

Propuesta de un sistema de tratamiento de agua para la vereda Pozo Negro en el municipio de

Barbosa - Santander

Johan Daniel Benavides Jaimes

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ing. Civil

Director

Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

Ing, Msc, PhD

Codirector

Jonathan Soto Paz

Ing, PhD

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2024

### **Dedicatoria**

*Dedico este trabajo con gran afecto:*

*A mi familia, quienes han sido el pilar fundamental en cada paso de este largo camino especialmente a abuelo y a mis madres, que su amor y apoyo incondicional hicieron que nunca me rindiera para superar cada obstáculo y continuar con determinación. Dedico con todo mi corazón este logro porque no es solo mío y se lo orgullosos que están por ser parte de él.*

*Muchas gracias por su apoyo*

### **Agradecimientos**

*Mis más sinceros agradecimientos.*

*En primer lugar, quiero expresar mis más profundos agradecimiento a mi abuelo y padres Isidro Jaimes que, aunque no me acompañe en este momento fue aquella persona que me motivo a realizar mis estudios, de igual manera un gran agradecimiento a mis madres Magnolia Jaimes y Francelina Niño quienes han sido mi pilar incondicional durante este proceso, de igual forma agradezco a cada uno de mis familiares que me apoyaron de una manera para seguir adelante.*

*Extiendo este agradecimiento a mi director de proyecto Ricardo Oviedo y a mi codirector Jonathan Soto, cuyo conocimiento y orientación fueron fundamentales para poder realizar este trabajo, muchísimas gracias por su paciencia y valioso conocimiento.*

*Finalmente, quiero agradecer a la Universidad Industrial de Santander por ofrecerme las herramientas, el espacio académico y el entorno que hicieron posible mi formación académica y de la cual me siento muy orgulloso de ser parte. A todos ustedes mis más sinceros agradecimientos.*

**Tabla de Contenido**

Introducción ..... 11

1. Planteamiento del Problema ..... 12

2. Justificación del problema ..... 14

3. Objetivos ..... 16

3.1 Objetivo General ..... 16

3.2 Objetivos Específicos ..... 16

4. Marco Teórico ..... 17

4.1 Características del Agua Cruda ..... 17

4.2 Indicadores de la calidad del agua: ..... 17

4.3 Sistemas de Abastecimiento de agua potable: ..... 18

4.4 Clasificación de los sistemas de abastecimiento de agua potable: ..... 19

4.4.1 Sistemas convencionales: ..... 19

4.4.2 Sistemas no Convencionales: ..... 19

4.5 Tipos de Tratamiento de Agua Potable ..... 20

4.5.1 Métodos de tratamientos físicos ..... 20

4.5.2 Métodos que emplean sustancias químicas ..... 20

4.5.3 Métodos de tratamiento térmico ..... 22

4.5.4 Método de tratamiento integrado ..... 23

4.5.5 Métodos de tratamiento a base de membranas ..... 24

4.6 Fases de potabilización de agua: ..... 24

4.6.1 Tecnologías Convencionales ..... 24

4.6.2	Tecnologías no convencionales.....	26
5.	Marco Legal.....	33
6.	Estado de Arte .....	34
7.	Metodología.....	36
7.1	Descripción de área de estudio.....	36
7.2	Diagnóstico de la situación actual del sistema de abastecimiento de agua.....	39
7.2.1	Infraestructura actual del sistema y socialización con la comunidad y entes municipales. ...	39
7.2.2	Recopilación de información mediante documentos y plataformas.....	40
7.3	Identificación de criterios de estudio .....	41
7.3.1	Selección de Alternativa Tecnológica.....	42
7.4	Ponderación de criterios .....	43
7.5	Evaluación de criterios .....	44
8.	Resultado y Discusión .....	52
8.1	Diagnóstico de la situación actual del sistema.....	52
8.2	Identificación de criterios de estudio. ....	57
8.3	Selección de alternativa.....	59
8.3.1	Ponderación de criterio.....	60
8.3.2	Evaluación de parámetros .....	61
8.3.3	Cálculo del valor final para cada tecnología en estudio.....	62
9.	Conclusiones.....	63
10.	Recomendaciones .....	65
11.	Referencias Bibliográficas.....	66

