evidencia que los parámetros microbiológicos del cuerpo hídrico se encuentran en niveles muy elevados, se estima que con la implementación de los sistemas de tratamiento de agua contribuirán al mejoramiento de la calidad del agua en la Vereda Yayatá.

Palabras claves: Sistemas de tratamiento de agua potable de tipo compacto, Acueductos rurales, Asociación rural de acueductos, Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, Análisis del recurso hídrico.

Abstract: The present work contains the preliminary design of two alternatives for compact drinking water treatment systems in Vereda Yayatá, located in the municipality of Silvania, Cundinamarca. These alternatives were developed based on an arithmetic calculation model and address the water consumption needs of the population. The project begins with the active identification of the various issues present in rural aqueducts, serving as a starting point. Subsequently, visits to the different water collection points are carried out in collaboration with the Vereda's aqueduct association, with the purpose of analyzing the state of the water resource. This allows for the definition of the necessary unitary operations for each treatment system, aimed at removing the various physicochemical and microbiological parameters present in the water. Based on the results of the analyses at the collection points and with the support of the aqueduct association, the optimal locations for the two compact treatment systems are determined. Additionally, different models are proposed for each system, involving the generation of structural plans, calculation reports, and 3D representations. Taking these aspects into consideration, a dissemination of the project's results is carried out in the presence of the rural aqueduct association and its various subscribers. In conclusion, it is estimated that the proposed treatment systems will contribute to the improvement of water quality in Vereda Yayatá.

Key words: Compact drinking water treatment systems, Rural aqueducts, Rural aqueduct association, Physicochemical and microbiological parameters, Water resource analysis

Tabla de Contenido

1. Introducción 10

2. Objetivos 11

 2.1 Objetivo General: 11

3. Justificación..... 11

4. Marco Conceptual..... 12

 4.1 Potabilización del Agua 12

 4.2 La Importancia Vital de un Tratamiento de Agua Efectivo..... 13

 4.3 Variedad y Complejidad en los Procesos de Tratamiento de Agua para Consumo Humano..... 13

 4.3.1 Filtración 14

 4.3.2 Cloración..... 14

 4.3.3 Coagulación-Floculación 15

 4.3.4 Desinfección 16

 4.4 Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA)..... 16

 4.5 Planta de tratamiento de agua STAP 18

 4.5.1 Planta de tratamiento de agua convencional..... 19

 4.5.2 Planta de tratamiento Compacta (Escogida para el proyecto) 19

 4.6 Agua como derecho y activo económico 19

 4.7 Agua como sinónimo de desarrollo 20

 4.8 Tensiones en la Calidad y Acceso al Agua en Colombia 21

5. Estado del arte..... 21

6. Planteamiento del problema. 23

 6.1 Pregunta problema 24

7. Metodología. 24

 7.1 Diagrama De Flujo 24

 7.2 Fase 1 25

 7.3 Fase 2 26

 7.4 Fase 3..... 27

8. Resultados..... 27

 8.1 Primera visita 27

 8.2 Segunda visita: 31

 8.3 Análisis..... 32

 8.4 Diseño de las plantas de tratamiento 33

 8.5 Planta de 2 L/s 33

 8.6 Descripción de los procesos de tratamiento 35

 8.7 Resultado Dimensionamiento..... 35

 8.8 Planta de 5 L/s 40

8.8.1 Estructura de aforo y mezcla rápida	40
8.9 Descripción de los procesos de tratamiento.....	40
9. Discusión	42
10. Conclusiones.....	44
12. Recomendaciones.....	45
13. Referencias Bibliográficas.....	45

Lista de Tablas

1. Tabla 1: Puntaje de riesgo por parámetro.....	8
2. Tabla 2: Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse.....	9
3. Tabla 3: Características de cada acueducto.....	21
4. Tabla 4: Resultados acueducto Rural Lace-Silvania Cundinamarca.....	23
5. Tabla 5: Resultados acueducto Rural Yayatá-Silvania Cundinamarca.....	24
6. Tabla 6: Dimensionamiento Mezclador Hidráulico.....	31
7. Tabla 7: Dimensionamiento Floculador.....	32
8. Tabla 8: Dimensionamiento Sedimentador	32
9. Tabla 9: Dimensionamiento sistema de filtración	34
10. Tabla 10: Dimensionamiento sistema de tratamiento 5 L/s.....	37

Lista de Figuras

1. Figura 1:	Diagrama de flujo de metodología.....	24
2. Figura 2:	Ubicación geográfica de la vereda Yayatá.....	25
3. Figura 3:	Reunión de acueductos.....	27
4. Figura 4:	Descripción acueducto Monserrate.....	27
5. Figura 5:	Descripción del acueducto Murillo.....	28
6. Figura 6:	Descripción acueducto Santa Teresa.....	28
7. Figura 7:	Descripción acueducto loma Alta.....	28
8. Figura 8:	Descripción acueducto La C.....	29
9. Figura 9:	Inspección de sistemas existentes	30
10. Figura 10:	Visita a los sistemas existentes.....	30
11. Figura 11:	Georeferenciación planta La Represa.....	33
12. Figura 12:	Ubicación La Represa	33
13. Figura 13:	Diagrama de flujo del tren de tratamiento de planta de 2 L/s.....	35
14. Figura 14:	Georeferenciación planta La Escuela.....	38
15. Figura 15:	Ubicación la Escuela.....	38
16. Figura 16:	Descripción del tren de tratamiento de planta de 5 L/s.....	39
17. Figura 17:	Socialización del proyecto en presencia de los diferentes acueductos.....	40

1. Introducción

El proyecto está orientado tanto en el desarrollo social y comunitario, todo parte de la identificación de una gran problemática como lo es la deficiente calidad del agua que se encuentra en la zona, lo cual lo que nos da margen para aplicar técnicas de ingeniería que busquen la mejora continua del bienestar de las personas que habitan esta zona rural. más específicamente de la vereda Yayatá.

La identificación de esta problemática se encuentra presente en la vereda y en muchas más zonas del país, donde el recurso hídrico se encuentra presente pero no siempre cumple con los parámetros necesarios para poder ser consumida, esto motiva al proyecto a llevar a cabo estudios fundamentales para establecer una planta de tratamiento de agua potable. El desarrollo de este proyecto va encaminado en lograr la potabilización del agua lo que reducirá los problemas de agua no potable que afectan a la población, se consultaron datos verídicos en el lugar del proyecto como muestras de agua en diferentes puntos realizando un primer acercamiento al estado real del agua que se consume en la vereda Yayatá. Para este proyecto se definió la realización de **2** plantas de tratamiento de agua potable (**PTAP**) de tipo compacto donde el resultado final consta de los resultados, análisis y propuesta de las plantas para la posible realización de las mismas.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General:

Generar el pre diseño de 2 plantas de tratamiento de agua potable de tipo compactas para la vereda de Yayatá.

2.2 Objetivos específicos:

1. Analizar la calidad actual que consume la población mediante el análisis fisicoquímico y microbiológico.
2. Generar un prediseño de 2 sistemas de tratamiento de agua potable de la vereda Yayatá del municipio de Silvania Cundinamarca.
3. Socializar la viabilidad de los sistemas de tratamiento de agua potable a la población, contemplando los aspectos económicos, sociales y ambientales.

3. Justificación.

Es de gran importancia cumplir con la calidad de agua debido a las cuestiones de salubridad para la comunidad, en respuesta a esto se busca proponer un nuevo sistema de tratamiento de agua potable, en base a la realización de análisis del estado del agua captada, con el propósito de entender las condiciones en las que se encuentra esta, partiendo de la toma de muestras in situ y realizando el análisis de las mismas en el laboratorio para así lograr identificar los principales puntos críticos que se desarrollan alrededor del afluente y lograr proponer un sistema de potabilización eficiente el cual se adapte tanto a las condiciones geográficas del municipio y que no represente una carga económica superior para el municipio, sumado a esto se parte de las normativas enfocándonos en aspectos sociales, económicos y ambientales.

Además, la propuesta asegura el acceso a agua potable segura, un derecho humano fundamental. Esto reduce la necesidad de desplazamientos largos y la dependencia de fuentes poco confiables, mejorando la calidad de vida y minimizando la exposición a riesgos asociados con la obtención de agua, la reducción de enfermedades transmitidas por el agua es otro aspecto fundamental. El consumo de agua contaminada es una causa principal de enfermedades gastrointestinales en comunidades rurales. Un sistema de tratamiento a la altura disminuirá la incidencia de enfermedades como la diarrea, reduciendo la demanda en los servicios de salud y mejorando el bienestar de la comunidad.

Finalmente, la implementación del sistema contribuirá al cumplimiento de regulaciones y estándares de salud y medio ambiente. Esto es crucial para garantizar la seguridad y la salud de la comunidad, a la vez que evita problemas legales.

