



**DIAGNÓSTICO Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE  
ACUEDUCTO PARA LA VEREDA DE GUALCAN; MUNICIPIO  
PÁEZ – CAUCA**

- Proyecto de investigación-

POR: DAYAN STEVEN VARGAS DURÁN

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

**DIAGNÓSTICO Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE  
ACUEDUCTO PARA LA VEREDA DE GUALCAN; MUNICIPIO  
PÁEZ – CAUCA**

Dayan Steven Vargas Durán

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

Director: Ing. Marcos Ramos

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

## DIAGNÓSTICO Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO PARA LA VEREDA DE GUALCAN; MUNICIPIO PÁEZ – CAUCA

*Improving Water Quality in Gualcán, Páez - Cauca: Diagnosis and Solutions in the Aqueduct System*

Vargas Durán, Dayan Steven

Ramos, Marcos Andrés

Universidad Antonio Nariño, Colombia, [davargas22@uan.edu.co](mailto:davargas22@uan.edu.co)  
Universidad Antonio Nariño, Colombia, [marcos.ramos@uan.edu.co](mailto:marcos.ramos@uan.edu.co)

**Resumen:** El proyecto " Diagnóstico y Mejoramiento del Sistema de Acueducto para la Vereda de Gualcan; Municipio Páez – Cauca" tiene como objetivo principal abordar los desafíos existentes en el suministro de agua potable en la comunidad de Gualcan, ubicada en el municipio Páez del departamento de Cauca. Este proyecto surge de la necesidad imperante de garantizar un acceso continuo y seguro al agua de calidad para los residentes de la vereda, así como de mejorar la capacidad de conocimiento de la comunidad para enfrentar futuras eventualidades relacionadas con el agua. Para lograr estos objetivos, el proyecto ha seguido una metodología rigurosa que incluye la recopilación de datos, investigaciones de campo, interacciones con la comunidad local y consultas con expertos en el suministro y tratamiento de agua. Se llevó a cabo un diagnóstico completo de la infraestructura existente, se han evaluado las condiciones del recurso hídrico y se han tenido en cuenta las necesidades y opiniones de los habitantes de Gualcan. Los resultados incluyen un análisis minucioso de la situación actual del sistema de tratamiento de agua potable en Gualcan, resaltando sus fortalezas y debilidades. A través de recomendaciones concretas y acciones específicas; esto en busca mejorar la calidad, disponibilidad y sostenibilidad del agua potable en la vereda. Este proyecto no solo es de vital importancia para la comunidad de Gualcan, sino que también sirve como ejemplo, respecto a la colaboración comunitaria entre diversos factores los cuales marcaron la diferencia al desarrollo social. Además. El proyecto representa un compromiso el bienestar y salud de esta comunidad,

con el potencial de transformar significativamente la vida de sus residentes y servir como modelo para proyectos comunitarios similares en todo el país.

**Palabras claves:** (Acueducto, Mantenimiento, Análisis, Físico – Químico, Riesgo, Comunidad, Vulnerabilidad, Contaminación, Microbiológicos, Capacitación, Sostenibilidad, Calcificación, Bocatoma, Desarenador, Distribución hídrica.)

**Abstract:** The main objective of the project "Diagnosis and Improvement of the Aqueduct System for the Vereda de Gualcan; Páez Municipality - Cauca" is to address the existing challenges in the supply of drinking water in the community of Gualcan, located in the Páez municipality of the department of Cauca. This project arises from the prevailing need to guarantee continuous and safe access to quality water for the residents of the village, as well as to improve the community's knowledge capacity to face future eventualities related to water. To achieve these objectives, the project has followed a rigorous methodology that includes data collection, field investigations, interactions with the local community and consultations with experts in water supply and treatment. A complete diagnosis of the existing infrastructure was carried out, the conditions of the water resource have been evaluated and the needs and opinions of the inhabitants of Gualcan have been taken into account. The results include a thorough analysis of the current situation of the drinking water treatment system in Gualcan, highlighting its strengths and weaknesses. Through concrete recommendations and specific actions; This seeks to improve the quality, availability and sustainability of drinking water in the neighborhood. This project is not only of vital importance for the community of Gualcan, but also serves as an example regarding community collaboration between various factors which made a difference to social development. Besides. The project represents a commitment to the well-being and health of this community, with the potential to significantly transform the lives of its residents and serve as a model for similar community projects throughout the country.

**Key words:** (Aqueduct, Maintenance, Analysis, Physicochemical, Risk, Community, Vulnerability, Contamination, Microbiological, Training, Sustainability, Calcification, Water Intake, Sand Trap, Water Distribution)

## 1. INTRODUCCIÓN

En el corazón de Páez, Cauca, la apacible vereda de Gualcan enfrenta desafíos en el suministro de agua potable, afectando la salud y calidad de vida de sus residentes. Surge el proyecto "Diagnóstico del Sistema de Acueducto en la Vereda de Gualcan" para evaluar a fondo la situación actual y proponer soluciones integrales. Más que abordar desafíos técnicos, el proyecto refleja un compromiso humano con el bienestar a largo plazo, reconociendo el agua potable como motor para el desarrollo y la mejora continua de la calidad de vida. En última instancia, busca garantizar el derecho fundamental de la comunidad a un suministro de agua seguro y sostenible.

El propósito fundamental de esta investigación es abordar los desafíos existentes en el sistema de acueducto en la vereda Gualcan. El proyecto se orienta a identificar áreas de mejora y proponer soluciones que permitan garantizar un acceso continuo y seguro al agua de calidad para todos los residentes de la vereda. Además, se busca fortalecer la capacidad de la comunidad para enfrentar futuras eventualidades relacionadas con el suministro de agua.

Para alcanzar estos objetivos, el proyecto siguió una metodología rigurosa que combina la recopilación de datos, investigaciones de campo, interacciones con la comunidad local y consultas con expertos en el ámbito del tratamiento de agua. Se ha llevado a cabo un diagnóstico completo de la infraestructura existente, se han evaluado las condiciones del recurso hídrico y se han tenido en cuenta las necesidades y opiniones de los habitantes de Gualcan.

Los resultados de la investigación ofrecieron un análisis pormenorizado del estado actual del sistema de tratamiento de agua potable en Gualcan, identificando tanto sus puntos fuertes como sus limitaciones. A través de recomendaciones específicas y acciones concretas, se pretende optimizar la calidad, disponibilidad y sostenibilidad del suministro de agua en la vereda. Este informe tiene como objetivo proporcionar una visión global de los propósitos, métodos y alcances de la iniciativa, orientada no solo a abordar desafíos inmediatos, sino también a establecer las bases para un futuro más prometedor en términos de infraestructura y gestión del recurso hídrico.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia enfrenta desafíos significativos en su desarrollo. A pesar de tener una gran oferta de agua, se presentan problemas de calidad en aproximadamente la mitad de los recursos hídricos debido a la contaminación de diversas fuentes, incluyendo la industria, la agricultura y las aguas residuales domésticas. La no potabilización del agua conlleva riesgos significativos, incluyendo problemas graves de salud y posibles consecuencias mortales. El agua es esencial para la supervivencia humana y su contaminación afectaría negativamente diversos aspectos, como la salud pública, el trabajo, medios ecosistémicos etc. (López, M., Rodríguez, J., & Gómez, A. (2021). pág., 65).

La ausencia de una planta óptima para la potabilización y abastecimiento de agua en la Vereda Gualcan compromete el cumplimiento de dos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) fundamentales: el ODS 6, centrado en el acceso a agua limpia y saneamiento básico, y el ODS 3, enfocado en la promoción de la salud y el bienestar. La Vereda Gualcan, debido a su ubicación geográfica y su condición de comunidad indígena, ha experimentado un descuido sistemático por parte del Gobierno Nacional, resultando en la falta de avances significativos para establecer un sistema que garantice un acceso adecuado al agua potable. La carencia de una infraestructura eficiente para el tratamiento y suministro de agua potable en esta región no solo incumple con los principios establecidos en la Constitución Política de Colombia, que reconoce el derecho fundamental al agua, sino que también constituye una omisión en el marco de las metas nacionales e internacionales de desarrollo sostenible. Novoa Contreras, L. V., & Guerrero Alvarado, S. F. (2022).

Los elevados costos asociados a la construcción de un sistema de tratamiento y los análisis previos de la calidad del agua han representado un obstáculo significativo para la mejora en el ámbito del bien comunitario. Esta barrera financiera ha limitado la capacidad de implementar medidas efectivas que garanticen un suministro de agua seguro y saludable. La falta de recursos para llevar a cabo estudios detallados sobre la calidad del agua también ha impedido una comprensión completa de los desafíos específicos que enfrenta la comunidad. Bosch, C., Hommann, K., Sadoff, C., & Travers, L. (2013).

“(General Comment No. 15: The Right to Water; Article Pg-11 y 12) “El recurso hídrico de la cuenca es potencialmente viable para generar el abastecimiento demandado por los habitantes, los residentes han manejado de manera inapropiada el acondicionamiento del mismo con medios tradicionales, lo cual no garantiza el funcionamiento adecuado para el suministro de agua en la vereda”. (Carlos Yacue, 2023, - declaración generada).

La falta de acceso a agua potable segura tiene un impacto negativo en la salud pública, especialmente en los niños. Aunque muchos municipios reportan tener plantas de tratamiento de agua, la calidad del agua tratada no siempre es adecuada, lo que resulta en enfermedades transmitidas por el agua. Esto subraya la necesidad de un monitoreo constante de la calidad del agua distribuida a la población. En el caso de la vereda Gualcan – Páez, Cauca; ilustra cómo la falta de acceso a agua potable de calidad puede afectar a las comunidades, a pesar de tener fuentes de agua cercanas. La optimización y reconstrucción de la planta de tratamiento de agua potable es fundamental para garantizar un suministro seguro y de calidad. (Pensamiento propio).

La normativa colombiana, como el Decreto 1575 del 2007 y la Resolución 2115 del 2007, establece estándares y frecuencias de control para garantizar la calidad del agua para consumo humano. El acceso a agua potable de calidad es esencial para el desarrollo y la salud de la población colombiana. Garantizar la disponibilidad y el tratamiento adecuado del agua es un desafío crucial que debe abordarse para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, especialmente de los más vulnerables, como los niños.

Teniendo en cuenta lo anterior, surge la siguiente pregunta la cual da solución a lo mencionado.

¿Cuáles estrategias eficientes y sostenibles se pueden implementar para mejorar el sistema de acueducto en la Vereda Gualcán, asegurando un suministro de agua de calidad para todos sus habitantes, teniendo en cuenta los desafíos ambientales y las limitaciones de recursos económicos?

### 3. PERTINENCIA SOCIAL

Este proyecto, ubicado en la vereda Gualcan dentro del resguardo indígena de Cohetando en el Municipio de Páez, Cauca, tiene como objetivo beneficiar a 75 familias Paeces, una fracción del resguardo. La iniciativa, respaldada por la comunidad y el Cabildo indígena, busca mejorar la planta de tratamiento para optimizar la eliminación de contaminantes y agentes patógenos en el agua, asegurando un suministro seguro y de alta calidad para el consumo humano. Este enfoque no solo reduciría las enfermedades transmitidas por el agua, mejorando la salud de los habitantes, sino que también proporcionaría un suministro confiable de agua potable, estimulando las condiciones de vida y fomentando el desarrollo económico en la comunidad de Gualcan.

## 4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La vereda de Gualcan está Ubicada dentro del resguardo indígena de Cohetando, Municipio de Páez - Cauca, este se encuentra en la región suroccidental de Colombia, en la zona sur – occidental de la cordillera “Los Andes”.

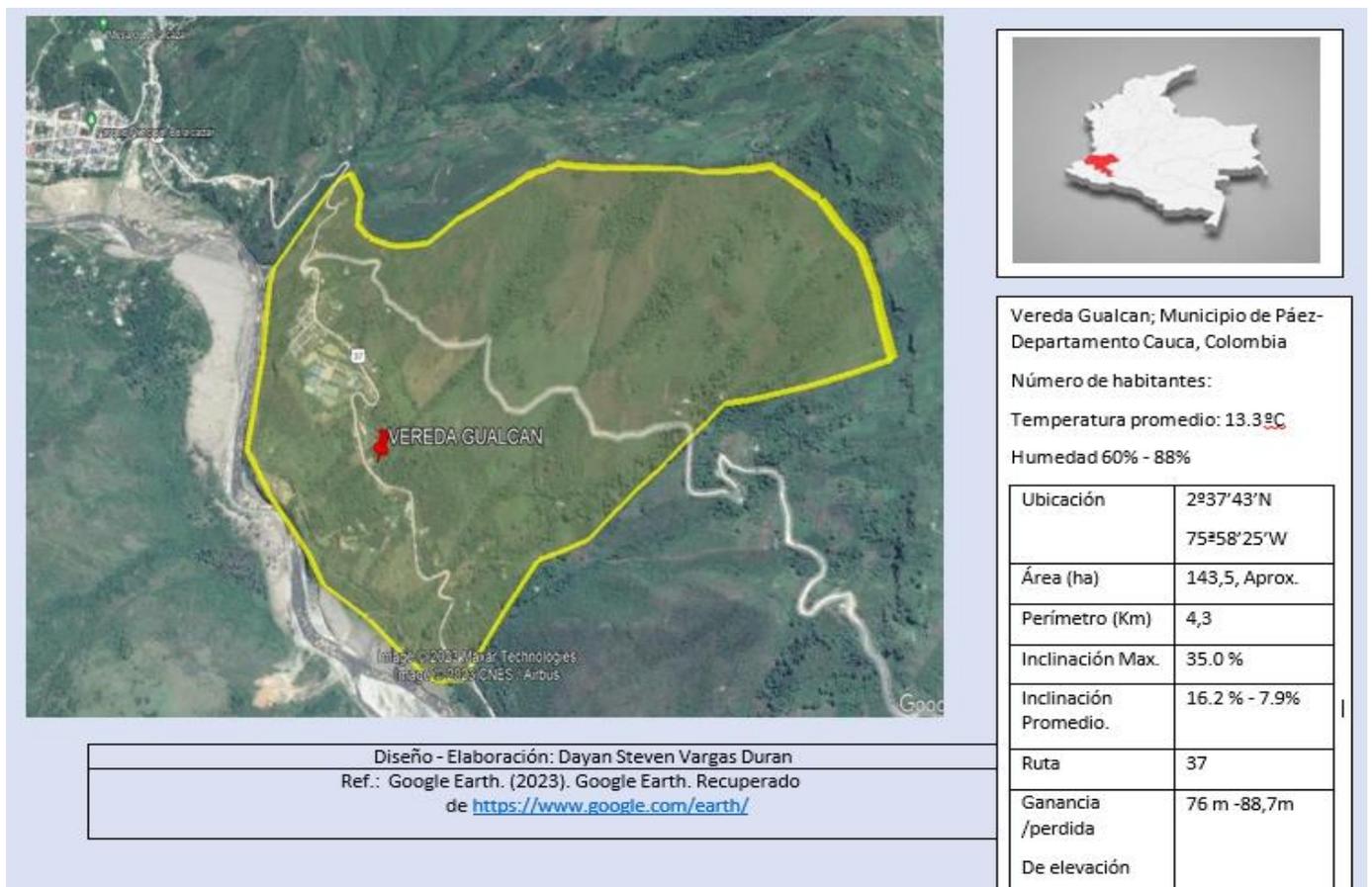


Imagen 01: Duran, D. (2023). Ubicación geográfica; Vereda Gualcan, Páez– Cauca.

<https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>;

## 5. ESTADO DEL ARTE

- *Valoración de riesgos impulsada por la normativa para potenciar la calidad del agua potable: Estudio de caso de abastecimientos privados de agua en Inglaterra y Gales:*

Evalúa las diferentes configuraciones según normativa de Inglaterra y Gales para la producción de agua potable consumible en zonas de suministro privado; evitando riesgos de salud públicas derivadas de aguas sin su tratamiento adecuado.

El artículo aborda la configuración gerencial y regulatoria de los Private Water Supply (PWS) (Suministro de agua privado) en Inglaterra y Gales, donde se observa una limitada atención y recursos destinados a lograr agua potable "sana" según los estándares de calidad. A pesar de que el requisito de evaluar el riesgo de los PWS se incluyó en las regulaciones en 2009 y 2010, las tasas de cumplimiento son bajas y se han planteado preocupaciones sobre la falta de acción posterior. El artículo maneja un dirección de técnicas mixtos que incluye entrevistas y encuestas para alcanzar los siguientes objetivos: identificar las fuentes de datos disponibles para realizar evaluaciones de riesgo por parte de las autoridades locales, comprender los factores que facilitan o dificultan las decisiones y acciones basadas en las evaluaciones de riesgo, investigar la influencia del entorno regulatorio en estos aspectos y proponer sugerencias para mejorar el uso eficiente de los datos y la calidad del agua potable de los PWS en Inglaterra y Gales. Kevin O. Obiero, Sandra Ajode Z. Migeni, Alfred O. Achieng, Volumen 49, (2023).

Los resultados destacan deficiencias en el cumplimiento normativo que impactan la percepción nacional sobre la calidad del agua potable de los Sistemas de Abastecimiento de Agua (PWS, por sus siglas en inglés), afectando la asignación de recursos a nivel nacional. Se abordan las partes interesadas responsables de la evaluación de riesgos, proponiendo el desarrollo de una base de datos de salud ambiental para facilitar el intercambio de información. También se destaca

la necesidad de reconocer diversos recursos y estrategias requeridos para llevar a cabo evaluaciones de riesgos, junto con la introducción de formularios de Inspección Sanitaria para operadores de PWS. Se recomienda, además, brindar apoyo financiero para la implementación de acciones correctivas, promoviendo así una gestión más efectiva y segura de los sistemas de abastecimiento de agua. Kevin O. Obiero, Sandra Klemet-N'Guessan, Ajode Z. Migeni, Alfred O. Achieng, Volumen 49, (2023).