**Lista de Tablas**

<b>Tabla1</b> Parámetros del agua .....	18
<b>Tabla2</b> Módulos de consumo según La CAS .....	44
<b>Tabla3</b> Disponibilidad de materiales.....	45
<b>Tabla4</b> Aceptabilidad del administrador .....	46
<b>Tabla5</b> Calidad de la fuente turbiedad.....	47
<b>Tabla6</b> Calidad de agua coliformes .....	47
<b>Tabla7</b> Requerimiento de equipos mecánicos .....	48
<b>Tabla8</b> Área requerida.....	48
<b>Tabla9</b> Educación del personal de la mano de obra .....	49
<b>Tabla10</b> Requerimiento de recursos químicos .....	49
<b>Tabla11</b> Frecuencia de mantenimiento.....	50
<b>Tabla12</b> Costos de inversión .....	51
<b>Tabla13</b> Costos de operación .....	51
<b>Tabla14</b> Resultados de análisis de laboratorio .....	56
<b>Tabla15</b> Base de datos consolidada de criterios de estudio.....	58
<b>Tabla16</b> Vector prioridad y sus máximos valores .....	62

**Lista de Figuras**

<b>Figura1</b> Etapas de FiME.....	28
<b>Figura2</b> Filtración en sistema FiME.....	28
<b>Figura3</b> Tipos de membrana según su tamaño .....	30
<b>Figura4</b> Componentes del sistema ACUAPLUS .....	31
<b>Figura5</b> Localización de Barbosa Santander.....	37
<b>Figura6</b> Mapa del municipio de Barbosa sus veredas y límites con otros municipios. ...	38
<b>Figura7</b> Área que abarca el sistema El Ruiz .....	53
<b>Figura8</b> Estado actual del sistema.....	54
<b>Figura9</b> Análisis multicriterio con sus respectivas abreviaturas .....	60

### **Lista de Apéndices**

Los apéndices de este proyecto se podrán encontrar al final del documento.

**Apéndice A.** Resultado del primer análisis de laboratorio

**Apéndice B.** Resultado del segundo análisis de laboratorio

**Apéndice C.** Resultado del tercer análisis de laboratorio

**Apéndice D.** Resultado del cuarto análisis de laboratorio

**Apéndice E.** Resultado del quinto análisis de laboratorio

**Apéndice F.** Encuesta realizada a los usuarios del acueducto el Ruiz

**Apéndice G.** Entrevista realizada al administrador del acueducto El Ruiz

**Apéndice H.** Cotización realizada con la empresa SYNERTECH para la cotización del sistema compacto ACUAPLUS.

## Resumen

**Título:** Propuesta de un sistema de tratamiento de agua para la vereda Pozo Negro en el municipio de Barbosa Santander\*

**Autor:** Johan Daniel Benavides Jaimes\*\*

**Palabras Clave:** Agua, alternativa, calidad, criterios, potable, Ptap, tecnología, selección.

**Descripción:** La investigación se centró en la problemática de la vereda Pozo Negro, en el municipio de Barbosa, el acueducto "El Ruiz" abastece a la comunidad con agua cruda sin tratamiento, lo que no cumple con las normativas de calidad del agua potable, la resolución 2115 del 2077 y por lo tanto esto puede representar riesgo en la salubridad en la comunidad. Ante esta situación, se desarrolló un estudio con el objetivo de seleccionar la tecnología de potabilización más adecuada para mejorar mitigar dicha problemática presente en el agua. Se realizó un diagnóstico del estado actual del sistema, en el cual se revisó la infraestructura y la calidad que tiene el agua, posteriormente, se aplicó la metodología de análisis multicriterio de suma ponderada, una herramienta que permite evaluar diferentes tecnologías en función de criterios socioculturales, técnicos y económicos, organizados en 14 subcriterios. Se evaluaron tres tecnologías de tratamiento, consideradas con mayor potencial para ser implementadas en el contexto de estudio, teniendo en cuenta la calidad del agua de la fuente, las cuales son: Filtración en Múltiples Etapas, Filtración Directa y Filtración Compacta ACUAPLUS, la herramienta incluyó criterios asociados al área, requerimientos de operación y mantenimiento, aceptación social, costos de inversión y de operación. Los resultados mostraron que, FiME tuvo mayor puntuación en la herramienta utilizada, asociando que la solución seleccionada no solo mejore la calidad del agua, sino que también sea sostenible y apropiada para las características socioculturales y económicas de la comunidad.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingeniería Físico-Mecánica. Escuela de Ingeniera Civil. Ingeniería Civil. Director:

Edgar Ricardo Oviedo Ocaña. Ing, Msc, PhD Codirector: Jonathan Soto Paz. Ing, PhD

### Abstract

**Title:** Proposal for a water treatment system for the village of Pozo Negro in the municipality of Barbosa Santander. \*

**Author(s):** Johan Daniel Benavides Jaimes<sup>1</sup>

**Key Words:** Water, alternative, quality, criteria, potable, Ptap, technology, selection.

**Description:** The research focused on the problem of the Pozo Negro district, in the municipality of Barbosa, the “El Ruiz” aqueduct supplies the community with untreated raw water, which does not comply with the drinking water quality regulations, resolution 2115 of 2077, and therefore this may represent a health risk for the community. In view of this situation, a study was carried out to select the most appropriate drinking water treatment technology to improve the mitigation of this water problem. A diagnosis of the current state of the system was made, in which the infrastructure and water quality were reviewed, and then the weighted sum multicriteria analysis methodology was applied, a tool that allows evaluating different technologies based on sociocultural, technical and economic criteria, organized into 14 subcriteria. Three treatment technologies, considered to have the greatest potential for implementation in the study context, were evaluated, taking into account the quality of the source water, which are: Multistage Filtration, Direct Filtration and ACUAPLUS Compact Filtration, the tool included criteria associated to the area, operation and maintenance requirements, social acceptance, investment and operation costs. The results showed that FiME scored higher in the tool used, associating that the selected solution not only improves water quality, but is also sustainable and appropriate for the socio-cultural and economic characteristics of the community.

---

\* Degree Work

<sup>1</sup>Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Civil Engineering. Director: Edgar Ricardo Oviedo Ocaña. Eng, Msc, PhD Director: Jonathan Soto Paz. Eng, PhD

## Introducción

En el mundo, el 70% de la superficie terrestre está ocupada por agua, pero no toda el agua del planeta está disponible para uso humano; el 97% está en los océanos y es salada y del 3% restante, una parte está congelada, otra contaminada o es inaccesible para ciertas sociedades. Además, en América Latina y el Caribe hay abundancia de agua con respecto a otras regiones, pero también existe una mala gestión de la misma (Montoya, 2016).

En Colombia, según la Constitución Política, es un derecho fundamental el poder acceder al agua potable; por lo tanto, la Corte Constitucional la define como “el derecho de todos a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal o doméstico” (Colombia, 2011)

Las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) son diseñadas con el fin de prestar un servicio a una comunidad, captando agua cruda como aquella que no ha sido sometida a un proceso de tratamiento para su potabilización y por medio de algunas operaciones y procesos hacerla apta para el consumo, modificando ciertos parámetros los cuales están establecidos actualmente en la Resolución 2115 del 2007.

En este proyecto, se llevó a cabo un análisis de diversas tecnologías de potabilización disponibles en el mercado. Este estudio permitió identificar y seleccionar tres sistemas de tratamiento de agua que fueron considerados como las soluciones más viables: el sistema compacto ACUAPLUS, la Filtración en Múltiples Etapas (FiME) y la Filtración Directa. La selección de estas tecnologías se fundamentó en una cuidadosa evaluación de varios parámetros clave, entre los que se incluyen criterios socioculturales, técnicos y económicos, que aseguran su aplicabilidad en el contexto específico del proyecto.