4. Marco Conceptual.

El marco conceptual proporciona una base sólida para comprender y analizar un tema y lograr dar un contexto más amplio, en este puntualmente aborda temas como: Sistemas de tratamiento de agua, la importancia del tratamiento del agua y los diferentes tratamientos que tiene esta, se hace mención de diferentes autores los cuales nos ayudan a generar el cimiento teórico sobre el cual se construye la investigación o el análisis, proporcionando definiciones, teorías y conceptos clave que orientan la comprensión y el enfoque de un estudio o proyecto.

4.1 Potabilización del Agua

Según afirma el (Instituto de Europeo de química, física y biología, Mar 22, 2023) define el proceso de purificación del agua como: La sucesión para la eliminación de contaminantes y microorganismos en el agua abarca una amplia gama de amenazas a la salud

humana, desde metales pesados y productos químicos hasta bacterias, virus y diversas sustancias que representan un riesgo significativo. Este proceso es esencial para garantizar que el agua que consumimos sea segura y cumpla con los estándares de calidad necesarios para proteger la salud de la población.

4.2 La Importancia Vital de un Tratamiento de Agua Efectivo

No obstante según un estudio realizado por: Pasmíño García Jeniffer Jeannine en 2021, titulado: “Prevalencia De Enfermedades Transmitidas Por Consumo De Agua Insegura En El Sector De Pianguapi”, expone en su investigación la correspondencia que hay entre el consumo de agua no apta para consumo y la carencia de instalaciones de saneamiento adecuadas se manifiesta claramente en la propagación de una variedad de enfermedades graves. Estas incluyen gastroenteritis, diarrea, disentería, hepatitis A, fiebre tifoidea y la poliomielitis, entre otras. La falta de acceso a agua limpia y la inadecuada gestión de desechos contribuyen significativamente a la transmisión de estas enfermedades, lo que subraya la importancia de perfeccionar las condiciones del agua y el saneamiento en dichas comunidades., dando como resultado que tener un buen tren de tratamiento de agua no solo representa beneficios para la salud sino que también es sinónimo de calidad de vida para las personas.

El acceso limitado a servicios de agua potable segura en sectores rurales, tanto en Colombia como en diversas regiones del mundo, plantea una problemática significativa en términos de salud pública. Según datos del Instituto Nacional de la Salud (INS) en Colombia, las enfermedades hídricas representan una preocupación importante, siendo responsables del 71.6% de las muertes en estos sectores. Este escenario crítico subraya la necesidad urgente de

implementar sistemas efectivos de tratamiento de agua potable para mitigar las enfermedades asociadas con el consumo de agua contaminada.

A pesar de la imperiosa necesidad, muchos municipios, como el caso específico del Municipio de San Cayetano, Cundinamarca, Vereda Pinipay, se enfrentan a desafíos significativos para la implementación de sistemas de tratamiento de agua. La principal barrera radica en la limitación de recursos económicos necesarios para el funcionamiento sostenible de estos sistemas. Esta restricción financiera impide la adopción generalizada de medidas cruciales para garantizar la calidad del agua y la salud de las comunidades rurales. Espinosa Vargas, L. E., & Gómez Alarcón, S. Y. (2023)

4.3 Variedad y Complejidad en los Procesos de Tratamiento de Agua para Consumo Humano

Respecto a los sistemas de purificación existen diferentes tipos de tratamiento de agua los cuales según: Camacho, N. C. C. (2011) “Tratamiento de agua para consumo humano” nos expone que existen una amplia variedad con lo que respecta al tratamiento de agua para consumo humano y relaciona la complejidad de los tratamientos depende directamente de las características con las que encuentre el agua cruda, nos presenta sistemas de tratamientos principales y comunes como lo son: el Cribado el cual es un proceso en el cual se eliminan los sólidos con un tamaño mayor las cuales pueden ser hojas, ramas piedras de gran tamaño las cuales quedan atrapadas en unas rejillas que se encuentran ubicadas en las bocatomas de los diferentes acueductos, sistemas de coagulación y floculación los cuales consisten en el suministro de coagulantes con el fin de lograr contrarrestar las partículas dispersas en el agua con el fin de lograr ser removidas, en base a esto se expone algunos de los diferentes tipos de tratamiento.

Sumado a esto en la investigación realizada por (Blanco, E., Donoso, G. 2016) titulada: Agua potable rural: desafíos para la provisión sustentable del recurso, se examina la efectividad de los Sistemas de Agua Potable Rural (APR) en Chile, resaltando su logro en expandir la cobertura de agua potable en áreas remotas y mejorar los indicadores de salud. Aunque estos sistemas han demostrado ser eficaces, enfrentan desafíos que requieren atención, especialmente en fortalecer los aspectos administrativos y financieros sin comprometer su característica esencial de autogestión. La evaluación incluye un análisis de la nueva legislación que regula los servicios sanitarios rurales en Chile, destacando su enfoque en establecer un marco regulatorio y una planificación a largo plazo, así como mejorar el conocimiento y control de la red existente. A pesar de abordar aspectos relevantes, se subraya la necesidad de atender áreas pendientes, como la seguridad hídrica, la preparación para emergencias climáticas, consideraciones ambientales y mecanismos de control de extracciones, para asegurar la sostenibilidad y eficacia continua de los sistemas de agua potable rural en el país.

4.3.1 Filtración

La filtración se presenta como una técnica ampliamente empleada para la eliminación de partículas diminutas presentes en el agua. Un ejemplo de ello es el paso del agua usando lechos de arena para capturar las partículas en los intersticios entre los granos de arena o en su superficie mediante el proceso de adsorción. Este método desempeña un papel esencial en la regulación de la contaminación biológica y la reducción de la turbiedad del agua, mejorando su calidad y haciendo que sea más segura para el consumo humano. La filtración, como parte integral del tratamiento del agua, contribuye en gran medida a garantizar que el

agua cumpla con los estándares de calidad necesarios para proteger la salud de la población.

(Salamanca, E. 2016).

4.3.2 Cloración

La utilización de cloración en el tratamiento del agua tiene un efecto notable en la mejora de su calidad y seguridad. Además de su función fundamental en la esterilización, la cloración contribuye a la eliminación de diversos contaminantes, como hierro, manganeso, sulfuros y amoníaco, además de reducir los sabores desagradables presentes previos al proceso de cloración. No obstante, su relevancia no se limita únicamente a estos aspectos, ya que la cloración también desempeña un papel esencial en el control del desarrollo de algas y microorganismos en el agua a través de la esterilización y la oxidación. Estas acciones conjuntas garantizan que el agua tratada sea más segura para el consumo humano y cumpla con los requisitos de calidad necesarios para resguardar la salud de la población. (Romero, M. 2008).

4.3.3 Coagulación-Floculación

En el agua se encuentran impurezas, tales como: partículas que permanecen en suspensión y materia coloidal que abarca elementos como la arcilla, la sílice, hierro y otros sólidos orgánicos, se aborda principalmente mediante el proceso de sedimentación basada en la fuerza gravitatoria (Gómez Puentes, 2005). Sin embargo, algunas partículas son tan minúsculas que su eliminación eficaz por este método resulta complicada, lo que genera la necesidad de aplicar procesos de clarificación con el propósito de reducir la concentración de materiales suspendidos en el líquido. En este contexto, la coagulación y la floculación asumen un rol esencial al incrementar el tamaño de las partículas y acelerar su proceso de sedimentación. Estas técnicas contribuyen en gran medida a mejorar la calidad del agua,

asegurando que esté exenta de partículas indeseadas y cumpla con los estándares necesarios para garantizar su seguridad en el consumo. (Romero, M. 2008).

4.3.4 Desinfección

La fase final en el proceso de tratamiento de agua potable es la esterilización, la cual puede constituir la única etapa en instalaciones de tratamiento de agua de menor complejidad. Esta etapa vital asegura la eliminación de microorganismos nocivos y la disminución de la carga microbiana en el agua, lo cual resulta fundamental para garantizar la seguridad del suministro de agua potable. Se utilizan tres métodos principales para llevar a cabo la esterilización: técnicas físicas, procedimientos químicos y radiación. Cada uno de estos métodos presenta sus propias ventajas y consideraciones, y la elección del método adecuado depende de diversos factores, como la calidad del agua de origen y la infraestructura disponible en la planta de tratamiento. (Romero, M. 2008)

4.4 Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA)

El grado de peligro en lo que se refiere a la posible aparición de enfermedades relacionadas con la falta de conformidad en términos de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua destinada al consumo humano es un tema de gran importancia para la salud pública. La calidad del agua que ingerimos guarda una estrecha relación con nuestro bienestar y salud, y cualquier desviación con respecto a los requisitos establecidos puede incrementar el peligro de padecer enfermedades graves. Por lo tanto, resulta esencial mantener un riguroso control y acatar las regulaciones que supervisan que el agua se encuentre en óptimas condiciones para que sea consumida, con el propósito de reducir estos

riesgos y salvaguardar la salud de la población. Enríquez, M. C., Torres, M. A. P., & Enciso, M. F. C. (2020).

Tabla 1.