Al enfrentar los desafíos señalados en el artículo, especialmente la carencia de recursos y acciones subsiguientes, el proyecto "Diagnóstico del Sistema de Acueducto en la Vereda de Gualcan; Municipio Páez – Cauca" puede implementar medidas para optimizar la planta de tratamiento con los recursos disponibles. Esto aseguraría la ejecución de las acciones necesarias para salvaguardar la calidad del agua potable en la comunidad de Gualcan. Además, las recomendaciones sugeridas en el artículo, como el uso eficiente de datos, intercambio de información, implementación de medidas correctivas y estrategias de evaluación de riesgos, son aplicables al proyecto de optimización de la planta de agua potable. Estas sugerencias pueden contribuir a mejorar la eficiencia y efectividad de las operaciones de la planta, garantizando la calidad del agua potable suministrada al sector indígena. En términos generales, el artículo desarrolla la organización del presupuesto adaptado a las necesidades locales, estableciendo referencias legales vigentes para determinar la viabilidad del proyecto en acción.

***Mejora del tratamiento de agua potable en áreas rurales mediante floculador vertical tubular:  
Una alternativa tecnológica:***

El estudio evaluó la eficiencia de un floculador tubular vertical (VTF) como parte del proceso de purificación en zonas rurales con caudales pequeños. Se implementó un sistema de tratamiento experimental (ETS) en campo utilizando tuberías y accesorios de PVC. Se determinó la cantidad inapreciable de coagulante mediante pruebas y se evaluó el comportamiento hidráulico del VTF. El VTF mostró ser un modelo eficiente para minimizar la turbidez y color en el agua. Se concluyó que el ETS con VTF, decantación y filtración podría ser una herramienta útil para áreas rurales. Se recomienda replicar el estudio con aguas residuales y establecer una metodología específica para su diseño y dosificación con bombas dosificadoras para mejorar los resultados del

VTF, así como desarrollar un modelo hidráulico para el VTF. Fernando García-Ávila, Darwin Tenesaca-Pintado, (2023)

La metodología aplicada en este estudio se centró en la identificación de muestras, utilizando análisis estadísticos en dos conjuntos de datos para evaluar su distribución y determinar la relación entre ellos. Inicialmente, se empleó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, una herramienta para evaluar la normalidad de los datos y determinar la necesidad de transformaciones antes de realizar pruebas estadísticas adicionales. Los resultados indicaron que los datos no seguían una distribución normal. Como respuesta a esto, se optó por el coeficiente de correlación de Spearman, que mide la fuerza y dirección de la asociación entre variables clasificadas, para analizar la conexión entre las dos series de datos.

Posteriormente, se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon, diseñada para comparar el rango medio de dos muestras relacionadas y determinar si existen diferencias significativas en las medias de las muestras. Esta prueba es especialmente adecuada para datos que no siguen una distribución normal. Adicionalmente, se llevó a cabo una regresión lineal múltiple, utilizando la eficiencia como variable dependiente y los logaritmos decimales de turbidez y longitud como variables independientes. Un nivel de confianza del 90% se utilizó para evaluar la relación entre estas variables. Fernando García-Ávila, Darwin Tenesaca-Pintado, (2023)

El sistema de tratamiento experimental (ETS) implementado en campo durante el estudio con el VTF permite obtener resultados prácticos y aplicables. Estos resultados podrían ser utilizados como referencia en el proyecto “Diagnóstico del Sistema de Acueducto en la Vereda de Gualcan; Municipio Páez – Cauca”, para implementar o mejorar la planta de tratamiento de agua potable en el Cauca, ya que ambos buscan mejorar el acceso a agua potable segura en áreas rurales y consideran tecnologías alternativas y eficientes para lograr este objetivo.

- ***Investigación sobre la relación de diferentes costumbres de comunidades indígenas de África para fortalecer las gestiones sostenibles de los recursos acuáticos de la zona:***

Reconoce las prácticas culturales y espirituales que han influido en el uso de los recursos indígenas y así determinar posibles técnicas de mejora para la conservación y gestión de los ecosistemas acuáticos en África oriental - occidental.

El artículo enfatiza en reconocer las perspectivas éticas y los valores indígenas de la gobernanza tradicional de los recursos naturales ya que a menudo las excluyen. Por lo tanto, este resalta la importancia de incorporar la comprensión y las perspectivas de las comunidades indígenas en la gestión de los recursos acuáticos. El estudio prioriza la necesidad crítica de combinar el conocimiento tradicional con enfoques científicos para mejorar la gestión de los recursos acuáticos. Además, se proporcionan recomendaciones para integrar los sistemas de conocimiento indígena y no indígena, reconociendo la importancia de considerar las perspectivas y los valores indígenas en los enfoques de gestión de los ecosistemas. También promueve una mejor gestión de los recursos acuáticos al combinar el conocimiento tradicional indígena con enfoques científicos. Esto implica reconocer y valorar las prácticas culturales y espirituales de los pueblos indígenas, así como incorporar sus perspectivas y valores en los enfoques de gestión de los ecosistemas. (Kevin O. Obiero, Sandra Klemet-N'Guessan, Ajode Z.2023).

Este artículo sostiene un método el cual hace puntual el reconocimiento de costumbres indígenas respecto a la preservación de los recursos hídricos, la experiencia y la capacitación de la comunidad indígena, complementado con literatura relevante actual. El artículo incluye dos estudios de caso, uno sobre la gestión de pequeñas represas en Côte d'Ivoire y otro sobre la economía transaccional de sexo por pescado en la cuenca del lago Victoria en Kenia. Después se analizan diferentes estudios relacionados a este caso, se extraen lecciones y se propone un modelo para transformar futuras investigaciones y prácticas de gestión en África Oriental - Occidental. El modelo propuesto se centra en la integración significativa y recíproca de los sistemas de conocimiento indígena. (Kevin O. Obiero, Sandra Klemet-N'Guessan, Ajode Z.2023).

Al abordar el proyecto "Diagnóstico del Sistema de Acueducto en la Vereda de Gualcan; Municipio Páez – Cauca", resulta crucial no solo reconocer sino también valorar el conocimiento tradicional indígena en relación con los recursos acuáticos. Esto implica una participación activa de la comunidad indígena en la toma de decisiones, capitalizando su experiencia y sabiduría en el

manejo sostenible del agua. Integrar las costumbres de la población indígena con las investigaciones contemporáneas sobre la protección y gestión del recurso hídrico puede proporcionar una guía valiosa para la investigación y las prácticas de gestión dentro del proyecto de optimización de la planta de agua potable. Esta colaboración no solo busca reconocer, sino también empoderar a la comunidad indígena, estableciendo una relación recíproca entre los conocimientos indígenas y no indígenas. El objetivo final es beneficiar los ecosistemas acuáticos de la zona mediante una gestión más informada y respetuosa. Además, se destaca la importancia de comprender las prácticas culturales y espirituales relacionadas con los recursos acuáticos. En el contexto de la optimización de la planta de agua potable, esto implica considerar cuidadosamente los aspectos culturales y espirituales del agua para asegurar una gestión adecuada y respetuosa de este recurso vital.

El trabajo comunitario dentro de la comunidad de Gualcan enfatiza la importancia de integrar los sistemas de conocimiento indígena, involucrar a la comunidad indígena en el proceso de toma de decisiones y considerar las prácticas culturales y espirituales relacionadas con el agua. Esto contribuirá a una gestión más efectiva y sostenible de los recursos acuáticos en beneficio de la comunidad indígena y los ecosistemas locales. (Cogua Gómez, L. 2017).

- ***El uso in situ del peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en reservorios contaminados con algas verdeazuladas resulta en una notable mejora en la potabilización del agua, brindando una mayor facilidad para su tratamiento:***

Evaluar el impacto del uso de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en la mejora de la calidad del agua eutrófica utilizada como suministro de agua potable. Específicamente, se buscó comprender los efectos del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en la tratabilidad del agua cruda contaminada con cianobacterias.

En este estudio, se utilizó el análisis factorial exploratorio (AFE) para evaluar los efectos del peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en la mejora de la calidad del agua eutrófica utilizada como suministro de agua potable. El análisis se realizó utilizando agua cruda contaminada con cianobacterias y se expuso al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a concentraciones de 5 y 10 mg L<sup>-1</sup>. Se encontró que el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mejoró significativamente la tratabilidad del agua al reducir estas tres variables. Además, se

demonstró que el uso del análisis factorial exploratorio es una herramienta prometedora para identificar qué variables limnológicas son más relevantes en términos de eficacia del tratamiento del agua. Esto puede conducir a un monitoreo más eficiente y menos costoso de la calidad del agua. María Aparecida Melo Rocha, Allan Clemente, Allan Amorim Santos, Jessica da Silva Melo, Carlos J. Pestana, (2023).

Los resultados del estudio revelaron que la clorofila-a cianobacteria se volvió indetectable después de la aplicación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en ambas concentraciones durante un período de cuatro días. Sin embargo, no se observaron cambios significativos en las concentraciones de clorofila-a de algas verdes y diatomeas. El análisis factorial exploratorio identificó factores clave afectados por el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, como la turbidez, el pH y la concentración de clorofila-a cianobacteria, todos elementos cruciales en el tratamiento del agua potable. Este estudio no solo destaca los factores fundamentales afectados por el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, sino que también sugiere su potencial relevancia para el proyecto de optimización de la planta de tratamiento en la comunidad de Gualcan. Al comprender los factores específicos que influyen en la calidad del agua cruda, se establece una evaluación de la eficacia del tratamiento con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, el cual podría mejorar significativamente la tratabilidad del agua al reducir la turbidez, el pH y la concentración de clorofila-a cianobacteria. Esta información emergente podría ser de gran valor para el proyecto, indicando que la aplicación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> podría ser una estrategia efectiva para elevar la calidad del agua en la zona indígena. María Aparecida Melo Rocha, Allan Clemente, Allan Amorim Santos, Jessica da Silva Melo, Carlos J. Pestana, (2023).

Durante el análisis del estudio, se relacionaron monitoreos continuos, satisfaciendo un análisis factorial exploratorio, siendo una herramienta prometedora para identificar las variables limnológicas más relevantes en términos de eficacia del tratamiento del agua. Esto puede contribuir a un monitoreo más eficiente y menos costoso de la calidad del agua en la planta de tratamiento del proyecto, al enfocarse en las variables más críticas. Por lo cual el artículo me proporciona información y enfoques que pueden ser aplicados al proyecto de optimización de la planta de tratamiento de agua potable, comprendiendo los factores clave que afectan la calidad del agua, evaluando estrategias efectivas de tratamiento y me sugiere métodos de monitoreo eficiente.

(María Aparecida Melo Rocha, Allan Clemente, Allan Amorim Santos, Jessica da Silva Melo, Carlos J. Pestana, 2023).

En síntesis, de lo anterior, demostró que el tratamiento in situ de cuerpos de agua eutróficos utilizando peróxido de hidrógeno puede mejorar la calidad del agua utilizada para el abastecimiento humano. El análisis factorial exploratorio proporcionó información valiosa sobre las variables más relevantes en la eficacia del tratamiento del agua, lo que puede tener implicaciones importantes para la gestión y el monitoreo de la calidad dentro y fuera del sistema de tratamiento en mejora.

- ***Investigación analítica del sistema de recuperación de agua del punto de rocío con aplicación potencial para la producción de agua potable:***

Destaca las ventajas del sistema DPWR como un método de obtención de agua potable eficiente y de fácil acceso, al no requerir una fuente adicional de energía térmica más allá de la energía del aire suministrado al sistema. El artículo de investigación presenta un análisis del sistema de recuperación de agua de punto de rocío (DPWR) y su estudio potencial en la producción de agua potable. Se proponen cuatro configuraciones diferentes del sistema DPWR, que varían en el número y tipo de intercambiadores de enfriamiento de punto de rocío utilizados. Se describe el funcionamiento del sistema utilizando un modelo matemático validado de coeficiente de transferencia de calor por convección. Los resultados muestran que la configuración de tres etapas del sistema DPWR con intercambiador regenerativo tiene el mejor rendimiento en la recuperación de agua, mientras que la configuración de tres etapas con intercambiador de contraflujo presenta la mejor relación entre la energía suministrada al sistema y la cantidad de agua producida. Se encontró que el sistema DPWR puede operar en una amplia gama de condiciones operativas, con un consumo específico de energía eléctrica inferior a 0,9 kWh/m<sup>3</sup> y un GOR (relación de generación de vapor) en el rango de 0,36 a 2,16. Amany D. Mekal, Mona M. El-Shazly, Mohamed Ragab, Ezzat R. Marzouk, (2021).

La principal característica distintiva del sistema DPWR es su capacidad para operar sin una fuente adicional de energía térmica, aparte de la energía del aire suministrada al sistema. Esto le

confiere un potencial para llenar el vacío tecnológico en la producción de agua potable, al ofrecer un método de bajo consumo energético y de fácil acceso. En relación con el proyecto “Diagnóstico del Sistema de Acueducto en la Vereda de Gualcan; Municipio Páez – Cauca”, el estudio sobre el DPWR ofrece un enfoque tecnológico, ya que permite una reducción en consumo de energía en cuanto a la recuperación hídrica y optimizar el suministro de agua en la comunidad de Gualcan. La evaluación de las configuraciones del DPWR, su eficiencia en la recuperación de agua y su capacidad para operar sin una fuente adicional de energía térmica brindan perspectivas valiosas para el proyecto de optimización. La implementación del DPWR puede mejorar la calidad y disponibilidad del agua potable, aprovechando la energía disponible y adaptándose a las condiciones operativas variadas de la zona la cual es rural. (Amany D. Mekal, Mona M. El-Shazly, Mohamed Ragab, Ezzat R. Marzouk, 2021).

## 6. MARCO DE REFERENCIA

Una planta de tratamiento para la potabilización de agua se compone de una serie de instalaciones que gestionan, conducen, purifican y, finalmente, distribuyen este recurso ya tratado como apto para el consumo humano. La infraestructura debe ser capaz de mantener un suministro adecuado para satisfacer la demanda de agua potable en la zona designada, asegurando así que la población beneficiaria cuente con acceso constante a este recurso esencial. Para garantizar la viabilidad a largo plazo de la planta, es fundamental establecer una tarifa justa por el servicio. Esta tarifa no solo respalda el funcionamiento continuo de la planta, sino que también contribuye a cubrir los costos asociados con la operación, mantenimiento y mejoras necesarios para cumplir con estándares de calidad y eficiencia. Triana, E. J. H., & Briceño, C. A. C. (2017)

Los sistemas de tratamiento de agua potable son un conjunto de instalaciones diseñadas para captar, transportar, potabilizar, almacenar y distribuir agua potable a los usuarios finales, asegurando la cantidad y calidad necesarias. Es decir que, los sistemas de abastecimiento y saneamiento son un grupo de construcciones que tiene como fin el almacenamiento, la explotación, la captación, la potabilización y transportación de agua ya sea de fuentes naturales, superficiales, agua lluvia o subterráneas para abastecerse en calidad y cantidad para las necesidades requerida para los lugares de carácter necesarios. Comunidad Autónoma de Cantabria; art. 3, (2003)

Una PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable) se clasifican según la zona, ya sea urbana donde los sistemas son complejos o zonas rurales donde los sistemas son un poco más sencillos ya que no tienen redes de distribución tan complejas, ya que, cuentan con llaves para uso común. Estos sistemas están formados por: producción (plantas de tratamiento), sistemas de almacenamiento (embalses), sistemas de distribución (túneles y tuberías) y sistemas de captación (cuencas hidrográficas, ríos y quebradas). La identificación de los posibles riesgos en afectación emitida hacia la red hídrica y planta de tratamiento se maneja teniendo en cuenta el artículo. Arias, B. R., Zafra Mejía, C., Bejarano, D. (2014). El cual difiere los procedimientos en referencia para tener en cuenta, esto manejando estructuras de magnitud alta o baja (según el requerimiento de la demanda). Se realiza una descripción a sus puntos de trabajo, también se analiza y se evalúa todo el perímetro de construcción; esto para determinar la vulnerabilidad e impactos negativos hacia la infraestructura planificada. Revista; Tendencias En La Ingeniería, Cap. 4. Pág. 8, (2015).

El sistema actual de acueducto de la vereda Gualcan del municipio de Páez – Cauca; no cuenta con una calidad de agua apta para el consumo humano, pero se requiere un pretratamiento de desinfección para la eliminación de ciertos coliformes dispersos en este recurso hídrico, los cuales se han analizado con anterioridad, demostrando una tasa amplia en presencia de bacterias como la *Escherichia coli* y coliformes totales. El sistema de potabilización será administrado directamente por la junta de acción comunal de la comunidad, por lo cual será aplicado en relación del régimen actual nacional sobre el cobro del metro cúbico tratado. Además, las tarifas serán concernientes al costo total de la obra y tendrá un adicional para el sostenimiento de la misma planta durante 18 años, esto dictado según el artículo de referencia. Aguirre Gómez, Fernando Augusto, pg. 25- 34, (2014).