## 1. Planteamiento del Problema

El agua es un recurso fundamental para sostener la vida, por lo tanto, se necesita de agua limpia para el consumo humano (Ortega Garcia, 2019). América Latina alberga aproximadamente en sus territorios un 30% de las fuentes de agua dulce del mundo, pero su calidad precaria en algunas zonas genera efectos adversos a la salud; aspecto agravado debido a que aproximadamente menos del 40% (36 millones de personas) del agua de la región se deja sin tratamiento para consumo (Leal, 2013).

En Colombia, según estudios por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2022), 391 municipios tienen riesgo de escasez de agua asociado al incremento de anomalías climáticas y al vertimiento de agua residual procedente de actividades municipales e industriales. Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2023), se estima un total de 52 millones de habitantes, se destaca que aproximadamente el 22,9% de esa población reside en centros poblados rurales dispersos. De este grupo, más del 60% carece de acceso a sistemas de acueducto o tratamiento de agua potable destinados al consumo humano.

Cabe destacar que el mantener un acueducto comunitario rural funcionando correctamente es complejo debido a las vulnerabilidades de estos sistemas (Correa, 2006), no solo en aspectos técnico (referido a la eficiencia de la operación), institucionales (con respecto al acceso al agua y a la economía) y organizacional, además de la vulnerabilidad que puede tener en cuanto los desastres naturales y/o a los cambios climáticos de los cuales no están listos para afrontar (Garcia, Brown, & Garcia, 2015).

Según un estudio realizado por el Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y conservación del Recurso Hídrico. (CINARA) y la

Universidad del Valle (2018), para revisar los aspectos de la sostenibilidad frente al tratamiento de agua potable en Colombia , demuestra que persisten la problemática entre la cobertura y calidad de agua en las zonas rurales, algunas de las razones más comunes son: limitada inversión de parte del gobierno para estos sistemas, el uso de tecnologías de tratamientos de agua que en muchos casos no corresponden ni a las condiciones técnicas, económicas, sociales y culturales, ni a las expectativas intereses y capacidades de sus usuarios, además de problemas de diseño y construcción y falta de apoyo para operar y mantener adecuadamente dichos sistemas

La vereda Pozo Negro, localizada en el municipio de Barbosa, Santander no es ajena a esta problemática y su población está expuesta al uso de agua no potable (Alcaldía Municipal de Barbosa Santander, 2020-20203). En la vereda se capta agua de la quebrada El Ruiz como fuente hídrica actualmente, sin embargo, el sistema de abastecimiento es artesanal, conformado por una presa de 3.0 metros de largo construida en concreto y una manguera de PVC de una pulgada de diámetro, que distribuye agua a los usuarios para uso doméstico sin tratamiento debido a la inexistencia de una planta de tratamiento de agua potable (PTAP) (Corporación autónoma regional de Santander, 2018). Por tanto, el agua puede representar un potencial transmisor de enfermedades asociadas a contaminación microbiológica y fisicoquímica de la fuente hídrica.

Según el Sistema de Información para la Vigilancia de la Calidad del agua para el Consumo Humano, en el departamento del Cesar, Colombia se indago sobre la problemática que se evidencia con la enfermedad diarreica y se concluyó que el abastecimiento de agua, higiene y saneamiento básico están asociadas directamente con la enfermedad, afectando alrededor de un cuarto de la población menor de cinco años (Sinhaory, 2016).

## 2. Justificación del problema

Teniendo en cuenta que el suministro de agua de manera continua y de calidad son de importancia para el desarrollo de la sociedad, el plan de desarrollo departamental de Santander (2020-2023) el cual establece un lineamiento que tiene como objetivo construir mejorar y optimizar la infraestructura de plantas de tratamiento para brindar un mejor servicio a las familias santandereanas y En el plan de desarrollo municipal de Barbosa (2020-20203) en el cual se establece un lineamiento que objetivo brindar soluciones efectivas a los habitantes promoviendo la construcción y mejoramiento de sistemas de tratamiento de agua potable, se ve necesidad de buscar soluciones que permitan a la población de la vereda Pozo Negro tener acceso a un servicio confiable de suministro de agua a través de la selección y dimensionamiento de una PTAP. Lo anterior permitirá contribuir al cumplimiento del sexto objetivo de desarrollo sostenible, particularmente a la meta de “Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento” (Organizacion de las Naciones Unidas, 2022).