Puntaje de riesgo por parámetro

Características	Puntaje de riesgo
Color Aparente	6
Turbiedad	15
pH	1.5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1.5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al ³⁺)	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25
Sumatoria de los puntajes asignados 100	

Fuente: Resolución 2115 del 2007

Con base en los puntajes de riesgo se consolida una clasificación del nivel de riesgo a la salud en porcentajes.

Tabla 2

Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse

Clasificación IRCA (%)	Nivel de riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 -100	INVIABLE SANITARIA MENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 – 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fuente: Resolución 2115 del 2007

4.5 Planta de tratamiento de agua STAP

Una planta o sistema de tratamiento para agua potable es una instalación diseñada para purificar y acondicionar el agua cruda o proveniente de fuentes naturales, como ríos, lagos o pozos, para lograr hacerla segura y apta para el consumo. Este proceso implica la eliminación de impurezas, microorganismos patógenos, materiales sólidos, sustancias químicas indeseadas y otros contaminantes presentes en el agua. Las PTAP más comunes y ampliamente utilizadas son:

4.5.1 Planta de tratamiento de agua convencional

Las Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) convencionales se caracterizan por la disposición de sus procesos en estructuras separadas. Estas instalaciones comprenden canales, floculadores, sedimentadores y filtros, cada uno desempeñando un papel específico durante el tratamiento del agua. En este tipo de PTAP, los tiempos de residencia de agua son significativamente prolongados, lo que permite una eliminación más efectiva de impurezas y contaminantes. Este enfoque tradicional en la distribución de procesos ha demostrado ser eficaz en la purificación del agua potable en diversas comunidades y ciudades.(PTAP, 2018).

4.5.2 Planta de tratamiento Compacta (Escogida para el proyecto)

Se trata de un sistema de potabilización que se caracteriza por integrar los procesos de coagulación, floculación y sedimentación en un único espacio o unidad antes de continuar hacia los filtros. En este enfoque, los tiempos de residencia del agua son notablemente reducidos, lo que agiliza el proceso de purificación. Este sistema de tratamiento de agua se destaca por su eficiencia en la eliminación de impurezas y sedimentos,

contribuyendo así a la producción de agua potable que cumpla con los estándares de calidad de manera más rápida y efectiva. (PTAP, 2018).

4.6 Agua como derecho y activo económico

Se parte de la idea principal de la importancia del recurso hídrico en Colombia y en el resto del mundo, basado en el artículo de (Díaz-Pulido, A. P., Chingaté-Hernández, N., Muñoz-Moreno, D. P., Olaya-González, W. R., Perilla-Castro, C., Sánchez-Ojeda, F., & Sánchez-González, K. (2009). titulado: Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia donde se presenta la idea de que el agua no solo representa un recurso puntual sino que también se podría representar como un bien económico y un bien social , dándole un valor agregado a este, además el recurso hídrico representa el engranaje el cual es responsable del funcionamiento de los ecosistemas y los diferentes servicios ecosistémicos que estos nos brindan , sumado a esto la creciente preocupación mundial sobre los recursos naturales y su disminución exponencial nos resalta más la idea de la importancia de estos recursos para potenciar el desarrollo, y mejorar la calidad de vida del ser humano y sus actividades económicas principalmente en las comunidades rurales donde las actividades económicas en su mayoría giran alrededor de este recurso generando así un problema que involucra temas de salud pública y temas económicos.

4.7 Agua como sinónimo de desarrollo

El agua es mucho más que un recurso vital para los seres humanos, desde la antigüedad hasta la actualidad, el agua ha sido un catalizador del crecimiento económico, la salud pública, así mismo el artículo presentado por: UA Suaza Arboleda, JA García Álvarez, titulado: “Los acueductos como medio para potencializar el desarrollo en las comunidades rurales en Colombia”, expone el recurso hídrico como potencializador del desarrollo de las

comunidades rurales que en su mayoría presentan un nivel de marginación frente a la calidad de los recursos que estos abordan, postulando esto como una gran problemática debido a que en las zonas rurales o el campo no se le ha dado la importancia que este merece pues de estas zonas en muchos casos se presentan producción de productos agrícolas y pecuarios. Bajo esto se le da un enfoque al recurso hídrico de no solo ser indispensable para la vida humana sino también para su subsistencia y progreso.

Sumado a esto el artículo presentado por: Bosch, C., Hommann, K., Sadoff, C., & Travers, L. (1999). Expone que en los países en desarrollo, aproximadamente 1.3 mil millones de personas carecen de acceso suficiente a agua limpia, y cerca de 3 mil millones no tienen medios adecuados para gestionar desechos. Este déficit tiene consecuencias graves para la salud, con alrededor de 10,000 muertes diarias debido a enfermedades relacionadas con el agua y saneamiento. El impacto de la falta de servicios adecuados se intensifica en los sectores más pobres, que, desatendidos por el sector formal, recurren a arreglos precarios para satisfacer necesidades básicas. La urgencia de proporcionar servicios básicos se destaca al considerar las interconexiones con otras dimensiones de la pobreza, ya que las enfermedades asociadas afectan los servicios de salud y la asistencia escolar de los niños, y la contaminación de ríos y tierras cultivables representa un alto costo social.

4.8 Tensiones en la Calidad y Acceso al Agua en Colombia

Asimismo se siguen desarrollando varias problemáticas que giran alrededor del recurso hídrico, como lo es la calidad con la que llega está a la persona, en un artículo presentado por Mundial, B. (2021). “Colombia: rica en agua, pero con sed de inversiones” en el cual expone la percepción de la contaminación del agua como un problema grave el

cual afecta de manera degenerativa el recurso hídrico y sus implicaciones con la población, expone que las cargas sanitarias que contiene el agua generan una desigualdad referente a la calidad del agua en comparación a las poblaciones urbanas del país, nos plantean deficiencias a considerar relacionados en los servicios de agua. Se plantean cifras de cobertura en el territorio nacional de abastecimiento de agua potable de manera segura llegó al 73% a nivel nacional (el 40% en las zonas rurales),Mundial, B. (2021).

En la investigación realizada por Guzmán, B. L., Nava, G., & Díaz, P. (2015). Se centra en la conexión esencial entre la calidad del agua para consumo humano y la morbimortalidad en Colombia durante 2008-2012. La calidad del agua se reconoce como un factor clave para la salud, asociándose con diversas enfermedades. El estudio busca analizar esta relación mediante el uso de estadísticas descriptivas de indicadores como coliformes totales, *Escherichia coli*, turbiedad, color, pH, cloro residual libre e índice de riesgo de la calidad del agua, correlacionando estos resultados con la mortalidad infantil y morbilidad por enfermedades específicas. La identificación de problemas notables en municipios, especialmente en zonas rurales, destaca la necesidad de abordar específicamente la calidad del agua en entornos menos urbanizados. Los resultados revelaron un preocupante incumplimiento de las normas de calidad del agua en varios municipios, con problemas destacados como la presencia de *E. coli*, coliformes totales y la falta de cloro residual libre. La correlación más significativa con la mortalidad infantil subraya la trascendencia directa de la calidad del agua en la salud de la población más joven. En conclusión, se destaca la urgencia de implementar políticas que fortalezcan los sistemas de suministro de agua en el país, enfatizando la necesidad crítica de fortalecer los programas de vigilancia en salud ambiental para guiar acciones de mejora y lograr un impacto positivo en la salud general de la población.

5. Estado del arte.

A continuación, se ha recopilado una selección de investigaciones cuyos objetivos son afines al presente trabajo o que, según el criterio del autor, pueden aportar valiosa información para la elección óptima del sistema de tratamiento de agua en la zona rural de la vereda Yayatá Cundinamarca. Esta recopilación de datos se llevó a cabo mediante plataformas tales como Google Académico, Scielo, Science Direct, y se exploraron recursos disponibles al público provenientes de instituciones educativas, todo con el fin de asegurar una sólida fundamentación para el proyecto.

Las situaciones que se desglosan en torno al recurso hídrico siempre han sido de alta relevancia, siendo así que son capaces de cruzar fronteras debido a que es un factor común en todas las poblaciones del planeta, sin embargo no se ha logrado garantizar una globalización total de este recurso debido a que todavía sigue existiendo la problemática de acceso a este, según el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019, un tercio de la población no tiene acceso a agua potable que sea administrada de manera segura, lo que nos da una amplia brecha de mejora y cumplimiento de las necesidades básicas de la humanidad.

Referente al desafío de mejorar la eficiencia de los sistemas de tratamiento de agua potable en zonas rurales ante cambios en la calidad del agua bruta En esta investigación los autores García-Ávila, F., Avilés-Anazco, A., Sánchez-Cordero, E., Valdiviezo-González, L., & Ordonez, MDT (2021) tienen como objetivo lograr evaluar la efectividad de la modernización de los sistemas de tratamiento de agua potable en el área de estudio del proyecto, la cual es el sur de Ecuador más puntualmente en la ciudad de Azogues, donde se expone que esta zona cuenta con una planta de tratamiento de agua potable la cual se planteaba con un sistema de filtración lenta, con pretratamiento a base de grava, después de

realizar el levantamiento y evaluar los parámetros se realiza una propuesta de modernización el cual cuenta con: coagulación, floculación, sedimentación, filtración rápida y desinfección este sistema de tratamiento en base a los lineamientos propuestos por el centro panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS, 2023), dando como resultado un mejor tratamiento con la plata implementando las nuevas tecnologías evidenciando remoción de nitratos, fosfatos y hierro.