Los controles principales y secundarios de la planta se tendrán en cuenta mediante bitácoras vigiladas directamente por el administrador en planta, este deberá responder por el rendimiento general de la planta cada 6 meses, se hará una reunión planificada previamente por la junta comunal y la comunidad beneficiada. En este espacio se prevé analizar el caudal de inicio versus el canal de salida, determinando la portabilidad y disponibilidad del recurso hídrico de la zona;

para el análisis de la parametrización se tiene en cuenta el artículo analizado. (Edward J. Marín, Andrés F. Serna, 2016)

Lo referente al tratamiento del agua potable se dará después de un análisis previo y evaluación del sistema hídrico, este se dará directamente en las bocatomas de entrada. Con lo anterior, se prevé el procedimiento que se debe hacer para tener un resultado exitoso y óptimo en la destinación del recurso distribuido en la zona requerida. Tenemos que resaltar que los costos económicos de este sistema de tratamiento van de acuerdo a los costos de operación, administración y de la previa construcción de la planta. El propósito de este proyecto enfatiza en el desarrollo de la comunidad y dirección técnicamente el diseño de realización, construcción y evaluación del sistema propuesto en esta zona rural, para esto se analiza sus usos y características del recurso hídrico; estableciendo lo anterior se escogen las fuentes que suplementan lo adquirido en la obra. Lossio, M. (2012).

## 6.1. TERMINOLOGIA RELACIONADAS A ESTRUCTURAS HÍDRICAS:

Se relacionó los equipos funcionales de la Vereda Gualcan con la terminología que maneja la (Empresa Publicas Medellín; EPM – 2015); esto para identificar su funcionamiento operativo de manera técnica; <https://www.grupo-epm.com/site/aguasnacionales/nuestra-gestion/glosario>

### 6.1.1. Fuentes De Abastecimiento:

- Contexto:

Es la ubicación donde se obtiene el agua que será tratada y distribuida para el consumo humano o para otros usos. (Empresa Publicas Medellín; EPM – 2015);

- Tipos de fuentes de abastecedoras:

- Fuentes superficiales: Estas son orígenes de agua que se hallan en la superficie de la tierra, como lagos, ríos, embalses y arroyos. El agua se captura de estas fuentes y se canaliza hacia una planta de tratamiento de agua para su purificación antes de distribuirla a la población. Empresa Publicas Medellín; (2015).

- Fuentes subterráneas: Estas son fuentes de agua que se hallan bajo la superficie de la tierra, generalmente en acuíferos. El agua se extrae a través de pozos o perforaciones y luego se somete a tratamiento antes de ser distribuida. Empresa Publicas Medellín; (2015).
- Manantiales: Los manantiales son fuentes naturales de agua que emergen de la tierra, a menudo en forma de manantiales naturales. Estas fuentes de agua a menudo se consideran de alta calidad y requieren menos tratamiento. Empresa Publicas Medellín; (2015).
- Agua de lluvia: En algunas regiones, especialmente en áreas con escasez de agua, se captura y almacena el agua de lluvia para su uso como fuente de abastecimiento de agua. Empresa Publicas Medellín; (2015).
- Desalinización: En áreas costeras, el agua de mar se puede desalinizar (eliminar la sal) para obtener agua dulce que luego se utiliza como fuente de abastecimiento. Empresa Publicas Medellín; (2015).

## 6.1.2 Bocatoma:

### - Funcionalidad:

Es una estructura diseñada para capturar y tomar agua de una fuente de abastecimiento, como un río, arroyo, canal u otra fuente superficial de agua, para su posterior procedimiento de mejora y distribución a través de un acueducto. Empresa Publicas Medellín; (2015).

### - Aspectos técnicos:

- Captura de agua: La bocatoma captura el agua de la fuente superficial, a menudo utilizando compuertas, o estructuras similares para controlar el flujo de agua hacia el sistema. Empresa Publicas Medellín; (2015).
- Sedimentación: En muchas bocatomas, se incorporan estructuras de sedimentación para permitir que los sedimentos y materiales en suspensión se depositen antes de que el agua ingrese al sistema de tratamiento. Empresa Publicas Medellín; (2015).

- Desviación: En algunas bocatomas, se puede desviar parte del flujo de agua para evitar que entre directamente en el sistema de tratamiento en momentos de alta turbulencia o contaminación. Empresa Publicas Medellín; (2015).
  - Control de calidad: Se monitorea y verifica la calidad del agua capturada en la bocatoma, y se toman medidas para garantizar que cumpla con los estándares de calidad requeridos antes de ser procesada y distribuida. Empresa Publicas Medellín; (2015).
- Tipos:
- Bocatoma de Gravedad: Esta es una de las bocatomas más simples y comunes. Funciona aprovechando la gravedad para canalizar el agua de una fuente superficial, como un río o un arroyo, hacia un canal de derivación o un conducto principal que lo lleva a una planta de tratamiento de agua o un sistema de distribución. Empresa Publicas Medellín; (2015).
  - Bocatoma con Compuertas de Control: Estas bocatomas incorporan compuertas o compuertas de control que se pueden abrir o cerrar según sea preciso para regular el flujo de agua capturada. Esto es útil para controlar la cantidad de agua que ingresa al sistema y para evitar inundaciones en momentos de crecidas. Empresa Publicas Medellín; (2015).
  - Bocatoma con Rejas: Las rejas se utilizan en las bocatomas para evitar que objetos grandes, como troncos o desechos, ingresen al sistema de agua. Estas rejas ayudan a proteger el sistema de tuberías y a prevenir obstrucciones. Empresa Publicas Medellín; (2015).
  - Bocatoma con Desarenadores: Estas bocatomas incluyen desarenadores que eliminan los sedimentos y partículas en suspensión del agua capturada antes de que ingrese al sistema de tratamiento. Esto ayuda a reducir la carga de sedimentos en la planta de tratamiento. Empresa Publicas Medellín; (2015).
  - Bocatoma con Presa: En algunas áreas, se construyen presas para crear embalses de agua que luego se utilizan como fuentes de abastecimiento. La bocatoma en este caso se encuentra en la presa y controla el flujo de agua desde el embalse

hacia el sistema de tratamiento y distribución. Empresa Publicas Medellín; (2015).

- Bocatoma Subterránea: Estas bocatomas se ubican debajo de la superficie del agua en fuentes subterráneas, como pozos o acuíferos. El agua se bombea desde estas fuentes y se dirige al sistema de tratamiento. Empresa Publicas Medellín; (2015).
- Bocatoma en Canal Abierto: En algunas regiones, se utilizan canales abiertos para capturar y transportar agua a lo largo de distancias cortas. Las bocatomas en canales abiertos permiten la entrada de agua a un canal desde una fuente superficial. Empresa Publicas Medellín; (2015).
- Bocatoma de Desviación: Estas bocatomas se utilizan para desviar parte del flujo de agua de una fuente superficial hacia el sistema de tratamiento mientras se permite que el resto del flujo continúe su curso original. Esto es útil en situaciones donde es necesario conservar el flujo de agua en la fuente original. Empresa Publicas Medellín; (2015).

### **6.1.3. Desarenador Convencional:**

- Funcionalidad:

Estructura utilizada en sistemas de tratamiento de agua para eliminar partículas de arena y sedimentos del agua cruda antes de que el agua sea sometida a procesos de tratamiento adicionales. Este cumple con parámetros de remoción total según su tiempo de retención hidráulica. Empresa Publicas Medellín; (2015).

### **6.1.4. Aducción:**

- Funcionalidad:

Es la conducción del agua a través de canales, tuberías o conductos desde la fuente (bocatomas) hasta la planta de tratamiento. Empresa Publicas Medellín; (2015).

### **6.1.5. Tanque De Salida:**

- Funcionalidad:

Los tanques de almacenamiento y salida son componentes fundamentales en sistemas de almacenamiento y distribución. Su función principal es la de almacenar y regular el flujo del líquido en cuestión para su posterior distribución o uso. Empresa Publicas Medellín; (2015).

- Aspectos técnicos:

1. Almacenamiento: El tanque de almacenamiento se utiliza para contener grandes cantidades de una sustancia en particular. Estos tanques permiten acumular el producto de manera segura hasta que se necesite para su uso posterior. Empresa Publicas Medellín; (2015).
2. Regulación de flujo: El tanque de salida o tanque de compensación se encuentra en la salida del sistema y actúa como un regulador del flujo de la sustancia hacia la línea de distribución. Permite un suministro más uniforme y constante del producto, evitando fluctuaciones bruscas en el flujo. Empresa Publicas Medellín; (2015).
3. Presión constante: Los tanques de salida también pueden mantener una presión constante en la línea de distribución. Empresa Publicas Medellín; (2015).
4. Reserva de emergencia: En algunos casos, los tanques de almacenamiento también pueden servir como reserva de emergencia. Por ejemplo, en sistemas de suministro de agua potable, se pueden utilizar tanques de almacenamiento para garantizar que haya agua disponible en caso de cortes de suministro temporales. Empresa Publicas Medellín; (2015).

## 7. OBJETIVOS:

### 7.1. GENERAL

Diagnosticar el sistema de acueducto teniendo en cuenta la normatividad vigente sobre la calidad del agua en la Vereda de Gualcan, Municipio de Páez - Departamento del Cauca.

### 7.2. ESPECÍFICOS

- Evaluar los componentes, actividades y procesos del acueducto de la Vereda Gualcan, sujeto a las reglamentaciones actuales.
- Proponer mejoras en el sistema de tratamiento respecto a los procesos actuales.
- Capacitar el personal encargado sobre la operación y mantenimiento de la planta de suministro, con el fin de garantizar su competencia técnica y conocimiento actualizado en las prácticas de tratamiento de agua potable.

## 8. METODOLOGÍA:

Este proyecto se basó en una metodología descriptiva experimental que se enfocó en la observación detallada y la recopilación de datos - muestra sobre las estructuras hidráulicas de acueducto, ubicada en la vereda Gualcan, Municipio de Páez - Cauca. El objetivo principal fue analizar las características físicas, químicas y microbiológicas de su estructura de funcionamiento y su calidad de agua.

Para obtener información precisa, se ha interactuado con el personal encargado de operar el acueducto para comprender su manejo y operación. Esto permitió realizar una comparación entre los datos obtenidos a través de la observación y los resultados de los análisis de laboratorio realizados en la Universidad Antonio Nariño (Sede Circunvalar).

Los análisis de laboratorio se han centrado en determinar las propiedades físico-químicas y microbiológicas del agua suministrada por el acueducto, con ello compararlas con los parámetros establecidos por la Resolución 2115 del 2007, emitida por el Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Además, se ha evaluado la concentración de sulfato de aluminio granulado tipo A, para su uso en el proceso de tratamiento del agua, y así se recomendó la dosificación de acuerdo al resultado dado por el método del test de jarras. El propósito de estas evaluaciones es mejorar la operación de la planta y asegurar que el agua potable que se suministra cumpla con los estándares de calidad requeridos.

Para llevar a cabo la realización del proyecto “Diagnóstico del Sistema de Acueducto en la Vereda de Gualcan; Municipio Páez – Cauca”; se tendrá presente las siguientes actividades según la proposición de cada uno de los objetivos descritos anteriormente, además describe brevemente un diagnóstico sobre los resultados esperados.

Este proyecto se dividió en tres etapas (I – II – III) de acuerdo a cada objetivo específico propuesto precedentemente, en el cual se tuvo en cuenta el orden cronológico designado por cada actividad planificada y efectuada por autoría propia.

## **8.1. ETAPA I: *FACTOR PRELIMINAR***

- Realizar un estudio general evaluativo por medio de visitas técnicas de la planta existente, para identificar el estado actual del sistema operativo y condiciones de infraestructura, incluyendo un diagnóstico de su diseño, componentes y procesos de tratamiento.
- Toma de muestras de entrada y salida del flujo hídrico del sistema de tratamiento existente para análisis de calidad del agua.
- Evaluar y valorar la calidad del agua actual con las reglamentaciones vigentes, según resultados de laboratorio.

## **8.2. ETAPA II: *FACTOR SOLUCIONES PREVENTIVAS***

- Busca de información sobre optimización e implementación de acueductos rurales en bases de datos académicos.
- Plantear acciones directas para arreglos/ modificaciones generales en infraestructura de la planta con relación a la información encontrada anteriormente.

## **8.3. ETAPA III: *FACTOR FORMACIÓN APLICADA***

- Realizar una evaluación de las habilidades y conocimientos actuales del personal encargado de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.
- Identificar las áreas en las que se requiere capacitación y formación adicional para mejorar su competencia técnica.
- Planificar la capacitación según manejo técnico de requerimiento.
- Llevar a cabo programas de capacitación planificadas, asegurando la participación activa del personal encargado de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento. Esto implica sesiones presenciales, capacitación en línea, demostraciones prácticas, simulaciones o visitas a otras plantas de tratamiento de referencia. (Se implementará un examen final sobre los conocimientos aprendidos en las capacitaciones y formación dictada).

## 8.4. DISPOSICIÓN DE ANALISIS

De acuerdo a los análisis de estructuración del sistema existente y los resultados de laboratorio se obtuvo un diagnóstico detallado. Este proyecto de investigación permitió analizar la calidad del agua y el funcionamiento del sistema de tratamiento, se implementó recomendaciones importantes para garantizar un suministro de agua seguro y apto para el consumo humano. Estas recomendaciones deberán ser consideradas por los operarios y las autoridades responsables para mejorar la infraestructura y los procesos de tratamiento de agua. A continuación, se plantea los pasos a seguir para cumplimiento de los objetivos planificados.

## 8.5. ESTRUCTURA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS

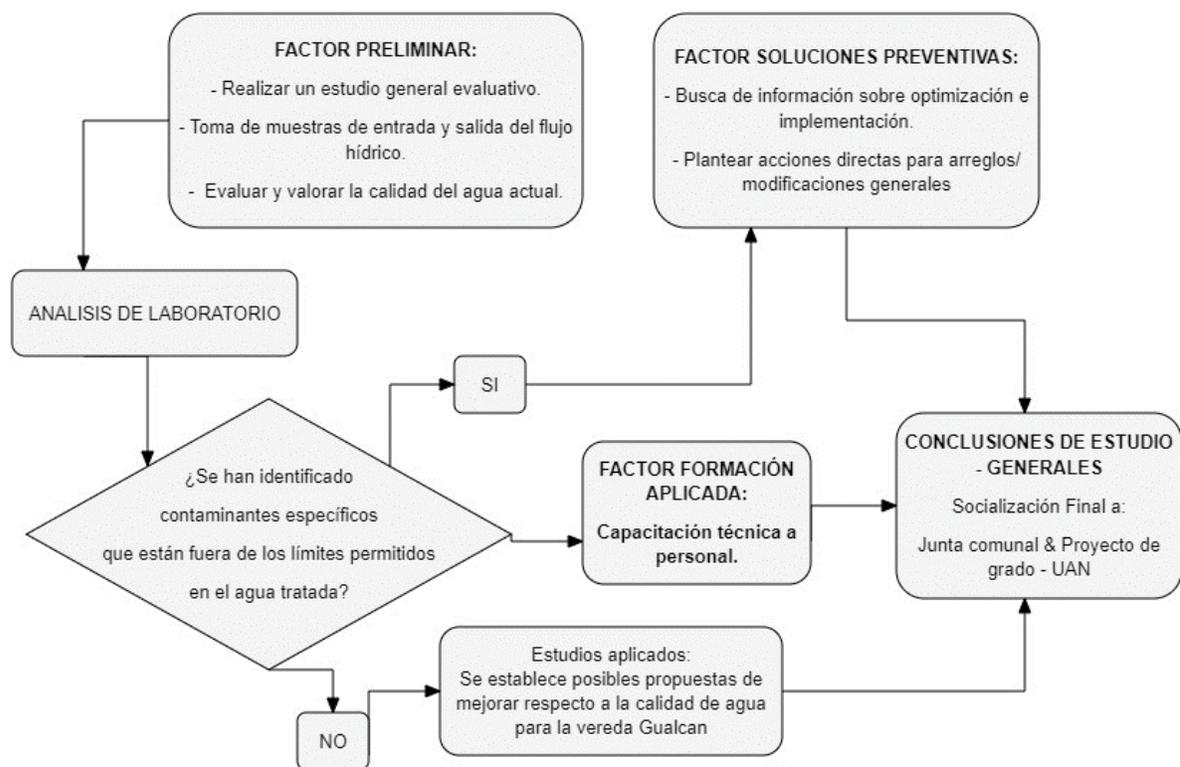


Grafico 1: : Duran, D. (2023). Ubicación geográfica; Vereda Gualcan, Páez– Cauca.

[https://www.canva.com/es\\_419/canva-create/](https://www.canva.com/es_419/canva-create/)

## 9. GENERALIDADES: DESARROLLO - RESULTADOS

A continuación, se representa el desarrollo y resultados del proyecto “Diagnóstico y Mejoramiento del Sistema de Acueducto de Agua Potable para la Vereda de Gualcan; Municipio Páez – Cauca” de acuerdo a los objetivos proyectados.

*Nota:* Se desarrolló una reunión de carácter informativo con tiempo prudente antes de iniciar con el desarrollo del proyecto, en la cual se notificó a toda la comunidad sobre su ejecución y la colaboración necesaria para la realización previa del proyecto. (*presentación, propósito del proyecto – actividad 1*) – Fecha: (12-08-2023)



*Ilustración 1: Notificación para la gestión y presentación de proyecto a desarrollar (2022)*

El 9 de septiembre, se dio a conocer el proyecto ante la comunidad de Gualcan, sus objetivos, el tipo de metodología que se implementaría y los beneficios los cuales se lograrían. La comunidad estuvo de acuerdo con el desarrollo del proyecto y establecieron un compromiso de trabajo comunitario en acción al proyecto. En esta asamblea se dispuso de una comisión la cual acompañó el proceso evaluativo y de análisis en el sistema de tratamiento, las personas seleccionadas fueron:

- Luis Ancizar Viquez - Luis Eduardo Tocoche - Roger Cristóbal - Orlando Tocoche.