De otro lado, en la vereda Pozo Negro solo realizado un estudio para la concesión de aguas en el año 2018. En este documento se presenta el caudal que maneja la quebrada y donde se realizará la captación del agua, pero carece de información sobre los cambios en la calidad del agua de la quebrada El Ruiz y del dimensionamiento de una PTAP que mejore las condiciones de vida de la región (Corporacion autonoma regional de Santander, 2018).

Teniendo en cuenta lo mencionado, este proyecto iniciará con la revisión bibliográfica de documentos que cuenten con un tiempo límite de los últimos 24 años, seguido de una clasificación y organización para obtener un documento que pueda servir de referencia en la gestión de agua potable en las zonas rurales de Colombia, analizando parámetros y categorías como: inversión

económica y mantenimiento de la planta, características del agua cruda, tecnología de tratamiento, etc. Para de esta manera realizar una propuesta del sistema de tratamiento óptimo para la Vereda Pozo Negro.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Proponer un sistema de tratamiento de agua potable para la vereda Pozo Negro en el municipio de Barbosa Santander.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

Diagnosticar el estado actual del sistema de abastecimiento de agua en la vereda Pozo Negro, considerando aspecto técnicos, sociales y económicos.

Identificar criterios de estudio necesarios para la selección de alternativas de tecnologías de potabilización de agua.

Seleccionar una alternativa tecnológica para el sistema de tratamiento de agua potable para la vereda Pozo Negro.

## **4. Marco Teórico**

### **4.1 Características del Agua Cruda**

El agua cruda es aquella que no ha recibido ningún tipo de tratamiento y no se ha introducido en ninguna red de distribución, es decir se encuentra en fuentes hídricas y en reservas naturales. El agua cruda posee tres características y estas son las físicas, las químicas y las microbiológicas. Estudios realizados por la Unidad de Agua, Saneamiento, Higiene y Salud, de la Sede de la OMS. demuestran que el consumo de agua cruda provoca problemas en la salud y existen varias enfermedades relacionadas con esto las cuales son: Anemia, colera, dengue y dengue hemorrágico, diarrea, hepatitis, malaria, esquistosomiasis y muchas más (Organización Mundial de la Salud, 2011). Por lo anterior es de vital importancia realizar tratamiento en el agua para de esta manera potabilizarla, para realizar este proceso se estudia algunos parámetros los cuales son: sabor, olor, color, pH, coliformes, turbiedad etc. Que son las que determinan el tratamiento pertinente que se debe realizar al agua para volverla potable (Rivera, 2018).

### **4.2 Indicadores de la calidad del agua:**

Los estudios y ensayos que se realizan en el agua cruda para hacerla apta para el consumo humano dependen de una serie de parámetros y de estos depende la serie de procesos Tabla 1: Presenta los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de agua, los cuales son indicadores (Chávez de Allain, 2012) y estos parámetros son:

**Tabla1***Parámetros del agua*

<b>Parámetros</b>	<b>Descripción</b>
Físicos	Residuos, turbiedad, color, olor, sabor y temperatura
Químicos	Aceites y grasas, conductividad, alcalinidad, cloruros, dureza, pH, sodios y sulfatos
Biológicos	Algas, bacterias (Coliformes), recuento heterotrófico, protozoos, virus y helmintos patógenos.

Nota: En esta tabla se muestran los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua

**4.3 Sistemas de Abastecimiento de agua potable:**

Un sistema de abastecimiento de agua potable es un conjunto de obras que permiten que una comunidad pueda obtener el agua para fines de consumo doméstico, servicios públicos, industrial y otros usos. El agua suministrada debe ser en cantidades suficientes y de la mejor calidad; desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico (Concha & Guillén, 2014).