El estudio realizado por Guzman Polo, B (2020) se enfoca en mejorar las condiciones de vida en áreas rurales de Colombia, centrándose en las veredas Lisboa, La Garrucha y Mina Rica del corregimiento La Cristalina. A pesar de contar con sistemas de tratamiento de agua, se identificaron desafíos significativos en el acceso al agua potable y saneamiento básico. La investigación resalta la urgencia de proponer soluciones integrales que aborden estas deficiencias y optimicen el manejo de residuos sólidos. La propuesta se orienta hacia el empoderamiento de la comunidad, líderes sociales y la Junta Administradora de acueducto, promoviendo el seguimiento y mantenimiento adecuado de los sistemas existentes y estrategias efectivas de aprovechamiento de residuos. La estrategia metodológica, centrada en un enfoque participativo, propone tres metodologías adaptadas a la población para garantizar un funcionamiento eficiente de los sistemas y promover un manejo sostenible de los residuos. Se destaca que estas propuestas no solo abordan desafíos inmediatos, sino que buscan un impacto a largo plazo, mejorando la calidad de vida de las comunidades rurales a través de la participación comunitaria y enfoques sostenibles.

En la investigación realizada por Cáceres Guana, L. J., & Marín González, M. A. (2019) ubicada en la planta de tratamiento de agua potable "La Laja" en Nocaima, Cundinamarca, se centró en la variabilidad de las propiedades organolépticas del agua suministrada y en la identificación de un alto índice de riesgo en el abastecimiento de agua

potable en el municipio. La metodología abarcó pruebas exhaustivas de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, encuestas a usuarios, visitas a la planta para detectar problemas infraestructurales y operativos, y el cálculo del índice de riesgo (IRABApp). Se revelaron incumplimientos en turbidez y coliformes fecales en el tanque de almacenamiento, operación excedida en épocas de lluvia y limitada capacidad de gestión municipal. La propuesta de solución abarca la optimización de procesos de coagulación y floculación, mejoras en el sistema bypass, y la implementación de indicadores de la International Water Association (IWA) para fortalecer la gestión y asegurar la entrega de agua potable de calidad en Nocaima, esta iniciativa busca abordar integralmente los desafíos identificados, mejorando la eficiencia operativa y garantizando la calidad del suministro de agua potable a la comunidad.

En el estudio realizado por: Guzmán, B. L., Nava, G., & Díaz, P. (2015). Investigó la conexión crítica entre la calidad del agua para consumo humano y la incidencia de enfermedades en Colombia durante el período 2008-2012, con el objetivo de ofrecer conocimientos valiosos para guiar acciones preventivas y promocionales en salud ambiental. La metodología empleada se basó en análisis estadísticos descriptivos de la base de datos de vigilancia de la calidad del agua, abordando indicadores clave como coliformes totales, *Escherichia coli*, turbiedad, color, pH, cloro residual libre e índice de riesgo de la calidad del agua. Estos resultados se correlacionaron con la mortalidad infantil y la morbilidad asociada con enfermedades diarreicas agudas, enfermedades transmitidas por alimentos y hepatitis A, y se visualizaron en un mapa de riesgo que identificó municipios con alto riesgo de contaminación del agua y mortalidad infantil. Los hallazgos destacan un preocupante porcentaje de municipios que no cumplían con las normas de potabilidad del agua, especialmente en zonas rurales, donde problemas como la presencia de *E. coli*, coliformes

totales y la falta de cloro residual libre eran más pronunciados. La correlación significativa entre la calidad del agua y la mortalidad infantil subraya su impacto crucial en la salud de la población infantil. En conclusión, el estudio aboga por la implementación de políticas que fortalezcan los sistemas de suministro de agua en el país y resalta la necesidad urgente de fortalecer los programas de vigilancia en salud ambiental para mejorar la calidad del agua y promover la salud general de la población.

En el artículo realizado por: Antonio, M. D. L. Á. G., Hernández, H. R., Mireles, L. E. M., & Benavides, A. C. (2014). Destaca la importancia de diferenciar entre disponibilidad y uso eficiente del agua en zonas rurales, comparando detalladamente estas dinámicas con las áreas urbanas. A pesar de los esfuerzos estatales para involucrar a las comunidades rurales en la construcción y gestión del agua, el enfoque histórico ha privilegiado el suministro y la infraestructura urbana. El texto subraya la falta de éxito en muchos intentos de gobernanza local. La conclusión presenta una tipología que categoriza la disponibilidad y uso eficiente del agua, arrojando luz sobre disparidades entre áreas urbanas y rurales y estableciendo una base conceptual para futuras investigaciones y políticas específicas. En última instancia, resalta la necesidad de estrategias adaptadas para abordar los desafíos únicos que enfrentan las comunidades rurales en la gestión del agua.

El estudio realizado por (Malan, A., Sharma, 2023) titulado: “Evaluación de la calidad del agua potable y diversas prácticas de tratamiento del agua en los hogares en zonas rurales del norte de la India”, se logra evidenciar la evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua subterránea en este caso en las áreas rurales del distrito de Kurukshetra, en el norte de la India. Donde se realizaron toma de muestras de varios parámetros físico químicos y bacteriológicos y en base al análisis de las muestras se proponen diferentes tratamientos del agua como lo son la ósmosis inversa como alternativa

del tratamiento seguida de la ebullición presentando un alto nivel de remoción, se plantea otro tratamiento como la cloración la cual representa también un alto nivel de remoción de contaminantes.

Siguiendo con el proceso investigativo se hace referencia al trabajo titulado “Estudio para el Montaje de una Planta Compacta de Distribución de Agua Potable (PTAP) en la Vereda Cualamaná, Municipio de Melgar, Tolima”, que es presentado por (Jaiber Cruz en 2019). El objetivo principal del trabajo se enfoca en la realización de una investigación sobre la implementación del PTAP donde explica los diferentes tipos de sistemas de tratamiento escogiendo para el proyecto el sistema de tratamiento de tipo compacto aplicada para el corregimiento de Cualamaná en Melgar. El proceso de investigación se dividió en cuatro etapas, las cuales incluyeron una revisión de la literatura y la teoría, cálculos y mediciones tanto teóricas como experimentales, donde se desglosa la metodología se empleó para la recolección de muestras de agua y concluir la determinación de costos y cronograma de trabajo dado como resultado la consolidado de lo necesario para la instalación de la planta de tratamiento compacta.

6. Planteamiento del problema.

En varias comunidades, la disponibilidad del recurso hídrico, seguro y accesible es algo que se da por supuesto, pero tristemente es algo que en realidad se encuentra lejos de ser algo global. A pesar de los grandes avances tecnológicos en un número significativo de poblaciones a lo largo del mundo, sigue siendo un serio desafío debido a que están relacionados principalmente a la disponibilidad y calidad del recurso hídrico.

En la población de la vereda Yayatá, la problemática del acceso a agua potable de calidad es una cuestión complicada, a pesar de la presencia de fuentes de agua cruda, existe

una ausencia de sistemas de tratamiento indicados para lograr garantizar la disponibilidad de agua potable y segura.

El agua no apta para consumo representa un peligro latente para el bienestar de las personas que la consumen, normalmente esto se manifiesta con la presencia de enfermedades que son transmitidas por el agua, como lo puede ser la gastroenteritis, diarrea, hepatitis entre otras.

De acuerdo con esto, se hace evidente la prioritaria implementación de un sistema de potabilización de agua en la comunidad rural de la vereda Yayatá, esto no solo con el objetivo de garantizar la calidad del agua, sino también lograr garantizar el acceso justo y sostenible del recurso hídrico. Esta propuesta es presentada como respuesta al problema de falta de acceso a agua potable de calidad, buscando mejorar la calidad de los habitantes. Bajo todo este contexto la pregunta problema a desarrollar sería la siguiente:

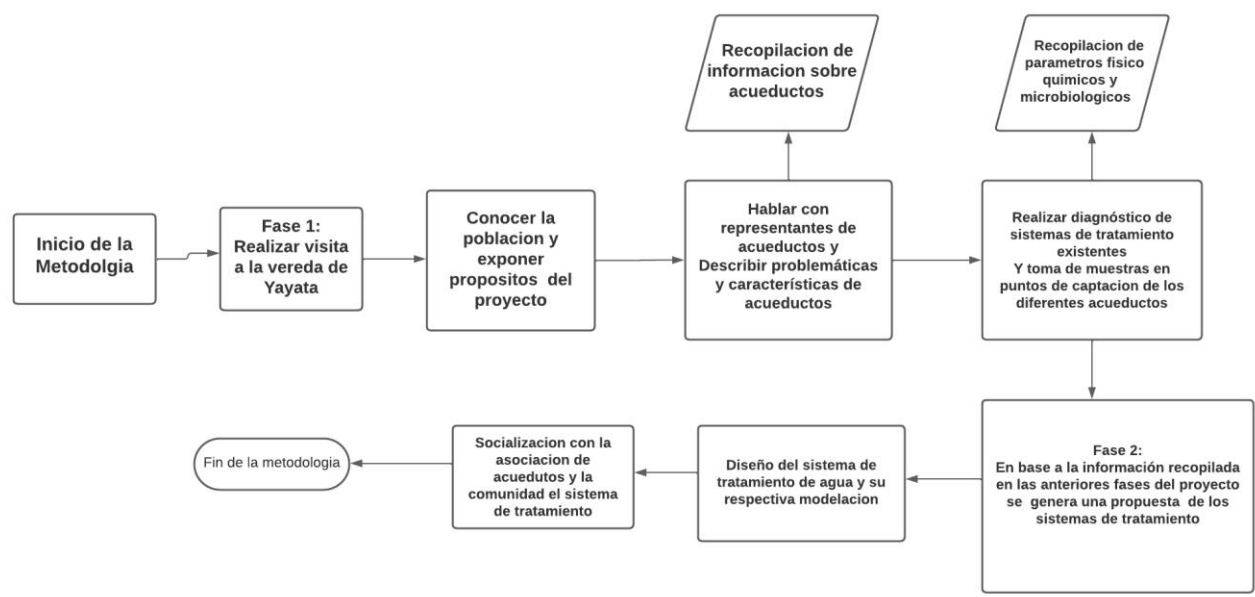
6.1 Pregunta problema

¿Cuáles sistemas de tratamiento serían los más adecuados para purificar el agua utilizada por los residentes de la Vereda Yayata y cumplir con los estándares establecidos por el IRCA?

7. Metodología.

7.1 Diagrama De Flujo

Figura 1: Diagrama de flujo de metodología



Nota: En la figura 1 se expone brevemente la descripción de la metodología utilizada en el proyecto.

Fuente: Propia

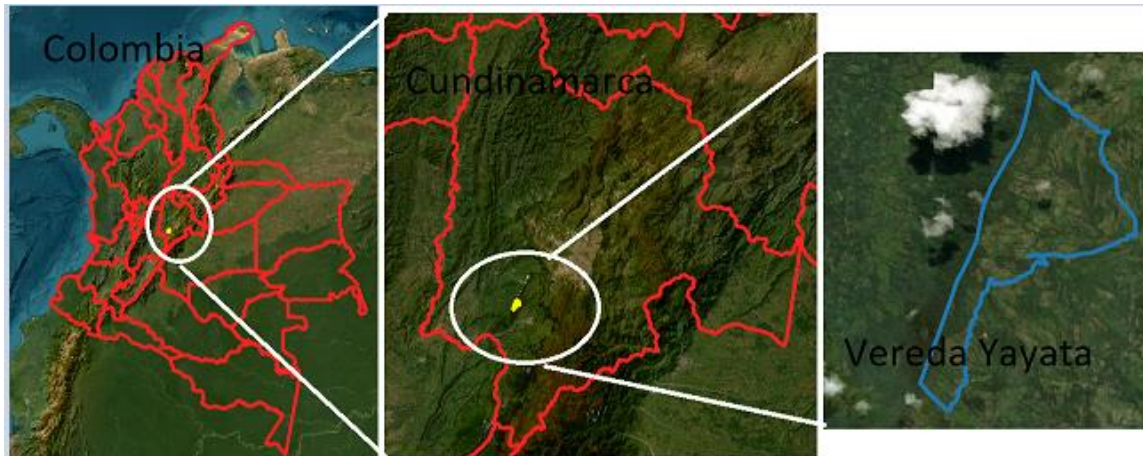
La investigación se realizó en diferentes fases donde se pretende lograr el cumplimiento de la totalidad de los objetivos planteados del proyecto, en esta se especifican puntualmente todas las actividades realizadas durante la ejecución del proyecto y obedecen al plan de ejecución del mismo.

7.2 Fase 1

Como primera Fase de la elaboración del proyecto, se realizó una visita a la vereda de Yayatá municipio de Silvania Cundinamarca.

Figura 2:

Ubicación geográfica de la vereda Yayatá



Fuente: Propia.

En conjunto con la asociación de acueductos de la vereda, se parte de un primer acercamiento hacia la comunidad, donde se exponen los propósitos del proyecto y las actividades a realizar. En esta primera visita se habla con los representantes de los diferentes acueductos presentes en la vereda, donde se declaran las principales problemáticas a las cuales se exponen y describen las principales características de los acueductos siendo estas los caudales de consumo de los acueductos y el número de suscriptores.

Posteriormente se plantea realizar un diagnóstico inicial de los sistemas de tratamiento existentes, donde con base a esto, se podría discutir con la asociación de acueductos las posibles ubicaciones de las plantas de tratamiento de agua de tipo compacto.

7.3 Fase 2

Basándose en la información recopilada en las anteriores fases del proyecto se genera una propuesta de los sistemas de tratamiento de tipo compacto aptos que responden al reglamento de agua y saneamiento básico a partir de la normatividad 0330 del 2017, teniendo en cuenta los lineamientos expuestos de Jairo Romero y el Ingeniero Didier Camilo Sierra Flores.

El diseño se desarrolla por modelo de cálculo aritmético siguiendo los lineamientos expuestos en la resolución 2115 de 2007 donde se exponen los requisitos de calidad de agua para consumo humano, sumado a esto, se contemplan las normas técnicas Colombianas NTC 4000 y NTC 3505 donde se definen los requisitos para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento de agua potable permitiendo generar planos en el programa AUTOCAD y modelación 3D expuesta en el **Anexo P**.

7.4 Fase 3

Posteriormente de la realización del modelo y simulación de las plantas de tratamiento de agua potable, se procede a realizar un llamado a la comunidad para realizar la socialización de la viabilidad de las plantas y las ubicaciones georeferenciadas, mostrando como fundamento los diferentes planos, ejemplificando y desglosando los diferentes procesos que tiene cada planta de tratamiento, en busca de lograr la solución de inquietudes de la población para la articulación de todos los acueductos en pro del desarrollo del proyecto.

8. Resultados

8.1 Primera visita

Como resultado de la primera visita a la asociación de acueductos se logró un primer acercamiento a la comunidad, donde nos expusieron diferentes problemáticas presentes en los acueductos, en el cual el factor común de todos, se basa en la falta de disponibilidad, continuidad y calidad de esta. Se habló sobre las principales actividades económicas de la zona las cuales podrían estar relacionadas con los problemas expuestos.

Además de esto se realizó una actividad de cartografía social, en la cual se describieron a grandes rasgos las diferentes características más específicas de cada uno de los

acueductos como lo son caudales de consumo, suscriptores y una descripción de la ubicación de las bocatomas.

Figura 3:

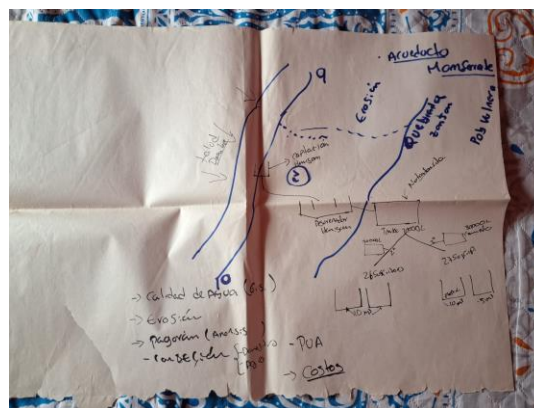
Reunión de acueductos



Fuente: Propia

Figura 4:

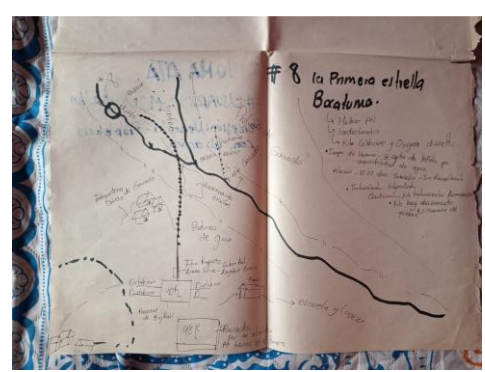
Descripción acueducto Monserrate



Fuente: Propia

Figura 5:

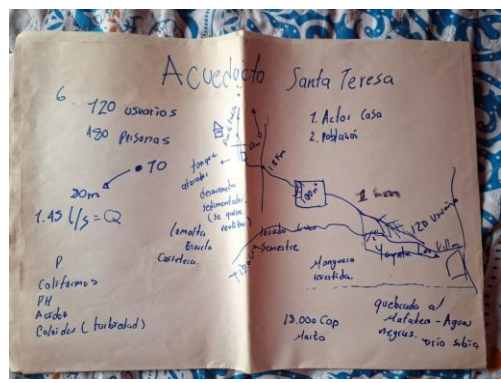
Descripción del acueducto Murillo



Fuente: Propia

Figura 6:

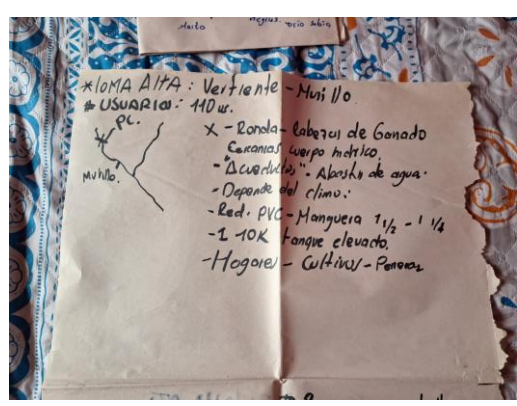
Descripción acueducto Santa Teresa



Fuente: Propia

Figura 7:

Descripción acueducto loma Alta.