*Ilustración 2: Fuente Propia: Reunión comunitaria, 9 de septiembre de (2023)*

**Nota diagnóstica:** El contenido de la metodología para la previa realización de la reunión y salidas técnicas están contempladas en el Anexo 1.

## **9.1. ETAPA I - Factor preliminar:**

A continuación, se describe como se cumplió la etapa I del proyecto, dando cumplimiento al primer objetivo específico: “Evaluar los componentes, actividades y procesos del acueducto de la Vereda Gualcan, sujeto a las reglamentaciones actuales”. Este fue desarrollado en el resguardo indígena de Cohetando, dentro del municipio de Páez- Cauca.

### **9.1.1. Caracterización De Sistema De Acueducto – Vereda Gualcan:**

Se logró una caracterización general de la planta de tratamiento, se identificó el caudal de entrada en las 4 bocatomas con el método de flotación, se tomaron datos de medición de las bocatomas existentes, desarenador y sus dos tanques de almacenamiento.

La vereda de Gualcan, cuenta actualmente con un sistema tradicional de acueducto, el cual será descrito a continuación:

El sistema de acueducto en general con el que cuenta la vereda de Gualcan de encuentra acondicionado por un método básico de distribución, empleando la gravedad como fuerza de presión natural, ya que las pendientes del sector son prominentes, por ende, es de aprovechamiento esta característica. El sistema de acueducto está compuesto por las siguientes estructuras:

Bocatoma Chanyo:

- La primera bocatoma conocida como Chanyo, se encuentra ubicada dentro del resguardo de Cohetando aledaña a la vereda de Gualcan; Latitud 2°37'45.18"N – Longitud 75°57'59.39"O, con una elevación de 1754 msnm.



*Ilustración 3: Bocatoma Chanyo; Análisis estructural (12, sep. 2023)*

<b>DATOS TECNICOS – Bocatoma Chanyo: (Tabla 1)</b>	
<b>Caudal de entrada (aprox.)</b> 0.05 lt/sg	Fecha / hora de evaluó: 12-sep-23 8:32 AM
	Método – Flotación
<b>Medidas Estructurales:</b>	<b>Altura:</b> 0.70 mts <b>Ancho total:</b> 2.5 mts

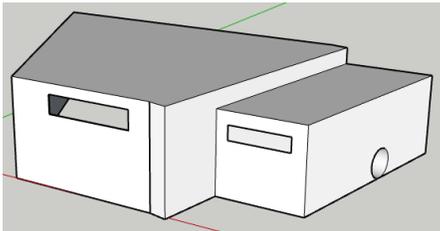
	<b>Largo: 1.8 mts</b>
<b>Tipo de agua:</b>	Fuente subterránea
<b>Modelado 3D:</b>	<b>Observaciones técnicas:</b>
	<p>La estructura evidencia múltiples fallas, por falta de mantenimiento, su acondicionamiento de concreto se refleja firme, no se cumple una limpieza en sus alrededores lo que complica el funcionamiento adecuado de la bocatoma.</p>

Tabla 1: Bocatoma Chanyo; Resumen de datos evaluados (12, sep. 2023)

### Bocatoma El Higuerón:

- La segunda bocatoma, se encuentra en el sector conocido coloquialmente como El Higuerón, ubicada dentro de los mismos límites de la vereda de Gualcan a 1623 msnm, Latitud: 2°37'42.25"N - Longitud: 75°58'18.05"O. En 4 mts de distancia se encuentra la bocatoma la cual recolecta el suministro de agua.



Ilustración 4: Bocatoma El Higuerón; Análisis Estructural (12, sep-2023)

<b>DATOS TECNICOS: Bocatoma El Higuerón: (Tabla 2)</b>	
<b>Caudal de entrada (aprox.)</b>	<b>Fecha / hora de evaluó: 12-sep-23</b>

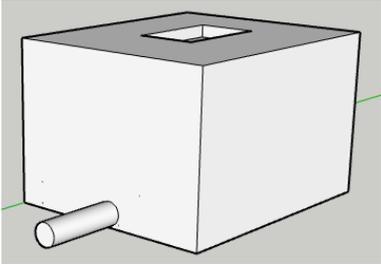
0.02 lt/sg	9:50 AM
	Método – Flotación
<b>Medidas Estructurales:</b>	<b>Altura:</b> 0.80 mts <b>Ancho total:</b> 1.9 mts <b>Largo:</b> 2.0 mts
<b>Tipo de agua:</b>	Fuente subterránea
<b>Modelado 3D:</b> 	<b>Observaciones técnicas:</b> Se evidencia desgaste estructural, poco mantenimiento general, no se identificó la rejilla de entrada a la bocatoma, no sostiene una delimitación de perímetro para evitar contaminación del entorno, se sugiere de manera técnica se aconseja cambio de estructura.

Tabla 2: Bocatoma El Higuerón; Resumen de datos evaluados (12, sep. 2023)

### Bocatoma El Carrizal

- La tercera bocatoma de suministro es identificada como, El Carrizal, esta se ubica en límites de la vereda Gualcan y la vereda de La Palma, sostiene una altitud de 1780 msnm, Latitud: 2°37'18.96"N - Longitud: 75°58'16.94"O. En 2 mts se encuentra su bocatoma la cual garantiza la recolección de este punto.



Ilustración 5: Bocatoma El Carrizal; Análisis Estructural (2023)

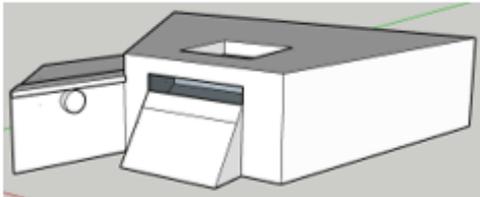
DATOS TECNICOS – Bocatoma El Carrizal: (Tabla 3)	
Caudal de entrada (aprox.) 1,1 lt/sg	Fecha / hora de evaluó: 14-sep-23 11.32 AM
	Método – Flotación
Medidas Estructurales:	<b>Altura:</b> 1.10 mts <b>Ancho total:</b> 2.20 mts <b>Largo:</b> 1.85 mts
Tipo de agua:	Fuente subterránea
<b>Modelado 3D:</b> 	<b>Observaciones técnicas:</b> No sostiene delimitaciones para su restricción de ingreso a personal no autorizado, se evidencia desgaste estructural, poco mantenimiento general, no se identificó la rejilla de filtrado en entrada de la bocatoma, de manera técnica se aconseja cambio de estructura, no sostiene delimitaciones para evitar la entrada de personal no autorizado.

Tabla 3: Bocatoma El Carrizal; Resumen de datos evaluados (12, sep. 2023)

### Bocatoma La Piedra:

- El cuarto punto de suministro se identifica como La piedra, el cual se ubica dentro de los límites de la misma vereda, esta sostiene una altitud de 1594 msnm. Latitud: 2°37'26.45"N – Longitud: 75°58'26.70"O. Su bocatoma se encuentra 2 metros de distancia ya que su abastecimiento proviene de la parte inferior subterránea de una piedra gigante situada en el punto.



Ilustración 6: Bocatoma La piedra; Análisis Estructural (17, sep. – 2023)

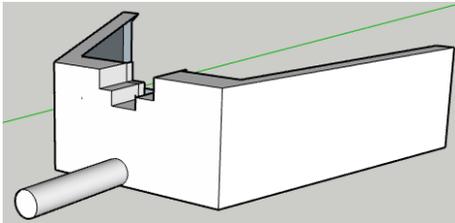
<b>DATOS TECNICOS – Bocatoma La Piedra: (Tabla 4)</b>	
<b>Caudal de entrada (aprox.)</b> 0,2 lt/sg	<b>Fecha / hora de evaluó:</b> 17-sep-23 12.23 AM
	Método – Flotación
<b>Medidas Estructurales:</b>	<b>Altura:</b> 0.7 mts <b>Ancho total:</b> 1.9 mts <b>Largo:</b> 0.80 mts
<b>Tipo de agua:</b>	Fuente subterránea
<b>Modelado 3D:</b> 	<b>Observaciones técnicas:</b> Esta Bocatoma cuenta con múltiples fallas, no se cuenta con rejilla de filtro inicial, la superficie se encuentra descubierta lo cual indica una exposición a contaminantes del entorno, desgaste estructural, poco mantenimiento general, se recomienda restructura miento o cambio de la unidad.

Tabla 4: Bocatoma La Piedra; Resumen de datos evaluados (12, sep. 2023)

Aducción: (Descripción)

La vereda cuenta con línea de (Tubería – PVC) la cual trasporta el agua cruda desde las bocatomas hacia el desarenador, la bocatoma 1 (Chanyo) y 2 (Higuerón) no cuenta con

estructura de tratamiento para el retiro de las arenas; estas líneas de agua llegan directo al tanque de almacenamiento, y finaliza con su riego domiciliario.

- Tubo PVC \* 2 pulgadas: Punto de inicio (bocatoma Chanyo) a punto de disposición (tanque de almacenamiento), pendiente al 48%, distancia 2.6 km aprox.
- Tubo PVC \* 1 ¼” pulgadas: Punto de inicio (bocatoma Higuierón) a punto de disposición (tanque de almacenamiento) pendiente al 34 %, distancia 0,7 km aprox.
- Tubo PVC \* 2 ½” pulgadas: Punto de inicio (bocatoma El carrizal) a punto de paso (desarenador) y finaliza en disposición (tanque de almacenamiento) pendiente al 42 %, distancia 1,8 km aprox.
- Tubo PVC \* ¾” pulgadas: Punto de inicio (bocatoma la piedra) a punto de paso (desarenador) y finaliza en disposición (tanque de almacenamiento) pendiente al 43 %, distancia 2,2 km aprox.

### Desarenador Convencional:

El sistema en general cuenta con un tiempo de uso de más de 20 años, el desarenador desarrolla un trabajo operativo de suministro que aplica durante 24 h, como capacidad de dotación para toda la zona de la vereda Gualcan, beneficiando a más de 56 familias. Este maneja un caudal entre (1.5 lt/sg aprox.). Registro evaluado por el operario de la planta y dato obtenido en la visita técnica.

<b>DATOS TECNICOS – Desarenador: (Tabla 5)</b>	
<b>Caudal de entrada (aprox.)</b> 1,5 lt/sg	<b>Fecha / hora de evaluó:</b> 18-sep-23 11:47 PM
	Método – Flotación
<b>Medidas Estructurales:</b>	<b>Altura:</b> 1.2 mts <b>Ancho:</b> 0.85 mts <b>Largo:</b> 2.5 mts
<b>Tipo de agua:</b>	Fuente Subterránea
<b>Modelado 3D:</b>	<b>Observaciones técnicas:</b> Se registra el no mantenimiento a la estructura, detalles críticos en su funcionamiento, no cuenta con una estructura propia operativa que

	<p>garantice la funcionalidad del sistema operativo.</p>
--	--

Tabla 5: Desarenador; Resumen de datos evaluados (12, sep. 2023)



Ilustración 7: Evaluación sobre el comportamiento del flujo hídrico el desarenador –Se evidencio un apoyo más amplio por parte de la comunidad de Gualcan. (Fuente propia. 17 sep., 2023)

### Tanque de almacenamiento o salida:

Este sistema operativo cuenta con la recepción de tres bocatomas: El carrizal, Higuerón, La Piedra; la capacidad de almacenamiento es de 17.5 m<sup>3</sup>, los cuales dispone para su abastecimiento en toda la vereda Gualcan, su ubicación se encuentra en la parte media de la vereda, para asegurar la recolección y almacenamiento de las diferentes bocatomas ya nombradas.



Ilustración 8: Reconocimiento del tanque de almacenamiento – acompañamiento de operario (fontanero); 17- septiembre, 2023

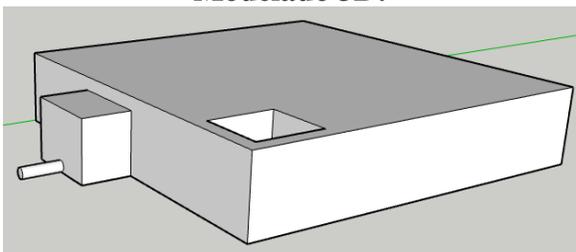
DATOS TECNICOS – Tanque de Almacenamiento (Tabla 6)	
<b>Caudal de entrada (aprox.)</b> 1,5 lt/sg	<b>Fecha / hora de evaluó:</b> 18-sep-23 03:34 PM
	Método – Flotación
<b>Medidas Estructurales:</b>	<b>Altura:</b> 1.6 mts <b>Ancho:</b> 3.3 mts <b>Largo:</b> 3.3 mts
<b>Capacidad de almacenamiento</b>	17.5 m3 aproximados
<b>Modelado 3D:</b> 	<b>Observaciones técnicas:</b> Se registra el no mantenimiento a la estructura, detalles críticos en su funcionamiento, no cuenta con una estructura propia operativa que garantice la funcionalidad del sistema indicado.

Tabla 6: Tanque de almacenamiento; Resumen de datos evaluados (12, sep. 2023)

## 9.1.2. Estado y Verificación de Red de Distribución en Campo:

El sistema en general cuenta con más de 20 años de tiempo de uso, por lo cual las redes de distribución domiciliaria y la red principal del tanque de almacenamiento no se encuentra en sus mejores aspectos de utilidad técnica y de servicio. Cabe resaltar que los cambios de tubería se han realizado limitadamente esto por acción de algún tipo de daño en la red.

Se logró identificar el no funcionamiento de la bocatoma (El carrizal). La cual no está suministrando el agua captada, por lo cual se hizo una visita técnica y de revisión en su tubería

de transporte (bocatoma a tanque de almacenamiento), en este análisis se identificó que la tubería se encuentra con calcificación en las paredes del tubo, lo cual nos indica que en esta bocATOMA se sostiene un agua dura por ser de carácter subterránea lo que pueden contraer calcio y magnesio, que combinados ocasionan este tipo de problemas.



*Ilustración 9: Identificación de calcificación en tubería antigua; Bocatoma el Carrizal (2023)*

### **9.1.3 Muestreo Hídrico del Sistema de Acueducto de la Vereda Gualcan:**

El día lunes 16 de octubre se realizó el muestreo (toma de muestra) en las cuatro bocatomas, al tanque de almacenamiento y a dos puntos domiciliarios (residencial). Este muestreo fue de características simple y puntual; no se adelantó secuencial por el tema de tiempo de entrega y análisis de registro en el laboratorio, las muestras fueron tomadas de acuerdo al Manual de Instrucciones para la Toma, Preservación y Transporte de Muestra de Agua de Consumo Humano para Análisis de Laboratorio (Artículo 27, Decreto 1575 - 2007), el cual indica el procedimiento de toma y almacenamiento de la muestra; se almaceno en nevera térmica con hielo seco, con una temperatura de 5°C – 6°C, en un trascurso aproximado a 24 h, lo cual nos permitió un a preservación adecuada y generar un resultado de análisis de laboratorio más confiable.

Se tomó de 1000 ml a 1500 ml por cada punto de suministro, los envases de vidrio fueron seleccionados con el color ámbar, fueron rotulados y esterilizados según guía acondicionada para el muestreo. La nevera térmica se rotulo y se hermetizo para lograr su transporte desde la vereda Gualcan – Departamento de Cauca, al laboratorio de la Universidad Antonio Nariño sede circunvalar. A continuación, se presenta registro fotográfico sobre la toma de muestra de algunos puntos anteriormente mencionados:



*Ilustración 10: Toma de muestra en Bocatoma El Carrizal; fuente propia (2023)*



*Ilustración 11: Toma de muestra bocatoma "La piedra"; Fuente propia (2023)*



*Ilustración 12: Toma de muestra domiciliaria y bocatoma "El carrizal"; Fuente propia (2023)*

## **9.2. ETAPA II; Factor Soluciones preventivas:**

### *Propuesta de mejoras en el sistema de tratamiento.*

En esta etapa se logró el objetivo específico número dos el cual refiere en “Proponer mejoras en el sistema de tratamiento respecto a los procesos actuales, con el fin de incrementar la eficiencia en la eliminación de contaminantes y la obtención de calidad óptima del recurso”. En lo cual se identificó muchas falencias en las estructuras generales del sistema de acueducto, el servicio que presta no es el adecuado según normatividad vigente (Resolución 2115 – 2007). Se aconseja un cambio en las estructuras de operación teniendo en cuenta lo siguiente.

- Bocatomas: No cuentan con un mantenimiento apropiado, su estructura civil se encuentra en mal estado por lo cual será oportuno una reestructuración general, no se evidenciaron delimitadores en radio de acción de las bocatomas, falta de reforestación en los sitios aledaños de los puntos de suministro.
- Desarenador: La estructura civil se encuentra en malas condiciones por lo cual su funcionamiento no corresponde al adecuado; se manifiesta un cambio por algo más adecuado y funcional.
- Tanque de almacenamiento: Su capacidad de almacenamiento se puede incrementar para obtener un beneficio parcial - adecuado, ya que la población ha aumentado en los últimos

15 años, según (registro poblacional suministrado por la junta comunal), también se evidencia falta de mantenimiento y delimitaciones perimetrales para su previo uso funcional.

- Tubería de transporte y división: El acueducto opera hace más de 20 años, por lo cual la tubería de transporte y suministro por división, se encuentra en mal estado por límite de tiempo en vida útil, además se encontró que en la bocatoma “El carrizal” se encuentra sin funcionamiento por su tubería de transporte de mal estado.