En este mismo sentido Caminati y Caqui (2013; Smits, Tamayo, Ibarra, Rojas, & Benavidez, 2012) definen el agua como un elemento básico y necesario para la vida humana que en su composición trae una serie de impurezas suspendidas y disueltas que impiden que ésta sea adecuada para numerosos fines, por ejemplo, su consumo. Por tal motivo los sistemas de abastecimiento de agua potable tienen la finalidad de obtener agua para consumo humano mediante la utilización de diversos métodos que permitan eliminar las impurezas. Dichos métodos se pueden dividir en la deposición de materia suspendida, tratamiento físico/químico de coloides y el tratamiento biológico.

#### **4.4 Clasificación de los sistemas de abastecimiento de agua potable:**

**4.4.1 *Sistemas convencionales:*** Estos sistemas son aquellos que toman el agua cruda de ríos y/o pozos subterráneos, el agua entra a un proceso de tratamiento, se almacena y el agua potabilizada se distribuye mediante un sistema de red de tuberías a cada uno de los hogares estos sistemas pueden encontrarse por gravedad o por bombeo (Ramírez, 2016).

Las tecnologías convencionales que se han empleado en las comunidades rurales según (Loo, 2012) se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Métodos de tratamiento físico: Filtración convencional, Filtración rápida o filtración lenta de arena.
- Métodos que emplean productos químicos: Coagulación/floculación, cloración y/o adsorción.
- Métodos que implican el tratamiento integrado: pequeñas plantas de tratamiento de agua que combinan métodos de tratamiento.

**4.4.2 *Sistemas no Convencionales:*** La mayoría de estos sistemas son sistemas individuales, el agua que obtienen los habitantes es por medio de transporte, tanqueros y/o por medio de barril arreados por mular. La desinfección la realizan en los tanques de los domicilios. Estos sistemas se aplican en poblaciones con pocos habitantes (Ramírez, 2016).

En los sistemas no convencionales para comunidades rurales, se encuentra la tecnología a base de membranas, estos pueden clasificarse basándose en la fuerza motriz para la separación, tales como presión, temperatura y diferencias osmóticas a través de la membrana (Fane & Tang, 2011).

Métodos de tratamiento térmico ligero (ebullición, pasteurización, desinfección solar, desinfección UV y destilación solar (Loo, 2012).

## **4.5 Tipos de Tratamiento de Agua Potable**

### ***4.5.1 Métodos de tratamientos físicos***

**4.5.1.1 Filtro lento de arena:** Es comúnmente utilizado a nivel de hogar o comunitario, se llena un contenedor o una estructura en concreto de arena y grava permitiendo que se forme sobre el material filtrante una capa biológica responsable de eliminar los patógenos (Mahmood, 2011). Estos filtros, pueden ser una opción atractiva para el tratamiento del hogar, porque pueden ser producidos in situ con materiales disponibles localmente, son en sus mayorías simples, fáciles de usar y potencialmente de larga duración. (Peter & Zurbrugg, 2009) Algunas mediciones de laboratorio sobre la eliminación microbiana, demostraron que los filtros de arena son capaces de eliminar más del 95% de la turbiedad, y casi el 100% de las bacterias y protozoos (Duke, Nordin, & Baker, 2006)

**4.5.1.2 Filtro de presión:** Un filtro de presión consiste en un pequeño recipiente con un sistema para distribuir el agua entrante sobre la superficie del lecho del filtro y un sistema de drenaje para recoger el filtrado. Los filtros trabajan hasta que la pérdida de carga a través de las unidades alcanza un máximo predeterminado, o la turbiedad del filtrado alcanza un máximo. A continuación, los filtros se lavan en “flujo inverso”, desechando el agua de lavado. Los filtros de presión pueden requerir presiones de bombeo relativamente altas con implicaciones asociadas para el tipo de bomba y los costos de combustible. (Clark & Steele A, 2009).

### ***4.5.2 Métodos que emplean sustancias químicas***

**4.5.2.1 Clarificación:** Los clarificadores modulares pueden ser operados en modo continuo o discontinuo (Dorea, 2009). La clarificación es a menudo asistida por coagulantes para la

reducción de la turbidez, La coagulación en lotes, puede llevarse a cabo añadiendo coagulantes al agua contaminada que fluye hacia un tanque modular grande que permite la sedimentación y decantación del agua purificada (Dorea, 2009).