Fuente: Propia

Figura 8:

Descripción acueducto La C



Fuente: Propia.

Con base en los datos recopilados de la primera visita se plantea la **Tabla 3** donde se exponen los datos recopilados de interés.

Tabla 3

Características de cada acueducto

Nombre del Acueducto	Caudal de consumo	Número de suscriptores
Asociación de suscriptores Acueducto Santa Tereza	1.4 L/s	105
Asociación Acueducto Rural Monserrate	0.29 L/s	49
Aso Murillo - Asociación de usuarios de acueducto	0.15 L/s	40
Asociación de usuarios Acueducto Yayatá	1.54 L/s	175
Asociación de usuarios Acueducto Loma Alta	0.16 L/s	112
Acueducto Loma Alta Sector Escuela (la C)	0.29 L/s	50

Fuente: Yo protejo el agua para todos, 2019

8.2 Segunda visita:

Con la ayuda de la asociación de acueductos de la vereda Yayatá, se realizó una exploración de los principales sistemas existentes de tratamiento de agua, donde se verificó el estado de estos y su funcionamiento. Se realizó una toma in situ de muestras de los diferentes puntos de captación, para posteriormente ser analizados y generar un informe de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos los cuales nos determinan la calidad del agua regidos en base a la normativa vigente en Colombia (Resolución 2115 de 2007- IRCA).

Figura 9:

Inspección de sistemas existentes



Fuente: Propia

Figura 10:

Visita a los sistemas existentes



Fuente propia.

En la exploración, se detectó la presencia de 2 desarenadores y una bocatoma

8.3 Análisis

Siguiendo los objetivos se ejecuta el análisis de la calidad de agua de las diferentes zonas donde se realizaron la toma de muestras, se procede a caracterizar todos los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos los cuales están expuestos en el **anexo 1**.

Los resultados de los análisis de las diferentes muestras tomadas en los diferentes puntos de captación revelan que la mayoría de los puntos de captación se encuentran en parámetros aceptables por la norma, caso contrario a los resultados microbiológicos de las muestras, donde revela que en la totalidad de los puntos de captación contienen niveles muy superiores a lo aceptable por la norma en 2 parámetros específicos, los cuales son: Coliformes totales y Escherichia coli, donde acueductos como: Acueducto rural Lace y el acueducto rural Yayatá presentan los niveles más altos.

Tabla 4:

Resultados acueducto Rural Lace-Silvania Cundinamarca.

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores	
				Aceptables	Diagnóstico
Coliformes totales	Recuento por siembra en placa:	27000			Valores muy por encima de lo permitido
	Agar selectivo ENDO	UFC/100mL	UFC/mL	0 UFC/100 ml	
Escherichia coli	Presencia o Ausencia en caldo lauril lactosa.	Presencia	Presencia o Ausencia	Ausencia en 100 cm3	Posible contaminación fecal

Fuente: Propia

Tabla 5

Resultados acueducto Rural Yayatá-Silvania Cundinamarca

Característica	Método	Resultado	Unidades	Valores Aceptables	Diagnóstico
Coliformes totales	Recuento por siembra en placa: Agar selectivo ENDO	170000 UFC/100m L	UFC/mL	0 UFC/100 ml	Valores muy por encima de lo permitido
Escherichia coli	Presencia o Ausencia en caldo lauril lactosa.	Presencia	Presencia o Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Posible contaminación fecal

Fuente: Propia .

Esta información se encuentra detallada en el **Anexo A**.

8.4 Diseño de las plantas de tratamiento

En base a los resultados que se obtuvieron en los análisis físico químicos y cumpliendo con los objetivos, se determinó la necesidad del diseño de 2 sistemas de tratamiento de agua de tipo compacto, con finalidad de abastecer a la población rural de la vereda Yayatá. En base a esto los caudales de entrada de las 2 plantas van a ser de 2 L/s y de 5 L/s correspondiendo a los diferentes caudales consumidos por los acueductos.

8.5 Planta La Represa de 2 L/s

Para la elaboración de la planta de 2 L/s se tuvieron en cuenta varios aspectos importantes para la realización del diseño, primordialmente los resultados obtenidos de los análisis de los diferentes parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y las ubicaciones que se discutieron con la comunidad, en base a esto se genera la propuesta del sistema.

En la **ilustración 11** se presenta el terreno asignado para la construcción de la planta

La Represa de 2 L/s

Figura 11:

Georeferenciación planta La Represa



Fuente: Propia

La ubicación de la represa se encuentra en las coordenadas: $4^{\circ} 25' 29.2''N$ $74^{\circ} 25' 23.2''W$

donde esta zona cuenta con un área disponible de: 439 m^2

Figura 12:

Ubicación La Represa



Fuente propia.

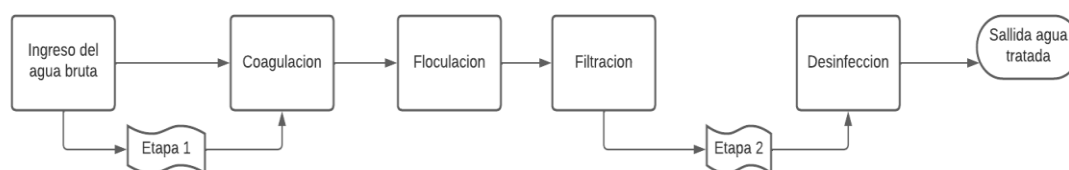
8.6 Descripción de los procesos de tratamiento

El proceso de tratamiento del agua se divide fundamentalmente en dos etapas esenciales: la primera etapa es la clarificación, cuyo propósito es la eliminación de partículas que afectan la transparencia del agua. La segunda etapa, conocida como desinfección, se enfoca en erradicar los microorganismos perjudiciales que pueden hallarse en el agua.

El proceso de tratamiento implementado en las plantas modulares se clasifica como Convencional, siendo muy similar al método generalmente utilizado en la mayoría de los sistemas de tratamiento de aguas superficiales que abastecen a comunidades en el interior del país.

Figura 13:

Diagrama de flujo del tren de tratamiento de planta La Represa de 2 L/s



Fuente: Propia

8.7 Resultado Dimensionamiento

Tabla 6:

Dimensionamiento Mezclador Hidráulico

Diseño Mezclador Hidráulico

Diámetro superior:	0.30 m
Diámetro Inferior:	0.04 m
Velocidad diámetro inferior:	1.75 m/s
Radio Hidraulico:	0.01
Gradiente puntual:	1517 s-1

Fuente: Propia

En el **Anexo B** y **Anexo C** se encuentran los cálculos en detalle los cuales explican los datos mencionados en la **Tabla 6**.

Tabla 7:

Dimensionamiento Floculador

Diseño de Floculador

Ancho:	1.50m
Largo:	>89 m3
Carga Hidráulica:	1.30m

Área:	1.9415 m ²
Ángulo de pared:	45°
Altura efectiva del agua:	1.80m
Tiempo de retención hidráulico:	24.19 min

Fuente: Propia

En el **Anexo B** y **Anexo C** se encuentran los cálculos en detalle los cuales explican los datos mencionados en la **Tabla 7**.

Tabla 8:

Dimensionamiento Sedimentador

Diseño Sedimentador	
Longitud:	3m- 2.80m
Carga Hidráulica:	38.4 m ³ / m ² -dia
Ángulo de inclinación :	60°
Velocidad de flujo entre módulos:	0.51cm/s
Espaciamiento entre canales (e) longitudinal	0,05 m

Espaciamiento entre canales (b) horizontal	0.05 m
Área transversal en canales:	3.90 m ²
Área Horizontal canales:	4.50m ²
Número de canales por estructura:	1559 unidades
Número de canales por ancho:	29
Número de filas necesarias:	59
Longitud final del área de sedimentación:	3.0m
Número de vertederos:	56 und

Fuente: Propia

En el **Anexo B** y **Anexo C** se encuentran los cálculos en detalle los cuales explican los datos mencionados en la **Tabla 8**.