De acuerdo a lo anterior, se diagnostica la estructura como ineficiente en su proceso de operación y distribución de agua potable en la Vereda Gualcan. Se recomienda un cambio drástico en su funcionalidad total, se aconseja equipar la operación de suministro de agua con la tecnología FIME, (Filtración en Múltiples Etapas); la cual desarrolla procesos de filtración en varias etapas, derivando filtros lentos de arena y filtros estandarizados en grava de diámetro grueso. Se analizó la propuesta y el presupuesto acondicionado posiblemente para este proyecto con el Ingeniero Ambiental, Julián Marques de la corporación de NASA KIWE, el cual dio a conocer una posible inversión para la obtención de esta planta de tratamiento. Se debe tener en cuenta que este tipo de sistemas en evaluación costo y beneficio es de carácter viable, ya que la vereda no cuenta con un carácter económico alto.

En las visitas técnicas se evidencio que una de las bocatomas (El carrizal) no estaba en su funcionamiento por taponamiento en su tubería de transporte desde la bocatoma al desarenador, cabe resaltar que esta bocatoma sostiene uno de los suministro mayores de agua al sistema de acueducto, por lo cual se optó por el cambio de la tubería de transporte la cual no estaba en funcionamiento, por ende, se gestionó 25 tubos de agua a presión de 2” pulgadas y 15 de tubos de ½ “pulgada a la alcaldía de Páez – Cauca. Esta solicitud fue redactada y respondida en dos semanas, dándonos los suministros requeridos.

A continuación, se presenta las tareas realizadas por trabajo comunitario para solución de la anterior problemática expuesta.

El 25 de septiembre se hizo el primer trabajo comunitario para el remplazo de tubería domiciliaria, la cual estaba deteriorada por cumplir su ciclo de vida útil, se instaló tubería de ½” para agua presión.



*Ilustración 13: Adecuación de tubería domiciliaria – 25, septiembre - 2023*

El día primero de octubre se visitó la bocatoma el carrizal, el cual se reubico la línea principal con la tubería nueva, en este trabajo se identificó que la tubería existente sostiene una bicapa posiblemente producida por calcificación.



*Ilustración 14: Identificación de problema - Bocatoma El Carrizal; Fuente Propia*

Después de la identificación del problema se propuso el cambio de tubería para 84 metros de red hídrica de 2” pulgadas, la cual se instaló y se reflejó el funcionamiento óptimo de esta misma.



*Ilustración 15: Fuente propia: Restauración de tubería central, bocatoma carrizal, 01 de octubre de 2023*

### **9.3. ETAPA III: Factor, Formación Aplicada**

*Capacitación de personal para manejo de operación-mantenimiento del acueducto existente.*

Para dar cumplimiento con esta etapa se realizó una evaluación como primera estancia para analizar los conocimientos de los encargados del mantenimiento del acueducto, en la cual se contó con los siguientes núcleos evaluativos:

- Experiencias y formación
- Conocimientos técnicos
- Evaluó de procedimientos
- Mantenimiento
- Calidad del agua
- Sostenibilidad de procesos ligados

La idea principal fue obtener información detallada sobre las capacidades, conocimientos y prácticas del grupo de operarios, lo que permitió identificar áreas de mejora y previamente el diseño del plan de capacitación y desarrollo para aplicar.

El día 19 de septiembre se realizó una evaluación a 5 personas, las cuales han sido los encargados del mantenimiento y operación del acueducto de la vereda Gualcan, los cuales se exponen a continuación.

Nombre y apellidos	Número de identificación
Luis Ancizar Víquez	CC. 76006572
Luis Eduardo Tocoche	CC. 5739493
Roger Cristóbal	CC.9284989
Orlando Tocoche	CC. 4730051
Francisco	CC 6039210

*Tabla 7: Grupo de personas seleccionadas para capacitación técnica; 2023*

- La evaluación que se realizó tuvo las siguientes preguntas:

### **Experiencia y formación:**

1. ¿Cuántos años de experiencia tienen en operación y mantenimiento de acueductos?
2. ¿Han recibido capacitación formal en la operación de sistemas de agua?
3. ¿Han asistido a cursos de formación específicos en los últimos años?

### **Conocimientos técnicos:**

4. ¿Pueden describir los componentes clave del sistema de abastecimiento de agua en esta vereda?
5. ¿Cómo funcionan los sistemas de tratamiento de agua y distribución en el acueducto?
6. ¿Cuáles son las normativas y regulaciones locales que rigen el suministro de agua potable en esta área?

### **Seguridad y procedimientos:**

7. ¿Qué medidas de seguridad implementan en el lugar de trabajo para garantizar la seguridad de los operarios y la comunidad?

8. ¿Cómo manejan situaciones de emergencia, como fugas, contaminación del agua o problemas en las instalaciones?
9. ¿Están familiarizados con los protocolos de seguridad y procedimientos de emergencia establecidos?

### **Calidad del agua:**

10. ¿Cómo controlan y evalúan la calidad del agua en el acueducto?
11. ¿Qué procesos de tratamiento y desinfección utilizan?
12. ¿Realizan pruebas regulares para verificar el cumplimiento de los estándares de potabilidad del agua?

### **Sostenibilidad:**

13. ¿Qué medidas están tomando para minimizar las pérdidas de agua en el sistema?
14. ¿Han implementado prácticas de ahorro de agua en las instalaciones del acueducto?
15. ¿Están considerando iniciativas para reducir el impacto ambiental de las operaciones?

Después de cumplir con la previa evaluación a los operadores se hizo un sondeo de tipo ponderado por cada respuesta generada, este sondeo se calificó del número 1 (Deficiente), 2 (Insuficiente), 3 (Aceptable), 4 (Sobresaliente), y 5 (Excelente), dependiendo de cada núcleo evaluado.

A continuación, se presenta la calificación de los 6 núcleos valorados: la cual nos indica que el promedio de estudio y técnica de mantenimiento es muy bajo, por lo cual se solicita una profundización de aprendizaje colectiva para que tengan un conocimiento práctico en sus labores operativas del acueducto en función.

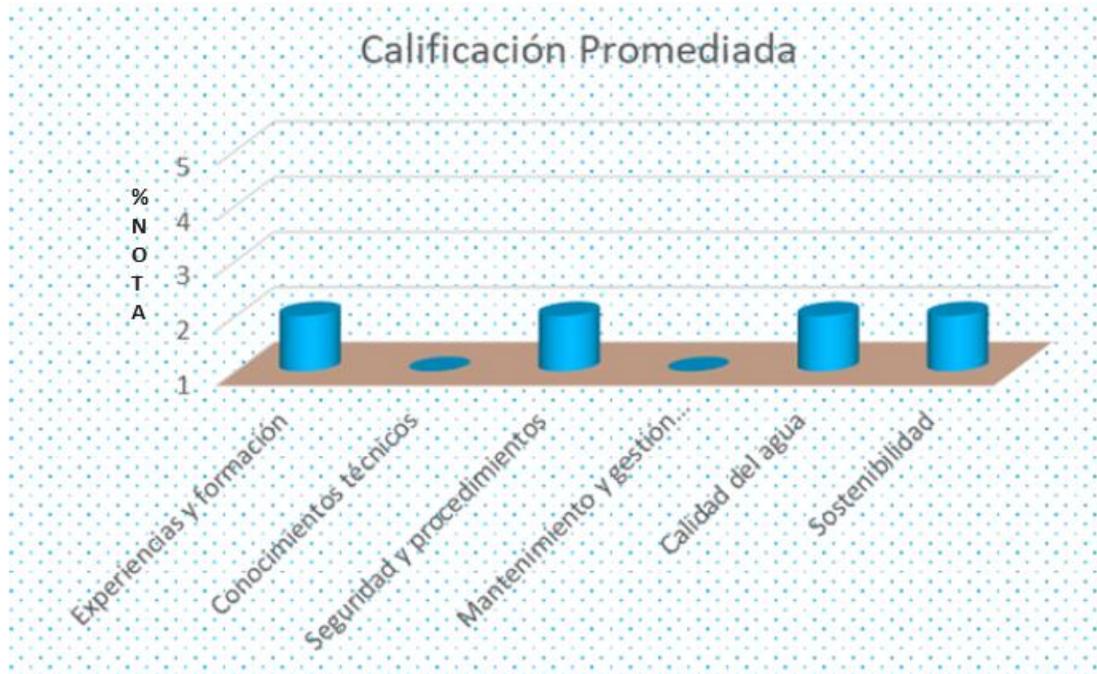


Gráfico 2: Promedio Evaluativo: generada por calificación ponderada; (2023)

Teniendo en cuenta lo anterior se planifico una serie de capacitaciones las cuales se instruyeron de forma teorica y de forma practica.

### 9.3.1. Capacitacion Teorica - Práctica; Operación, Mantenimiento y Sostenibilidad del Acueducto

Para generar esta capacitacion se tuvo en cuenta el curso basico del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA); “OPERACION Y MANTENIMIENTO DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO”

Se tuvo presente para metodo de enseñanza teorica, los siguientes puntos del modulo de aprendizaje:

- ✓ Modulo 2. Sistema de distribución:
  1. Clasificación de las tuberías de acueducto según su función
  2. Selección de las tuberías
  3. Accesorios para tuberías de acueducto
  4. Accesorios para la instalación
  5. Accesorios de control

- ✓ Modulo 3. Operación y mantenimiento de la red de distribución
  1. Mantenimiento del sistema de distribución
  2. El mantenimiento preventivo
  3. El mantenimiento correctivo
  4. Recomendaciones para las reparaciones
- ✓ Modulo 4. Control del servicio de agua potable
  1. Las pérdidas de agua y su control
  2. Balance de perdidas
  3. Equipos e instrumentos de control.

Los anteriores items se tomaron de referencia del Programa de capacitación y certificación del sector de agua potable y saneamiento básico del SENA; (Alberto Mario Angulo Flórez -Bogotá, 2012)

Se dio a conocer mediante exposicion didactica, logrando aportar un conocimiento activo y evaluativo a la comuidad, la cual asistió a esta capacitacion. En esta capacitacion fueron seleccionadas 5 personas las cuales han desarrollado su labor como fontaneros del acueducto de la Vereda Gualcan; con ellos se realizo una visita tecnica para practicar lo visto teoricamente en la capacitacion.



*Ilustración 16: Capacitación comunitaria de mantenimiento y sostenimiento del acueducto; 24 de septiembre de 2023.*

## **Capacitación Practica in sitio:**

Se realizó una visita técnica el 7 de octubre de 2023, para relacionar lo visto en teoría anteriormente, se visitaron las 4 bocatomas existentes, el desarenador y tanque de almacenamiento. En esta se dieron indicaciones de mantenimiento, adecuaciones pertinentes para la optimización y desempeño del funcionamiento general del acueducto. Con esto se logró una mejor retentiva de aprendizaje para los operarios del acueducto ya que se evidenció el interés en las prácticas dictadas teóricamente.



*Ilustración 17: Capacitación práctica; 1 de octubre de 2023*

## 10. RESULTADOS – ANALISIS GENERALES

**Nota diagnóstica:** Para la obtención de los siguientes resultados de laboratorio se tuvieron en cuenta las guías de laboratorio presentadas en el Anexo II.

En cumplimiento del objetivo dos, el cual establece el análisis y caracterización de los parámetros físico – químicos, se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio ambiental de la Universidad Antonio Nariño sede circunvalar.

Con estos resultados se hace un análisis y comparación respecto a los parámetros viables cumplibles por la normatividad de la Resolución 2115 del 2007 del Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, – “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”.

A continuación, se presentan los análisis generales de esta investigación, esto centralizado en el objeto de caracterización y resultado del laboratorio, en este se describe los parámetros físico - químicos y microbiológicos, encontrados en las muestras recolectadas para revisión y comparación con la normatividad reglamentada en la Resolución 2115 de 2007; la cual prevé

indicaciones específicas para cada parámetro y su base limite que se debe tener en cuenta para el cumplimiento del mismo.

Para la previa caracterización y evaluación de los parámetros, se tuvo en cuenta los puntos de muestreo en referencia con los puntos residenciales, la vereda Gualcan cuenta con dos acueductos independientes:

- Residencia A: El suministro de agua para esta parte domiciliaria la demanda la Bocatoma Chanyo
- Residencia B: El suministro de agua para esta parte domiciliaria la demanda las Bocatomas El carrizal, El higuérón y La piedra; se debe tener en cuenta que las residencias A, son minoría a comparación de las residencias B, estas tienden ser mayoría.

## 10.1. Caracterización De Resultados - Parámetros Físicos

### 10.1.1. Color:

Esta propiedad física nos ayuda a identificar de forma indirecta la composición y lugar el origen del registro hídrico estudiado, ya que en ocasiones el agua precede algún tipo de coloración la cual nos indica que sostiene una posible contaminación por óxidos metálicos o semejantes. También puede identificar la degradación de materia orgánica dando como positivo la presencia de algún tipo de microorganismos o algas en ella. La muestra evaluada, visualmente se registra con un color transparente, no se identifica a simple vista sedimentos los cuales pueden tornar color a lo evaluado.

- UPC: Unidades Platino Cobalto
- Los datos fueron obtenidos en un colorímetro

RESULTADO DE LABORATORIO Y COMPARACION CON LA RESOLUCION (2115/2007)						
Parametro F.	Unidad	Punto de suministro	Dato	Valor Maximo Aceptable	Cumple	No cumple
Color	UPC	Bocatoma Chanyo	9	<15 UPC	X	
		Bocatoma El Carrizal	18			X
		Bocatoma La piedra	1		X	
		Bocatoma El Higuero	7		X	
		Tanque de almac.	5		X	
		Residencia A	0		X	
		Residencia B	7		X	

Tabla 8: Resultados color; todos los puntos seleccionados

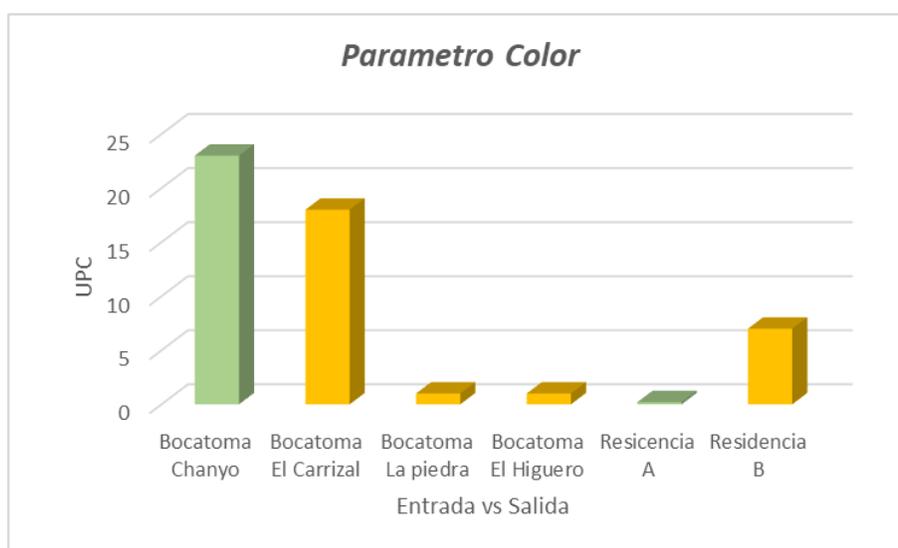


Gráfico 3: Diferenciación de entrada y salida: Color

En el anterior grafico de barras se evidencia que el suministro de agua de entrada en las bocatomas Chanyo y El carrizal están por encima de 15 UPC, por lo tal incumple la normatividad de la Resolución 2115 – 2007. Pero es de tener en cuenta que las muestras de aguas que son de interés en este estudio son las residenciales por su consumo humano directo, las cuales están por debajo de 7 UPC, esto indica que el sistema de acueducto está funcionando debidamente para este parámetro.

### 10.1.2. Turbiedad:

La Turbidez es un parámetro importante en la calidad del agua, puesto que es un indicativo de contaminación, a su vez nos ratifica si la planta de tratamiento de agua potable está cumpliendo con la función de brindar agua apta para el consumo humano. Elevados niveles de

turbidez pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y aumentar la demanda de cloro. En muchos casos no se logra destruir los patógenos y las bacterias fecales, aglomerados o absorbidos por partículas.



Ilustración 19: Registro de turbidez, fuente propia

RESULTADO DE LABORATORIO Y COMPARACION CON LA RESOLUCION (2115/2007)						
Parametro F.	Unidad	Punto de suministro	Dato	Valor Maximo Aceptable	Cumple	No cumple
Turbiedad	NTU	Bocatoma Chanyo	0,22	<2 NTU	X	
		Bocatoma El Carrizal	1,17		X	
		Bocatoma La piedra	0,73		X	
		Bocatoma El Higuero	1,68		X	
		Tanque de almac.	1,89		X	
		Residencia A	2,24			X
		Residencia B	1,11		X	

Tabla 9: Resultados Turbiedad; todos los puntos seleccionados

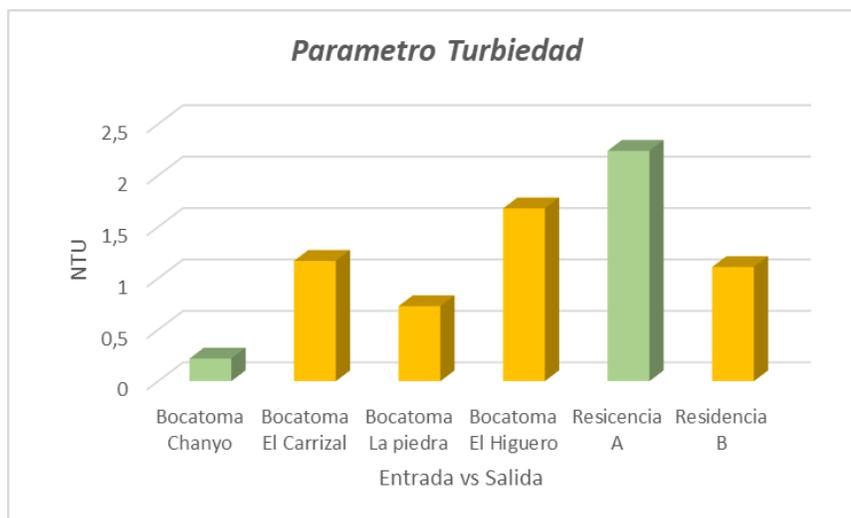


Gráfico 4: Diferenciación de entrada y salida: Turbiedad

En el gráfico se evidencia que la turbiedad registrada en la bocatoma Chanyo es muy diferente a la presentada en la residencia (A), este dato nos indica un alza en este parámetro, identificado en su inicio y su determinación final, lo cual puede ser un indicador de contaminación en el transporte desde bocatoma a tanque de almacenamiento o del tanque de almacenamiento a la distribución domiciliar. Las demás bocatomas (El carrizal, La piedra, El higuérón) y el sitio de residencia B sostiene un dato viable respecto a la normatividad.

### 10.1.3. Conductividad:

Este parámetro nos ayuda a identificar indirectamente posibles cantidades de sal y en algunos casos sólidos disueltos en la muestra evaluada. Se debe tener en cuenta que cuando el valor de conductividad sea alto, es proporcional a sostener una cantidad alta de sólidos y sales disueltas.

- Unidad de medida:  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , micro Siemens ( $10^6$ ) /centímetros.



Ilustración 20: Registro de conductividad; fuente propia

RESULTADO DE LABORATORIO Y COMPARACION CON LA RESOLUCION (2115/2007)						
Parametro F.	Unidad	Punto de suministro	Dato	Valor Maximo Aceptable	Cumple	No cumple
Conductividad	$\mu\text{S/cm}$	Bocatoma Chanyo	235	< 1000 $\mu\text{S/cm}$	X	
		Bocatoma El Carrizal	306		X	
		Bocatoma La piedra	223		X	
		Bocatoma El Higuero	247		X	
		Tanque de almac.	255		X	
		Residencia A	230		x	
		Residencia B	268		X	

Tabla 10: Resultados Conductividad; todos los puntos seleccionados

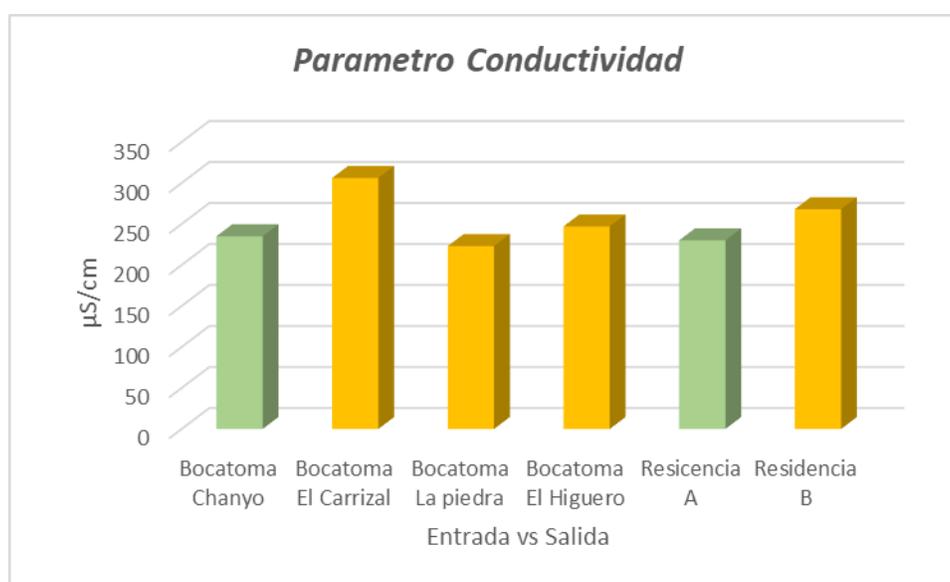


Gráfico 5: Diferenciación de entrada y salida de flujo hídrico (Análisis): Conductividad (2023).

Se identifica que el parámetro de Conductividad en las muestras tomadas, no se encuentra en un índice el cual sobrepase la normatividad, por cual, este parámetro se acondiciona como viable, se puede tener como hipótesis, que los puntos de suministro son subterráneos por ende su ionización se considera más baja al tener muy pocos sedimentos visibles directamente.

#### 10.1.4. Potencial De Hidrogeno (pH):

El potencial de hidrogeno es de alta importancia en los análisis físicos – químicos, este suministra información directa, determinando si el agua se encuentra acida o básica según su

acondicionamiento por ser inverso a la concentración de iones de hidrogeno. Si el pH se encuentra menor de 7.0 es de indicados de carácter acido, lo cual difiere que entre menor pH es mayor la concentración iónica del hidrogeno. Un pH mayor de 7.0 se determina como agua de características básicas, la cual indica que la concentración iónica de hidrogeno es mínima, también encontramos el pH neutro, este se determina como pH 7.0 (No sostiene caracterización alcalina ni acida). En aguas de consumo natural se encuentra un rango estándar el cual se encuentra dentro de 6.0 pH a 8.0 pH, este intervalo se debe por su estabilidad eco sistemática.



*Ilustración 21: Registro de pH y Temperatura*

RESULTADO DE LABORATORIO Y COMPARACION CON LA RESOLUCION (2115/2007)						
Parametro F.	Unidad	Punto de suministro	Dato	Valor Maximo Aceptable	Cumple	No cumple
pH	Unidad	Bocatoma Chanyo	7,8	6.5 a 9.0	X	
		Bocatoma El Carrizal	8,31		X	
		Bocatoma La piedra	8,2		X	
		Bocatoma El Higuero	7,9		X	
		Tanque de almac.	8,34		X	
		Residencia A	8,21		x	
		Residencia B	8,22		X	

*Tabla 11: Resultados pH; todos los puntos seleccionados*

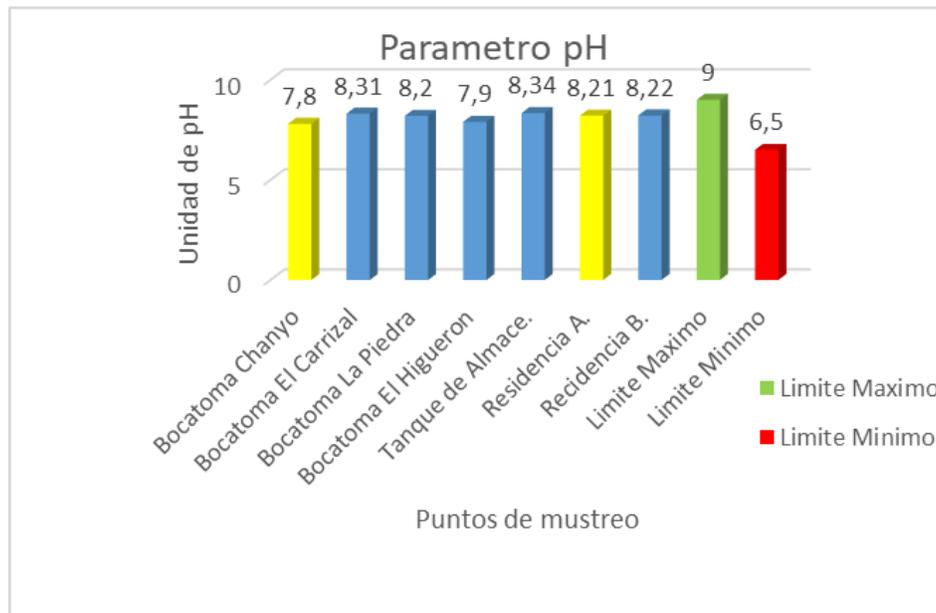


Gráfico 5: Resultado de entrada y salida: pH (2023)

En lo anterior se dictamina un registro de pH viable, ya que el valor máximo encontrado en las muestras es de 8.3 unidades y el mínimo se encuentra en 7.8 unidades, lo cual se encuentran dentro del rango permitido por la Resolución (2115/2007).

## 10.2. Caracterización de Resultados - Parámetros Químicos

### 10.2.1. Demanda Química del Oxígeno (DQO):

El parámetro del DQO, nos permite evaluar el contenido de materia orgánica presentes en la muestra de agua analizada, esto se obtiene por el proceso de oxidación química, en determinación este parámetro permite la medición en cantidad de sustancias químicas las cuales tienden a oxidarse al consumir el oxígeno disuelto contenido en la muestra.

- Los valores máximos permitidos para la DQO son de 250 mg/L para aguas de acceso al consumo humano. Resolución 2115 de (2007)



Ilustración 22: Registro de dato por el parámetro de DQO

RESULTADO DE LABORATORIO Y COMPARACION CON LA RESOLUCION (2115/2007)						
Parametro F.	Unidad	Punto de suministro	Dato	Valor Maximo Aceptable	Cumple	No cumple
DQO	mg /l	Bocatoma Chanyo	0	< 250	X	
		Bocatoma El Carrizal	2		X	
		Bocatoma La piedra	24		X	
		Bocatoma El Higuero	17		X	
		Tanque de almac.	9		X	
		Residencia A	18		X	
		Residencia B	3		X	

Tabla 12; Resultados de DQO, todos los puntos de muestra (2023).

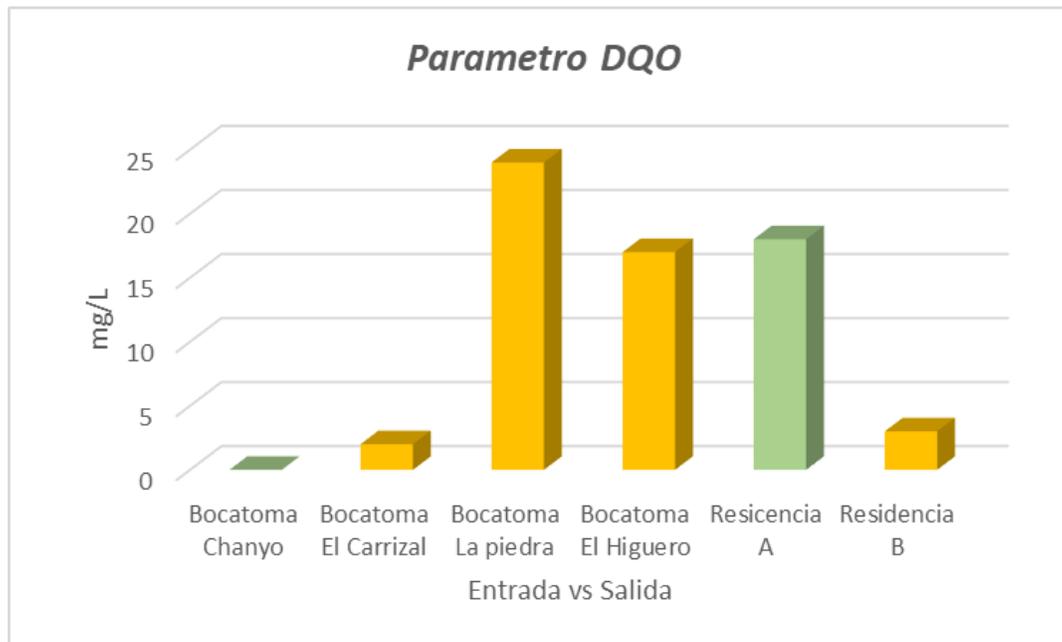


Gráfico 6: Diferenciación Entrada vs Salida, DQO.

En la anterior información de resultados, nos evidencia que si hay presencia de algún tipo de material químico u orgánico el cual está consumiendo oxígeno disuelto. Dentro de la norma la cual se está referenciando, indica que el valor máximo permitido es de 250 mg/L, lo cual, en este análisis se decide que el parámetro es viable para las muestras recogidas.

### 10.2.2. Alcalinidad:

Este parámetro nos indica la capacidad que sostiene el agua problema para neutralizar ciertas acciones acidas, en este se identifica indirectamente carbonatos, bicarbonatos e hidroxilos. Es de atención este parámetro, porque sostiene un vínculo directo en los procesos de tratamiento de agua para nivelar el pH, en otra determinación también ayuda en la precipitación del magnesio y calcio, con procesos de adición de soca / cal, para prevenir problemas sobre agua dura.



Ilustración 21: Proceso de titulación para identificar Alcalinidad

RESULTADO DE LABORATORIO Y COMPARACION CON LA RESOLUCION (2115/2007)						
Parametro F.	Unidad	Punto de suministro	Dato	Valor Maximo Aceptable	Cumple	No cumple
Alcalinidad	mg /l CaCo3	Bocatoma Chanyo	95,7	< 200	X	
		Bocatoma El Carrizal	108,1		X	
		Bocatoma La piedra	27,5		X	
		Bocatoma El Higuero	38		X	
		Tanque de almac.	73.4		X	
		Residencia A	63,5		X	
		Residencia B	21,6		X	

Tabla 13: Resultados Alcalinidad; todos los puntos seleccionados

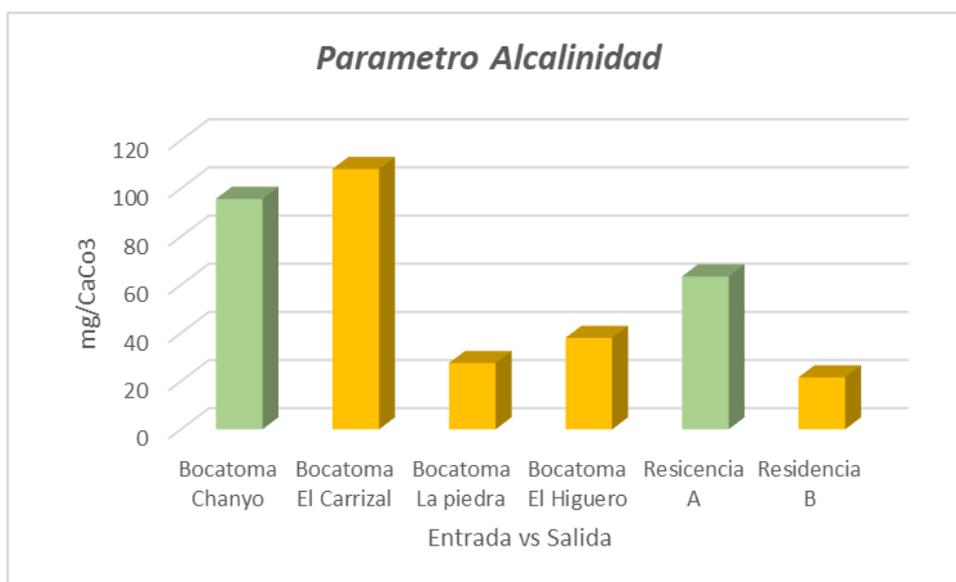


Gráfico 7: Diferenciación de entrada y salida: Alcalinidad

En lo anterior, el resultado general para la alcalinidad se encuentra dentro del rango permitido (< 200 mg/L CaCo3) según la Resolución (2115/2007), el valor máximo calculado se encuentra en 108,1 mg/ L CaCo3 (muestra de bocatoma el carrizal) y el valor mínimo fue de 21,6 mg/L CaCo3 (muestra de residencia B), esto indica viabilidad para este parámetro.

### 10.2.3. Dureza Total:

Este parámetro es de importancia ya que nos permite evaluar la presencia de calcio, estroncio, magnesio, y otros metales, los cuales en exceso tienden ser un problema para el suministro de agua potable. Se tiene en cuenta que el calcio y el magnesio son los que aplican en este parámetro por su nivel de concentración más amplio.

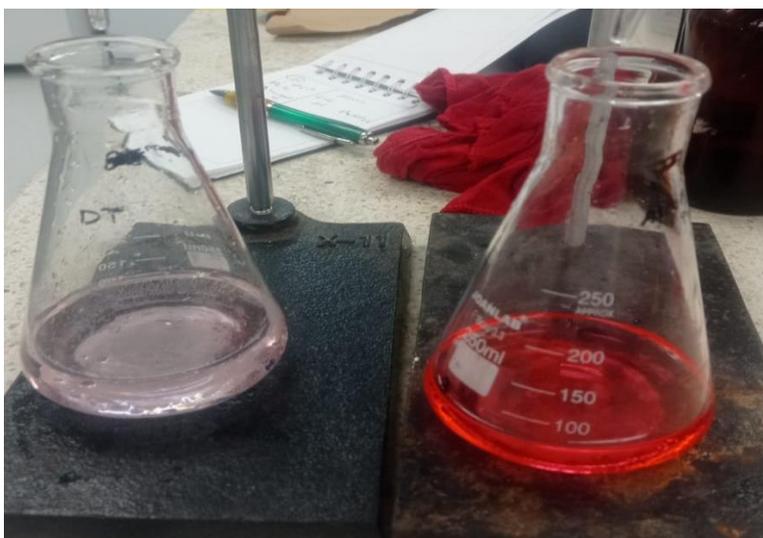


Ilustración 22: Identificación de Dureza Total por Titulación.