Tabla 9:

Dimensionamiento sistema de filtración

Diseño sistema de Filtración:	
Unidades :	2
Área por filtro:	0.576 m ²
Diámetro de cada filtro:	0.85m

Fuente: Propia

En el **Anexo B** y **Anexo C** se encuentran los cálculos en detalle los cuales explican los datos mencionados en la **Tabla 9**.

Como segundo punto se presenta la ubicación de la 2 planta de tratamiento de agua la cual el caudal es de 5 L/s, en la **Ilustración 11** se representa el terreno asignado para la construcción de la planta.

Figura 14:

Georeferenciación planta La Escuela



Fuente: Propia

La ubicación de la represa se encuentra en las coordenadas: 4° 25' 08.8"N 74° 24' 14.2"W

Área disponible de: 829 m²

Figura 15:

Ubicación la Escuela



Fuente: Propia

8.8 Planta La Escuela de 5 L/s

A diferencia de la planta de 2 L/s la planta de 5 L/s cuenta con estos procesos adicionales:

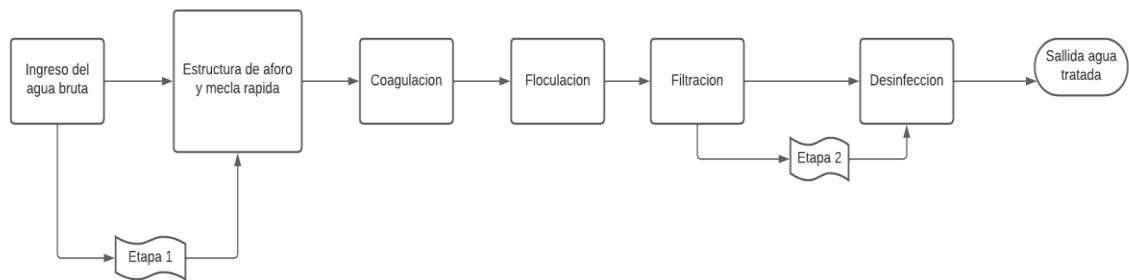
8.8.1 Estructura de aforo y mezcla rápida

Una "estructura de aforo y mezcla rápida" es un dispositivo o infraestructura diseñado para medir y mezclar eficazmente sustancias, como productos químicos o agentes de tratamiento, con el agua de manera rápida y precisa en el proceso de tratamiento de agua. Esto es fundamental para garantizar que los componentes se dispersen de manera uniforme y eficiente, lo que contribuye a la purificación efectiva del agua y al cumplimiento de los estándares de calidad.

8.9 Descripción de los procesos de tratamiento

Figura 16:

Descripción del tren de tratamiento de planta La escuela de 5 L/s



Fuente: Propia

Debido a que la planta de 5 L/s es un sistema de tratamiento por secciones en las cuales ya está premeditado el tiempo de retención de cada una de ellas, en base a esto dan los siguientes dimensionamientos:

Tabla 10:

Dimensionamiento sistema de tratamiento 5 L/s

Unidad	Medidas	
Sedimentador	Diámetro	2,6 m
	Altura	4 m
Separador	Diámetro	1,7 m
	Altura	1,8 m
Floculador	Diámetro	1,50 m
	Altura Cilíndrica	3 m
	Altura Cónica	1 m

Fuente: Propia

En el **Anexo J** y **Anexo K** se encuentran los cálculos en detalle los cuales explican los datos mencionados en la **Tabla 10**.

Para dar cumplimiento a la última fase de la metodología la cual se enfoca en la socialización tanto de los planos como de la modelación de los 2 sistemas de tratamiento, se realizó un encuentro con la asociación de acueductos donde se les Presentó las características

principales de todos los sistemas de tratamiento, las ubicaciones de estos que anteriormente se habían discutido y se presentó una modelación 3D para que se tuviera una mejor visualización de los futuros sistemas de tratamiento, se solucionaron las dudas que les surgieron tratando de explicarles de la mejor manera para que fuera de la comprensión de ellos.

Figura 17:

Socialización del proyecto en presencia de los diferentes acueductos.



Fuente: Propia.

9. Discusión

En la primera visita a la asociación de acueductos, se logró un acercamiento inicial a la comunidad, poniendo de manifiesto un problema recurrente en todos los acueductos: la insuficiencia de disponibilidad, continuidad y calidad del agua potable. Estos desafíos elementales tienen un impacto sustancial en el diario vivir de la comunidad y en sus actividades económicas. La carencia de un suministro de agua fiable y de categoría podría restringir el progreso económico de la zona, lo que plenamente justifica la necesidad de una propuesta para encarar estos desafíos.

La segunda visita a la asociación de acueductos permitió una exploración más minuciosa de los sistemas de tratamiento de agua existentes. Se efectuaron tomas de muestras

en diversos puntos de captación y se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos para evaluar la calidad del agua conforme a las regulaciones vigentes en Colombia. Los resultados de estos análisis proporcionan una imagen reveladora. A pesar de que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos cumplen en su mayoría con los estándares, los parámetros microbiológicos, especialmente los niveles de Coliformes totales y Escherichia coli, exceden los límites aceptables en algunos puntos de captación. Esto genera una seria inquietud en términos de la seguridad del agua potable y la salud pública en la comunidad.

Para abordar estos problemas de calidad del agua, se plantea el diseño de dos plantas de tratamiento de agua, una con un caudal de 2 L/s y otra con 5 L/s. Estas instalaciones son esenciales para mejorar la calidad del agua y garantizar el suministro continuo de agua potable a la población rural de la vereda Yayatá. El diseño incluye detalles específicos acerca de la ubicación de las plantas y los procesos de tratamiento que se implementarán, como coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. Además, se proporciona información sobre el dimensionamiento de los componentes clave de estas plantas, lo que evidencia una planificación detallada y un enfoque técnico sólido para resolver las dificultades de calidad del agua.

La exitosa ejecución de este proyecto depende en gran medida de la comunicación efectiva con la comunidad y las partes interesadas. Se ha llevado a cabo una socialización del proyecto con la asociación de acueductos, en la cual se presentaron las características y ventajas de las plantas de tratamiento propuestas. Este proceso de socialización es esencial para obtener el respaldo y la comprensión de la comunidad. La interacción con la comunidad se configura como un paso crucial en el camino hacia la mejora de la calidad del agua y el suministro de agua potable fiable en la vereda Yayatá.

En resumen, los resultados de este proyecto de tesis proporcionan una base sólida para afrontar los desafíos de calidad del agua en la comunidad. La carencia de disponibilidad y la calidad insatisfactoria del agua son asuntos apremiantes que impactan en la vida de las personas y las actividades económicas locales. El diseño pormenorizado de las plantas de tratamiento de agua denota un enfoque técnico sólido, y la socialización del proyecto representa un paso inevitable para asegurar la aceptación y el respaldo de la comunidad.

10. Conclusiones.

1. Tras llevar a cabo un detallado análisis fisicoquímico y microbiológico, se ha obtenido una perspectiva detallada de la calidad del agua que actualmente consume la población en la vereda Yayatá. Estos resultados revelan la existencia de retos importantes en cuanto a la seguridad y calidad del agua potable de la vereda. La detección de parámetros microbiológicos que exceden los límites admisibles en todos los puntos de captación pone de manifiesto la necesidad indiscutible de mejorar la calidad del agua que se dispone para la comunidad.

2. La elaboración del sistema de tratamiento de agua potable para la vereda Yayatá representa un hecho importante en el proyecto. Este proceso ha permitido la conceptualización y diseño de instalaciones que son indiscutibles para asegurar un abastecimiento de agua potable de calidad a la población. La elaboración de modelos ha proporcionado una base técnica bastante sólida que respalda la viabilidad de la propuesta y su capacidad para afrontar los problemas de calidad del agua.

3. La etapa de socialización, ha sido esencial para comunicar la viabilidad de los sistemas de tratamiento de agua potable a la población. Durante este proceso, se han considerado los aspectos económicos, sociales y ambientales, lo que ha facilitado la comprensión y el respaldo de la comunidad. La interacción activa con la asociación de acueductos de la vereda Yayatá ha sido fundamental para asegurar que la propuesta sea aceptada y respaldada, lo que es esencial para la implementación exitosa del proyecto.

12. Recomendaciones.

Considerando la importancia de los sistemas de tratamiento de agua en general se recomienda generar incentivos para la investigación y el desarrollo continuos en el campo del tratamiento de agua potable compacta. Explorar nuevas tecnologías, enfoques y métodos que puedan aumentar la eficiencia y la sostenibilidad de estas plantas. La innovación constante es esencial para mantenerse a la vanguardia en la mejora del suministro de agua potable además de esto, mantener una estrecha colaboración con las autoridades reguladoras y organismos responsables de la supervisión de la calidad del agua. Asegurarse de cumplir en todo momento con las regulaciones y estándares establecidos, y mantener una comunicación transparente con las partes interesadas involucradas en la gestión del agua potable.