RESULTADO DE LABORATORIO Y COMPARACION CON LA RESOLUCION (2115/2007)						
Parametro F.	Unidad	Punto de suministro	Dato	Valor Maximo Aceptable	Cumple	No cumple
Dureza Total	mg /l CaCo3	Bocatoma Chanyo	112,7	< 200	X	
		Bocatoma El Carrizal	187,2		X	
		Bocatoma La piedra	72,1		X	
		Bocatoma El Higuero	81		X	
		Tanque de almac.	131		X	
		Residencia A	122,5		X	
		Residencia B	89,3		X	

Tabla 14: Resultados Dureza Total; todos los puntos seleccionados

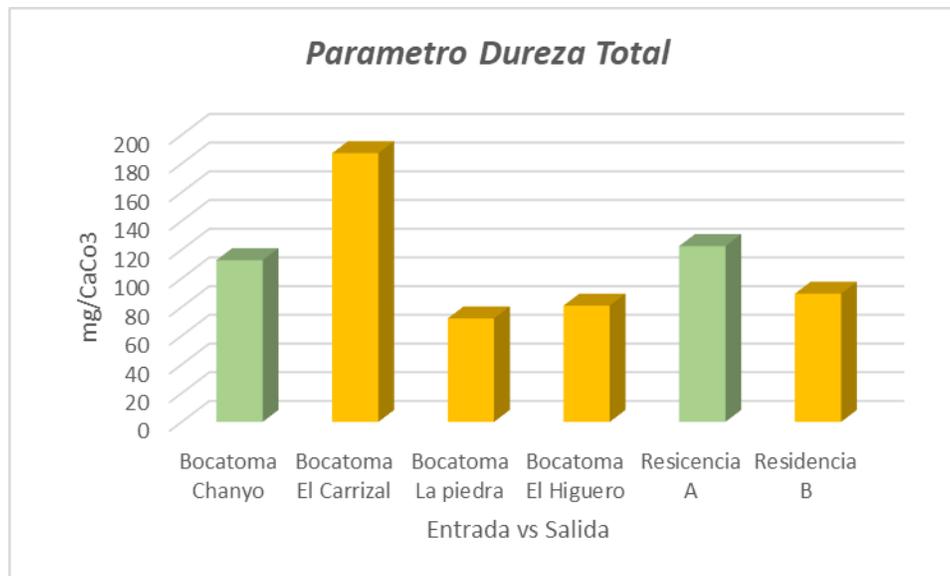


Gráfico 8: Diferenciación de entrada y salida: Dureza Total

Se evidencia que las muestras cumplen con la dureza según la resolución (2115/2007), ya que los datos analizados en laboratorio y continuamente ser calculados, dio como resultado inferior de concentración bajo 200 ppm mg/L CaCo3. Es de atención visualizar la concentración de la Bocatoma “El Carrizal”; la cual, es la de concentración más alta (187 mg/L CaCo3), este se relaciona con el problema encontrado en su tubería de transporte (Calcificación en las paredes del tubo, Registro fotográfico: Ilustración x).

#### 10.2.4. Dureza Cálcica:

La dureza cálcica nos da como resultado una concentración de iones de calcio ( $Ca^{2+}$ ) diluidos en el agua. La dureza del agua se debe primariamente al aspecto de estos iones, que pueden estar acompañados de iones de magnesio ( $Mg^{2+}$ ) y otros cationes metálicos. La dureza del agua puede afectar la formación de incrustaciones en tuberías, también puede tener implicaciones para la salud y el sabor del agua.



Ilustración 23: Registro de prueba Dureza Cálctica - titulación; fuente propia

RESULTADO DE LABORATORIO Y COMPARACION CON LA RESOLUCION (2115/2007)						
Parametro F.	Unidad	Punto de suministro	Dato	Valor Maximo Aceptable	Cumple	No cumple
Dureza Cálctica	mg /l CaCo3	Bocatoma Chanyo	188,32	< 300	X	
		Bocatoma El Carrizal	252,52		X	
		Bocatoma La piedra	106,73		X	
		Bocatoma El Higuero	73,1		X	
		Tanque de almac.	69,2		X	
		Residencia A	162,7		X	
		Residencia B	142,2		X	

Tabla 15: Resultados Dureza Cálctica; todos los puntos seleccionados

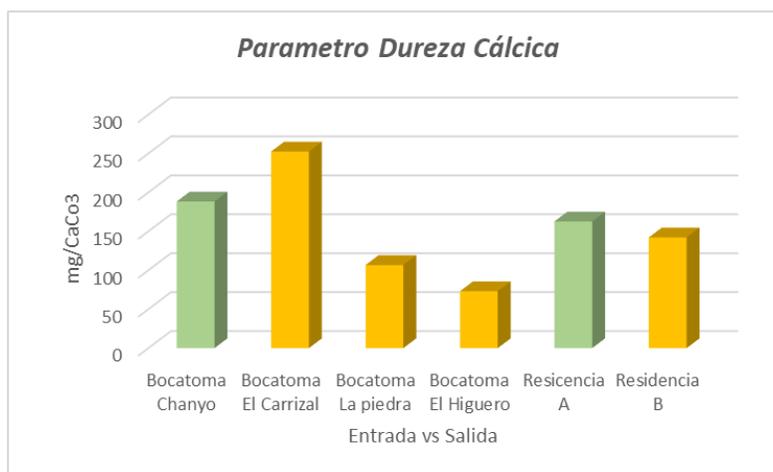


Gráfico 9: Diferenciación de entrada y salida: Dureza Cálctica.

Se evaluó este parámetro (Dureza Cálctica), dentro del valor máximo aceptable de la Resolución (2115 de 2007) la cual, indica que debe estar por debajo de 300 mg/L de CaCo3, los resultados fueron viables ya que están sujetos a la normatividad.

## 10.2.5. Hierro:

La presencia de hierro en el agua, como parámetro químico, indica la concentración de este metal en el agua, este parámetro puede estar presente de forma natural o puede ser guiado por algún tipo de filtración de otra fuente cercana. La concentración de hierro en el agua puede variar ampliamente, y su presencia se utiliza como un indicador de calidad del agua el cual sostiene afectaciones directas en la calidad del agua (Sabor, Color, Turbiedad, Olor) y riesgos en la salud.

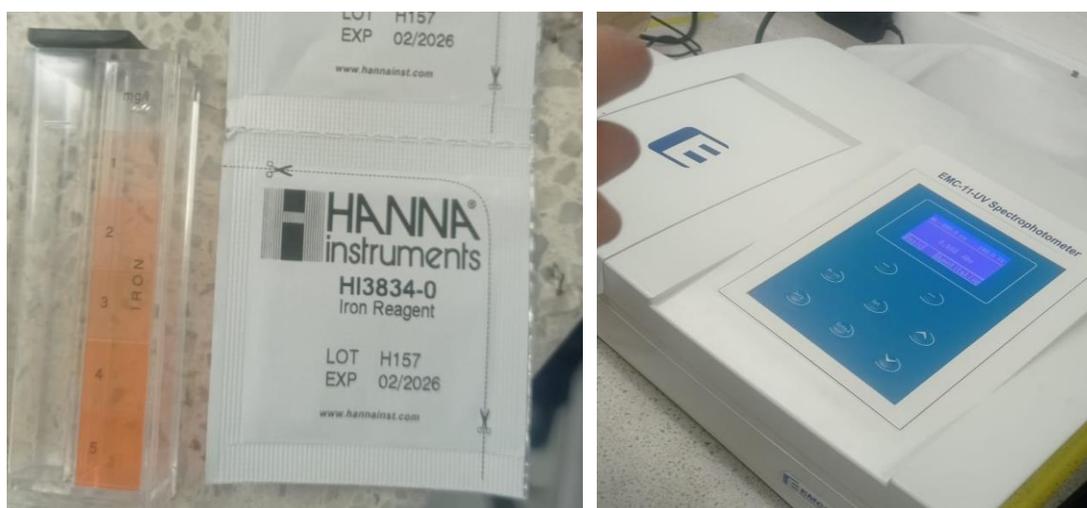


Ilustración 26: Registro de prueba Dureza Cálctica - titulación; fuente propia

RESULTADO DE LABORATORIO Y COMPARACION CON LA RESOLUCION (2115/2007)						
Parametro F.	Unidad	Punto de suministro	Dato	Valor Maximo Aceptable	Cumple	No cumple
Hierro	mg /l	Bocatoma Chanyo	0,021	< 0,3	X	
		Bocatoma El Carrizal	0,19		X	
		Bocatoma La piedra	0,041		X	
		Bocatoma El Higuero	0,035		X	
		Tanque de almac.	0,033		X	
		Residencia A	0,01		X	
		Residencia B	0,024		X	

Tabla 16: Resultados Hierro; todos los puntos seleccionados

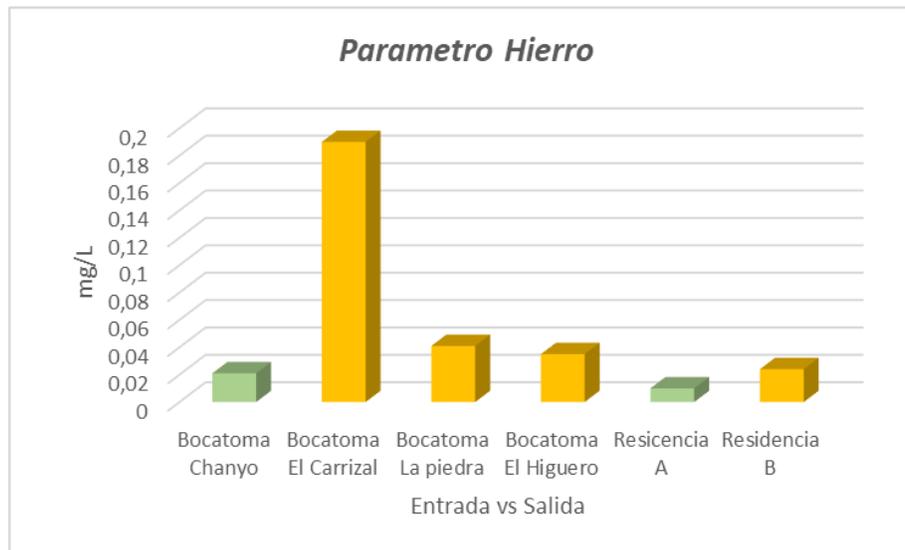


Grafico 10: Diferenciación de entrada y salida: Parámetro – Hierro

El parámetro analizado (Hierro); es apto según normatividad de la Resolución 2115 de (2007), el cual indica su máximo en 0.3 mg/L. El punto con más incidencia en este parámetro es la Bocatoma El Carrizal, los demás puntos se encuentran por debajo de 0,04 mg/L.

### 10.3. Caracterización, Resultados Y Análisis De Parámetros Microbiológicos

#### 10.3.1. Mesófilos:

La identificación de mesófilos en agua potable nos brinda un analizar respecto a las características de los microorganismos presentes en una muestra. Los mesófilos tienden a crecer en temperaturas entre 20°C a 45°C. La identificación de estos es importante para evaluar la calidad microbiológica del agua y establecer si cumple con los patrones de seguridad y calidad.

La Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de la Protección Social de Colombia indica que los valores máximos permitidos para mesófilos en agua potable en Colombia son:

- Para agua potable proveniente de fuentes subterráneas: 100 unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/ml).

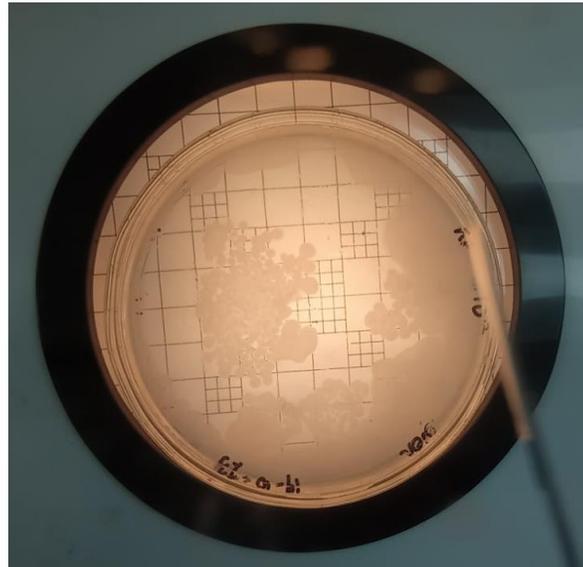


Ilustración 27: Conteo de Unidades formadora de colonia para Mesófilos, Agar Nutritivo

### Resultados de Mesófilos - Bocatoma Chanyo (Entrada):

MUESTRA BOCATOMA "CHANYO"				
Tipo de Agar	AN - NUTRITIVO			
Fac. Dilución	10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-4</sup>	
Cajas Sembradas	Caja 1	Caja 2	Caja 1	Caja 2
Recuento visual	1 UFC	1 UFC	0 UFC	0 UFC
% TOTAL	1 UFC		0 UFC	

Tabla17: Análisis de resultados

**Cálculos:** % total \* Factor Dilucion =? (UFC) \* total muestra(ml)

$$1 * 10^2 = 100 \text{ UFC}$$

$$\text{Mesofilos: } \frac{100 \text{ UFC}}{0,1 \text{ ml}} = 1000 \text{ UFC/ml} \approx 1,0 * 10^3 \text{ UFC/ml}$$

## Resultados de Mesófilos – Residencial A (Salida):

MUESTRA RESIDENCIAL "A"				
Tipo de Agar	AN - NUTRITIVO			
Fac. Dilución	10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-4</sup>	
Cajas Sembradas	Caja 1	Caja 2	Caja 1	Caja 2
Recuento visual	4 UFC	1 UFC	0 UFC	0 UFC
% TOTAL	2,5 UFC		0	

Tabla 18: Análisis de resultado

**Cálculos:** % total \* Factor Dilucion =? (UFC) \* total muestra(ml)

$$2.5 * 10^2 = 250 \text{ UFC}$$

$$\text{Mesofilos: } \frac{250 \text{ UFC}}{0,1 \text{ ml}} = 2500 \text{ UFC/ml} \approx 2.5 * 10^3 \text{ UFC/ml}$$

## Resultados de Mesófilos - Bocatoma El Carrizal (Entrada):

MUESTRA BOCATOMA "EL CARRIZAL"				
Tipo de Agar	AN - NUTRITIVO			
Fac. Dilución	10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-4</sup>	
Cajas Sembradas	Caja 1	Caja 2	Caja 1	Caja 2
Recuento visual	0 UFC	1 UFC	0 UFC	3 UFC
% TOTAL	0,5 UFC		1,5	

Tabla 19: Análisis de Resultado

**Cálculos:** % total \* Factor Dilucion =? (UFC) \* total muestra(ml)

$$1,5 * 10^4 = 15000 \text{ UFC}$$

$$\text{Mesofilos : } \frac{10000 \text{ UFC}}{0,1 \text{ ml}} = 150000 \text{ UFC/ml} \approx 1.5 * 10^5 \text{ UFC/ml}$$

## Resultados de Mesófilos – Residencial B (Salida):

MUESTRA RESIDENCIAL "B"				
Tipo de Agar	AN - NUTRITIVO			
Fac. Dilución	10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-4</sup>	
Cajas Sembradas	Caja 1	Caja 2	Caja 1	Caja 2
Recuento visual	1 UFC	1 UFC	0 UFC	0 UFC
% TOTAL	1 UFC		0	

Tabla 20: Análisis de resultado

**Cálculos:**            % total \* Factor Dilucion =? (UFC) \* total muestra(ml)

$$1 * 10^2 = 100 \text{ UFC}$$

$$\text{Mesofilos : } \frac{100 \text{ UFC}}{0,1 \text{ ml}} = 1000 \text{ UFC/ml} \approx 1.0 * 10^3 \text{ UFC/ml}$$

### 10.3.1.1. Análisis Técnico:

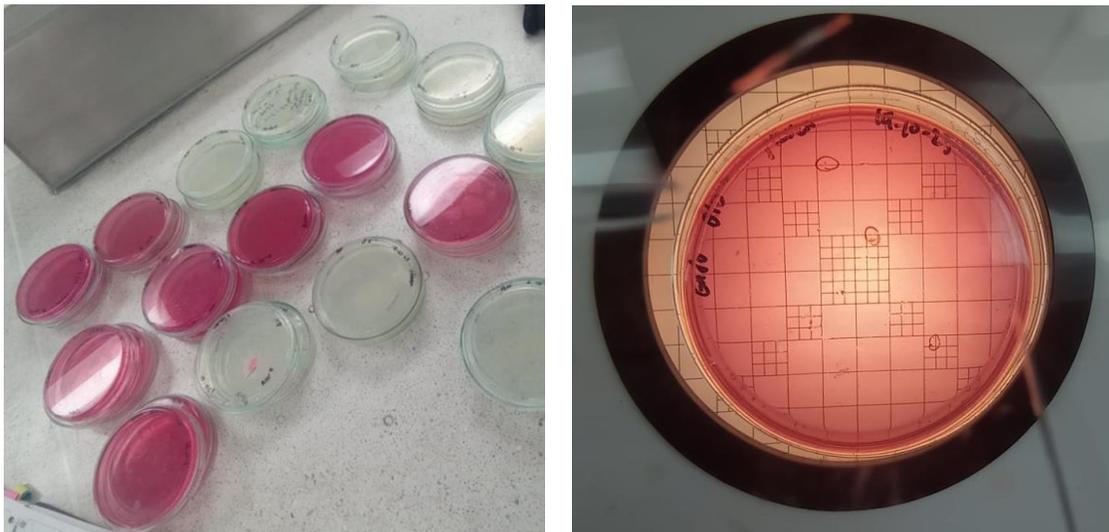
Los anteriores resultados del análisis microbiológico revelaron la presencia de una cantidad significativa de mesófilos en el tipo de agua subterránea. El recuento de mesófilos se expresó en UFC (unidades formadoras de colonias) por 100 ml de agua, y los valores obtenidos superaron los límites máximos permitidos según las regulaciones locales. Lo cual indica una contaminación mesofílica en las muestras tomadas esto plantea preocupaciones sobre la calidad microbiológica del abastecimiento de agua. La fuente de esta contaminación potencial podría estar relacionada con el transporte de agua superficial, algún tipo de actividad humana, la falla de tratamiento adecuado o problemas en la infraestructura de abastecimiento de agua subterránea.

### 10.3.2. IDENTIFICACIÓN COLIFORME TOTALES:

Los coliformes totales son conjuntos de bacterias las cuales identifican la calidad del agua. Es esencial en la evaluación de análisis de agua potable ya que se evalúa la contaminación riesgosa por coliformes fecales o adicionales a estos, lo anterior es de atención por sostener un peligro eminente en la salud del consumidor (Humano).

Según la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de la Protección Social de Colombia establece los valores máximos permitidos para coliformes totales en agua potable

- Para agua potable proveniente de fuentes subterráneas: 1 UFC (unidad formadora de colonias) por cada 100 mililitros (ml) de agua.



*Ilustración 28: Conteo de Unidades formadora de colonia para Coliformes Totales, Agar ENDO*

### **Resultados de C. Totales – Bocatoma Chanyo:**

MUESTRA BOCATOMA "CHANYO"				
Tipo de Agar	ENDO			
Fac. Dilución	10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-4</sup>	
Cajas Sembradas	Caja 1	Caja 2	Caja 1	Caja 2
Recuento visual	1 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC
% TOTAL	1,5 UFC		0 UFC	

Tabla 21: Análisis de resultado

**Cálculos:** % total \* Factor Dilucion =? (UFC) \* total muestra(ml)

$$1,5 * 10^2 = 150 \text{ UFC}$$

$$\text{Coliforme totales: } \frac{150 \text{ UFC}}{0,1 \text{ ml}} = 15000 \text{ UFC/ml} \approx 1.5 * 10^4 \text{ UFC/ml}$$

**Resultados de C. Totales – Residencial A (Salida):**

MUESTRA RESIDENCIAL "A"				
Tipo de Agar	ENDO			
Fac. Dilución	10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-4</sup>	
Cajas Sembradas	Caja 1	Caja 2	Caja 1	Caja 2
Recuento visual	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC
% TOTAL	0 UFC		0 UFC	

Tabla 22: Análisis de resultado

**Resultados de C. Totales – Bocatoma El Carrizal:**

MUESTRA BOCATOMA "EL CARRIZAL"				
Tipo de Agar	ENDO			
Fac. Dilución	10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-4</sup>	
Cajas Sembradas	Caja 1	Caja 2	Caja 1	Caja 2
Recuento visual	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC
% TOTAL	0 UFC		0 UFC	

Tabla 23: Análisis de resultado

**Resultados de C. Totales – Residencia (B):**

MUESTRA RESIDENCIAL "B"				
Tipo de Agar	ENDO			
Fac. Dilución	10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-4</sup>	
Cajas Sembradas	Caja 1	Caja 2	Caja 1	Caja 2
Recuento visual	1 UFC	3 UFC	0 UFC	0 UFC
% TOTAL	2 UFC		0	

Tabla 24: Análisis de resultado

**Cálculos:**  $\% \text{ total} * \text{Factor Dilucion} = ? (\text{UFC}) * \text{total muestra}(\text{ml})$

$$2.0 * 10^2 = 200 \text{ UFC}$$

$$\text{Coliforme totales: } \frac{200 \text{ UFC}}{0,1 \text{ ml}} = 2000 \text{ UFC/ml} \approx 2.0 * 10^3 \text{ UFC/ml}$$

### 10.3.2.1. Análisis Técnico:

Los resultados del análisis microbiológico indican el aspecto de coliformes totales en las siguientes muestras de agua.

La Bocatoma “Chanyo” y La Residencial “B”; lo cual rectifica lo considerado en la visita técnica in sitio, lo cual, se visualizó que el punto de la bocatoma Chanyo se encuentra con viviendas muy cercanas a la fuente de suministro, además, sostiene un paso peatonal de punto de distancia con la bocatoma aproximadamente de 5 metros, esto prevé un riesgo de contaminación microbiológica directa por acción de personas y animales. La Residencia “B”, también sostiene un tipo de contaminación microbiológica, el cual descarta al suministro de agua de la Bocatoma “El Carrizal, pero implica la contaminación referente a los otros dos puntos de suministro (Bocatoma Higuerón y Bocatoma La piedra). Los límites detectados en las muestras positivas superaron el máximo permitido por la regulación de la norma aplicada.

### 10.3.3. Identificación Coliformes Fecales:

La identificación de coliformes fecales en agua potable, permite evaluar la calidad microbiológica del agua y garantizar que sea segura para el consumo humano. Estas bacterias se originan en el intestino de los humanos y/o animales de sangre cálida; su presencia en el agua tiene indicaciones peligrosas respecto a la salud humana.

A continuación, se presenta los resultados evaluados en el laboratorio de Ingeniería Ambiental, este análisis se realizó con el diagnóstico de número más probable (NMP), se realizó por serie de 3:

- ✓ **Turbidez:** Se identifica si en la muestra (en los tres tubos) sostiene algún tipo de turbidez (si – no) por burbujas directas y se describe cuantos tubos están con este registro turbio.
- ✓ **Dióxido de Carbono (Co2):** Identifica la cantidad de tubos la cual tiene una concentración visual de gas en el micro tubo de Durham, por cada (+) hace referencia a cada tubo visualizado con esta característica.

Coliforme Fecales - NMP		
Punto de Muestra	Turbidez	Co2
Bocatoma Chanyo	SI (1 tubo)	(++)
Bocatoma El Carrizal	No (0 tubos)	0
Residencia A	No (0 tubos)	(+)
Residencia B	Si (1 tubo)	(+)

Tabla 25: Análisis de resultado C. Fecales

Los resultados obtenidos indica un valor aproximado del 70 % positivo, para riesgo microbiológico de coliformes fecales en las muestras de agua. (B. Chanyo, Residencia “A” y Residencia “B”. Esto se determina por el gas encontrado visualmente en la campana de Durham ya que el tubo de ensayo, esta nutrido con lactosa - caldo lauril Triptosa – (LTB); estas concentraciones revelan la posibilidad de alto contenido fecal en las muestras aplicadas.

## 11. CONCLUSIONES

- ✓ La evaluación detallada de los componentes, actividades y procesos del acueducto en la Vereda de Gualcan proporcionó una comprensión integral de la infraestructura existente. Este análisis reveló la importancia de abordar posibles vulnerabilidades y puntos críticos

en el sistema para garantizar la eficiencia y la conformidad con las reglamentaciones vigentes. La identificación precisa de cada elemento del acueducto es esencial para implementar mejoras efectivas.

- ✓ La identificación y propuesta de mejoras en el sistema de tratamiento señalan la necesidad de optimizar los procesos actuales. Al proponer soluciones específicas, se busca mejorar la calidad del agua suministrada, cumplir con normativas y garantizar la sostenibilidad a largo plazo. La evaluación de la viabilidad técnica y económica destaca la importancia de soluciones realistas y adaptadas al contexto local.
- ✓ La capacitación del personal encargado se presenta como un paso crucial para garantizar la competencia técnica y el conocimiento actualizado en las prácticas de tratamiento de agua potable. Al empoderar al personal con habilidades y conocimientos actualizados, se fortalece la capacidad operativa de la planta de suministro. Además, la inclusión de la comunidad local en el proceso de capacitación fomenta la participación activa y el cuidado del sistema.
- ✓ De acuerdo a conocimiento propios, la evaluación general sobre las estructuras hidráulicas y las características microbiológicas, físico - químicas del muestreo realizado, se puede determinar que el sistema operacional del acueducto no ofrece un agua de calidad según la Resolución 2115 de 2007. También se hace necesario un sistema de cloración la cual desinfecte el agua problema y sostenga una viabilidad en su consumo.

## 12. CONTRIBUCIONES Y RECOMENDACIONES

Con el fin de garantizar una sostenibilidad, seguridad y normatividad aplicada respecto a la potabilización en la vereda Gualcan, se proponen las siguientes acciones de mejoramiento:

### 12.1. Contribuciones:

- ✓ Este proyecto ha permitido identificar la presencia de contaminantes microbiológicos y fisicoquímicos en el agua problema, el cual es identificada como potable en la Vereda de Gualcan, esto compromete un problema el cual enfrenta esta comunidad en la actualidad.

- ✓ La realización de los diferentes objetivos de este proyecto, atribuyo un sentido de pertenencia de los residentes de la vereda Gualcan, esto por la información recibida en las capacitaciones presentadas y el trabajo comunitario que se desarrolló.
- ✓ Los análisis y cálculos realizados, nos arrojan resultados importantes, este tipo de información data como el primer estudio sobre el acueducto existente de la Vereda Gualcan.

## 12.2. Recomendaciones:

- ✓ Identificar las fuentes de contaminación indirecta o directa respecto a lo riesgos microbiológicos, y adoptar delimitaciones sobre estos agentes contaminantes para contrarrestar esta actividad de riesgo.
- ✓ De manera urgente implementar medidas de tratamiento para una previa desinfección del agua problema, con ello prever un contraste de eliminación sobre contaminantes microbiológicos.
- ✓ Adecuar mejoras para la protección de los pozos subterráneos y demás estructuras, como bocatomas, desarenador y tanque de almacenamiento, para prevención se suministró de contaminantes exteriores en los equipos ya mencionados.
- ✓ Adecuar un sistema de monitoreo ajustable según fechas estandarizadas para garantizar una calidad óptima para su consumo.

## 13. REFERENCIAS

Amany D. Mokal, Mona M. El-Shazly, Mohamed Ragab, Ezzat R. Marzouk, Comparison of modern and 40-year-old drinking water pipeline in northern Sinai region, Egypt: Characteristics and health risk assessment, *Journal of Trace Elements and Minerals*, Volume 5, 2021, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773050623000319>

Aleksandra Cichoń, Katarzyna Wartalska, Martyna Grzegorzek, Bartosz Kaźmierczak, William Worek, Sabri Cetin, Demis Pandelidis, Analytical investigation of the dew point water recovery system with potential application for drinking water production, *Desalination*, Volume 564, 2022. <https://www.researchgate.net/publication/371720452>

Baena Padilla, N., & Vargas Liévano, A. (1999). Operación y mantenimiento de redes de acueducto y alcantarillado: curso básico.

<https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/1305>

Chavarro Rodríguez, D. A. (2014). Diseño de una planta de tratamiento de agua potable de 2 lts/s para una población de 750 habitantes.

<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/12033>

Chulluncuy-Camacho, N. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. Ingeniería industrial, (029), 153-170.

[https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria\\_industrial/article/view/232](https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/232)

Correa, H., & Darío, H. (2006). Acueductos comunitarios, patrimonio público y movimientos sociales. Notas y preguntas hacia una caracterización social y política. [En línea] Ecofondo.[Citado mayo de 2008]. Disponible en Internet:< <http://www.agua.org.mx/content/view/6172/101>.

<https://www.corpenca.org/images/stories/documentos/acueductoscomunitariospatrimoniopublico/movimientossociales.pdf>

Departamento Nacional de Planeación de Colombia. (2018). Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad. DNP.

<https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=j6bEQMXzrO4%3d&tabid=1002>

Diagnóstico de salud Ambiental compilado.pdf, M. d. (diciembre de 2012). *Ministerio de salud y protección social*.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>

Fernando García-Ávila, Darwin Tenesaca-Pintado, Francisco Novoa-Zamora, Emigdio Antonio Alfaro-Paredes, Alex Avilés-Añazco, Alexandra Guanuchi-Quito, María Dolores Tonon-Ordoñez, César Zhindón-Arévalo, Vertical tubular flocculator: Alternative technology for the improvement of drinking water treatment processes in rural areas, Journal of Environmental Management, Volume 331,2023.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479723001305>

Fandiño-Piamonte, J. S., & Camargo-Arcila, C. E. (2013). Evaluación y optimización de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Purificación en el departamento de Tolima.

<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1101>

Garro, A. N., Rodríguez, F. A., Murillo, D. P., Segura, C. M., & Ugalde, M. E. (2013). Vulnerabilidad de los sistemas de acueductos rurales: cómo identificarla. *Tecnología en marcha*, 26(3), 62-73. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835725>

Google. (Año). Google Earth Web (2015).  
<https://earth.google.com/>

Gutiérrez Matarrita, I. F. (2022). Evaluación operativa de dos ASADAS de la Región Chorotega, Costa Rica para la elaboración de un manual de operación y mantenimiento que mejore su gestión. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/23357>

Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas, (12 de abril de 2017). Parámetros y características de las aguas naturales.  
<http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/parametros1.pdf>

Jaramillo Rios, G. A. (2008). Programa de manejo integral acueductos rurales.  
<https://repositorio.utp.edu.co/handle/11059/868>

Jo Herschan, Katherine Pond, Rosalind Malcolm, Regulatory-driven risk assessment to improve drinking-water quality: A case study of private water supplies in England and Wales, *Environmental Science & Policy*, Volume 140, 2022, Pages 1-11,  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901122003513>

Kevin O. Obiero, Sandra Klemet-N'Guessan, Ajode Z. Migeni, Alfred O. Achieng, Bridging Indigenous and non-Indigenous knowledge systems and practices for sustainable management of aquatic resources from East to West Africa, *Journal of Great Lakes Research*, Volume 49, Supplement 1, 2023, Pages S128-S137  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S038013302200260X>

López Cualla, R. A. (2003). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados.  
<https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1892>

López, M., Rodríguez, J., Gómez, A. Riesgos asociados a la falta de potabilización del agua: *Salud Pública de México*, vol. 65, no. 2, 2021, pp. 175-183.  
<https://saludpublica.mx/index.php/spm/index>

Maria Aparecida Melo Rocha, Allan Clemente, Allan Amorim Santos, Jessica da Silva Melo, Carlos J. Pestana, Linda A. Lawton, José Capelo-Neto, In situ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment of blue-green algae contaminated reservoirs causes significant improvement in drinking water treatability,

Chemosphere, Volume 333, 2023,

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653523011621>

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.

<https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/rdi/article/view/7488>

Ministerio de Salud Y Protección Social Resolución 2674 de 2013. (2013). [minsalud.gov.co](http://minsalud.gov.co).

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2674-de-2013.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución 2115 de 2007. Por la cual se establecen los valores límites permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.

<http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/res2115.pdf>

Orozco Gómez, I. E. (2009). Lineamientos ambientales para la gestión de los acueductos rurales del municipio de Pereira.

<https://repositorio.utp.edu.co/items/1a1e51d9-2509-40a2-b392-d55b39cc62ca>

Reglamentaciones actuales. 2007). Resolución 2115 del 2007.

[https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resoluci%C3%B3n\\_2115\\_de\\_2007.pdf](https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resoluci%C3%B3n_2115_de_2007.pdf)

SENA; Programa de Vigilancia por Laboratorio de la Calidad de Agua para Consumo Humano Grupo Salud Ambiental “Jaime Eduardo Ortiz Varón” Bogotá D.C., 2011.

[https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/operacion\\_redes/operacion\\_redes.html](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_redes/operacion_redes.html)

Torres-Silva, S., Tapia-Calvopiña, I., Goetschel-Gomez, L., & Pazmiño-Salazar, E. (2020). Análisis físico-químico e influencia de los minerales disueltos en el sabor del agua potable, de las principales plantas de tratamiento de Quito. *Enfoque UTE*, 11(4), 57-70.

[http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422020000400057](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422020000400057)

Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia; consumo de agua potable, vigencia y reglamentaciones (2020).

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/inca-consumo-calidad-agua-2020.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo. (2017). RAS 0330: Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico.

<https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Reglamento de Agua y

Saneamiento RAS 2000. Títulos J – Sección 1.

[https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/100811\\_titulo\\_j\\_ras-.pdf](https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/100811_titulo_j_ras-.pdf)

Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 5667-5” Calidad del agua. Muestreo. Directrices para el muestreo de agua potable de instalaciones de tratamiento y sistemas de distribución por tubería, (2008)

<https://emcali.com.co/documents/148832/171808/06.NTC-ISO5667-5.+de+2008.pdf/2e3e92cf-9f01-b6b2-52a8-be5197113e33?t=1532524191589&download=true>

Restrepo Osorno, H. A. (2009). Evaluación del proceso de coagulación-floculación de una planta de tratamiento de agua potable. *Ingeniería Química*.

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2561>

UNIVERSIDAD ABIERTA Y DISTANCIA, (2013). Diseño de planta potabilizadoras:

Eliana Calvo, J. C. (2015). Plantas de tratamientos de agua potable PTAP.

<http://plantasdetratamientodeaguapotablesena.blogspot.com.co/p/tipos-de-ptap.html>

Vargas Solís, J. A. (2006). Manual de operación, mantenimiento y administración de un acueducto rural. <https://repositorio.ulacit.ac.cr/bitstream/handle/123456789/9139/034241.pdf?sequence=1>

Varon Palacio, L. M. (2014). *Uso de las plantas de tratamiento de agua potable en acueductos rurales* (Doctoral dissertation).

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52929>

Vallejo, I. S., Colala, L., & Caruso, M. (2019). Los servicios ambientales y la ética del cuidado del agua en acueductos rurales de los municipios Marmato y Viterbo (Caldas, Colombia). *Gestión y Ambiente*, 22(2), 191-205.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7532546>