13. Referencias Bibliográficas.

- Cruz, J. I. (2019). Estudio para el montaje de una planta de tratamiento de agua potable (PTAP) tipo compacta, en la vereda Cualamaná, municipio de Melgar Tolima.
- Camacho, N. C. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. Ingeniería industrial, (29), 153-170.
- Díaz-Pulido, A. P., Chingaté-Hernández, N., Muñoz-Moreno, D. P., Olaya-González, W. R., Perilla-Castro, C., Sánchez-Ojeda, F., & Sánchez-González, K. (2009).
- Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia. Estudios socio-jurídicos, 11(1), 84-116.

- EL CEPIS, R. H. E. (1982). La experiencia del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente en educación continua. Educación médica y salud, 552.
- García-Ávila, F., Avilés-Anazco, A., Sánchez-Cordero, E., Valdiviezo-González, L., & Ordonez, M. D. T. (2021). The challenge of improving the efficiency of drinking water treatment systems in rural areas facing changes in the raw water quality. South African Journal of Chemical Engineering, 37, 141-149.
- Instituto Europeo de Química, Física y Biología. Potabilización del agua: ¿cómo se realiza? (2023, marzo 22). <https://ieqfb.com/potabilizacion-agua-proceso-fases/>
- Jeannine, P. G. J. (2021). Prevalencia De Enfermedades Transmitidas Por Consumo De Agua Insegura En El Sector De Pianguapi (Doctoral dissertation, Ecuador-PUCESE-Escuela de Enfermería).
- Malan, A., & Sharma, H. R. (2023). Assessment of drinking water quality and various household water treatment practices in rural areas of Northern India. Arabian Journal of Geosciences, 16(1), 96.
- Massoud, M. A., Al-Abady, A., Jurdi, M., & Nuwayhid, I. (2010). The challenges of sustainable access to safe drinking water in rural areas of developing countries: case of Zawtar El-Charkieh, Southern Lebanon. Journal of Environmental Health, 72(10).
- Moropeng, R. C., Budeli, P., Mpenyana-Monyatsi, L., & Momba, M. N. B. (2018). Dramatic reduction in diarrhoeal diseases through implementation of cost-effective household drinking water treatment systems in Makwane Village, Limpopo Province, South Africa. International journal of environmental research and public health, 15(3), 410.
- Mundial, B. (2021). Colombia: rica en agua, pero con sed de inversiones. Banco Mundial . <https://www.bancomundial.org/es/noticias/feature/2020/09/02/colombia-seguridad-agua>
- *PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PTAP*. (2018). Blogspot.com. Recuperado el 22 de octubre de 2023, de
- Romero, M. (2008). Tratamientos utilizados en potabilización de agua. Boletín Electrónico [Internet]. [citado 2012 jun 16], 8, 1-12.
- Salamanca, E. (2016). Tratamiento de aguas para el consumo humano. Módulo Arquitectura CUC, 17.
- <http://plantasdetratamientodeaguapotablesena.blogspot.com/p/tipos-de-ptap.html>
- Suaza Arboleda, U. A., García Álvarez, J. A., Amaya Ospina, C. F. (2017). *Los acueductos como medio para potencializar el desarrollo en las comunidades rurales en Colombia* (Doctoral dissertation, Posgrado).
- Espinosa Vargas, L. E., & Gómez Alarcón, S. Y. (2023). Análisis De Alternativas De Bajo Costo Para El Tratamiento Del Agua En El Municipio De San Cayetano Cundinamarca Vereda Pinipay–Sector La Carrera.
- Guzman Polo, B. Saneamiento básico en áreas rurales de Colombia, caso de estudio veredas la Garrucha, Mina Rica y Lisboa del corregimiento de la Cristalina, Manizales-Caldas (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Cáceres Guana, L. J., & Marín González, M. A. Propuesta de mejoramiento a la planta de tratamiento de agua potable en el municipio de Nocaima, Cundinamarca.
- Guzmán, B. L., Nava, G., & Díaz, P. (2015). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012. Biomédica, 35(SPE), 177-190.

- Antonio, M. D. L. Á. G., Hernández, H. R., Mireles, L. E. M., & Benavides, A. C. (2014). Disponibilidad y uso eficiente de agua en zonas rurales. *Investigación y ciencia*, 22(63), 67-73.
- Bosch, C., Hommann, K., Sadoff, C., & Travers, L. (1999). Agua, saneamiento y la pobreza. Consultado el, 7.
- Díaz, J. M. G., Díaz, N. G., & Cuellar, A. M. Q. (2010). Comparación entre los índices de agua potable IAP y los índices de riesgo de la calidad de agua para consumo humano IRCA utilizados para la determinación de la calidad del agua para consumo humano. *Publicaciones e Investigación*, 4, 53-59.
- Guzmán, B. L., Nava, G., & Díaz, P. (2015). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012. *Biomédica*, 35(SPE), 177-190.
- Enríquez, M. C., Torres, M. A. P., & Enciso, M. F. C. (2020). Comportamiento del índice de riesgo de la calidad del agua. *Revista de Investigaciones Agroempresariales*, 7.
- Gómez Puentes, N. A. (2005). Remoción de materia orgánica por coagulación-floculación. *Ingeniería Química*.
- FLOCULACIÓN, C. Tratamiento de Agua.
- Fernández Huaripata, L. M. (2021). Optimización de los procesos de coagulación y floculación en los sistemas de las plantas de tratamiento de agua potable, 2010-2020. Una revisión sistemática.
- Cáceres López, O. (1990). Desinfección del agua. In *Desinfección del agua* (pp. 369-369).
- Quirós, F. R. (2005). Desinfección del agua con cloro y cloraminas. *Técnica industrial*, 260, 55.
- Blanco, E., & Donoso, G. (2016). Agua potable rural: desafíos para la provisión sustentable del recurso. *Actas de Derecho de Aguas*, 6, 63-79.
- Farrás, L. E. P. (2005). Teoría de la sedimentación. Area de hidráulica, Cátedra de Hidráulica Aplicada a la Ingeniería Sanitaria.
- Camacho, N. C. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería industrial*, (29), 153-170.
- Lampoglia, T., Agüero, R., & Barrios, C. (2008). Orientaciones sobre agua y saneamiento para zonas rurales. *Asociación Servicios Educativos Rurales*.
- Zurita-Martínez, F., Castellanos-Hernández, O. A., & Rodríguez-Sahagún, A. (2011). El tratamiento de las aguas residuales municipales en las comunidades rurales de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(SPE1), 139-150.
- Méndez, J. O. M. (2020). Los retos del acceso a agua potable y saneamiento básico de las zonas rurales en Colombia. *Revista de ingeniería*, (49), 28-37.
- VARGAS, C. A. M., & ARIAS, D. A. A. (2018). EVALUACIÓN DE FACTORES QUE INCIDEN EN LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SILVANIA-CUNDINAMARCA. *INGENIERÍA CIVIL*, 600.
- Triana Barón, E. L. (2022). Evaluar la Calidad del Agua de la Vereda Yayatá Baja, Municipio de Sylvania-Cundinamarca, Desde el Punto de Vista Físicoquímico y Microbiológico e Infraestructura del Acueducto o Sistema de Distribución.
- Obando Mera, C., Torres Mendoza, J. C., & Ucros Durán, S. (2013). Estudio ambiental para la instalación de una red de distribución de agua potable para las veredas Panamá, San José y Loma Alta, municipio de Sylvania, departamento de Cundinamarca–Tramo II.

- Cabrera Moncayo, M. S. (2014). Comportamiento del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano en cabeceras municipales en el departamento de Cundinamarca (2013).
- Chulluncuy-Camacho, N. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. Ingeniería industrial, (029), 153-170.
- Solsona, F., & Méndez, J. P. (2002). Desinfección del agua (No. OPS/CEPISIPUB/02. 83). OPS.
- Guimarães, J. R., Ibáñez, J., Litter, M. I., & Pizarro, R. (2001). Desinfección de agua. Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea, 1, 375-388.
- Murillo, S. E. P., Castro, S. M. D. C. R., Manosalva, G. V., & Nevárez, E. M. Z. (2022). Sistema de Potabilización de Agua en Zonas Rurales. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação, (E48), 563-575.
- Echeverría-Molina, J., & Anaya-Morales, S. (2018). El derecho humano al agua potable en Colombia: decisiones del estado y de los particulares. Vniversitas, (136), 43-56.
- Arias-Arias, D. A., & Martínez-Vargas, C. A. (2019). Evaluación de factores que inciden en la calidad del agua potable del municipio de Silvania, Cundinamarca.
- Payares Azuero, A. P., & Ruiz González, L. C. (2020). Dimensionamiento preliminar de las unidades de tratamiento para el recurso hídrico, en la Finca Villa María, municipio de Silvania Cundinamarca, aspectos técnicos y económicos.
- Campos, A. C. E., & Vargas, P. A. A. (2019). Análisis técnico y ambiental de una planta de tratamiento compacta de agua potable en villarrica-tolima. Boletín Semillas Ambientales, 13(1), 40-51.
- Acevedo, N., & de los Ángeles, M. (2020). Sistemas de plantas tratamiento de agua potable para gestionar en la zona rural de Colombia.