**4.5.2.2 Cloración:** El cloro, es un desinfectante para el agua potable y es uno de los más utilizados a nivel mundial, la implementación de la cloración realizó un importante avance en la salud gracias a la reducción de enfermedades transmitidas por el agua. El cloro es ampliamente utilizado como desinfectante en el tratamiento del agua debido a su eficacia contra una amplia gama de microorganismos patógenos. Su aplicación es versátil y puede implementarse tanto a nivel comunitario como local en diversas formas, como el cloro gas, hipoclorito de sodio o tabletas de cloro. La dosificación de cloro en el agua depende de varios factores que incluyen la temperatura del agua, la turbidez (cantidad de partículas en suspensión), la presencia de materia orgánica natural y el tipo de bacterias o virus presentes (Villanueva, Manolis, & Grimalt, 2001).

**4.5.2.3 Adsorción:** Los adsorbentes pueden usarse para eliminar sustancias tóxicas tales como, el residual de cloro, compuestos orgánicos y partículas sólidas. Sin embargo, su eficiencia de eliminación microbiana es generalmente baja (Loo, 2012) El carbón activado (AC) es el adsorbente más utilizado. Está disponible en forma de polvo (PAC) o granulado (GAC) y se incorpora comúnmente en filtros domésticos. Aunque el AC nuevo podría adsorber los microbios del agua, la NOM (materia orgánica natural), ocuparía rápidamente los sitios de adsorción y promoverían el crecimiento de la biopelícula. Incluso, varios estudios han demostrado que la calidad microbiológica del agua tratada es peor a la salida de los filtros de AC que a la entrada debido a la formación de biopelícula (Loo, 2012). El AC también puede eliminar sabor desagradable y compuestos olorosos como el yodo y el cloro por adsorción y reducción química (Jay, Phyllis, Davis, Hans, & Brandley).

### ***4.5.3 Métodos de tratamiento térmico.***

**4.5.3.1 Ebullición:** La ebullición o hervir el agua es uno de los métodos más utilizados en las zonas rurales, este método puede desactivar algunos patógenos transmitidos por el agua, incluidos los quistes de virus y protozoarios que son resistentes a la cloración. (Sobsey,2002), de igual forma se ha demostrado que produce agua microbiológicamente segura, basada en la reducción de coliformes termo tolerantes y coliformes fecales (Clasen, y otros, 2008). Para realizar este proceso se debe calentar agua sobre un fuego o a través de diferentes fuentes de energía hasta que aparezca un burbujeo continuo del agua (Roberti, 2018).

**4.5.3.2 Desinfección solar:** La desinfección solar es eficaz para desinfectar el agua en condiciones severamente limitadas. El uso de esta implica rellenar un recipiente PET con agua de baja turbidez, sacudirla para asegurar la saturación del oxígeno y luego exponerla al sol directa durante al menos 6 horas o 2 días durante periodos nublados (Loo, 2012). La radiación solar y la temperatura elevada destruyen eficazmente los gérmenes patógenos. El PET es preferible a otros plásticos transparentes para las botellas, ya que es resistente a la lixiviación de materiales nocivos en el agua.

**4.5.3.3 Radiación UV:** La radiación ultravioleta (UV) posee la capacidad de desintegrar (ADN) de microorganismos, lo que la convierte en una opción altamente eficaz en el campo de la purificación del agua para su adecuación al consumo humano. La aplicación de luz UV desinfecta el agua sin la necesidad de manipular o almacenar productos químicos peligrosos, y debido a su corto tiempo de contacto, reduce el tamaño de los tanques de tratamiento, lo que se traduce. en una reducción de costos.

A pesar de sus ventajas, la desinfección UV presenta algunas limitaciones en su uso como agente desinfectante para el agua potable. Las partículas y la turbidez disuelta en el agua pueden

interferir o disminuir la eficacia de la inactivación de microorganismos. Además, las lámparas UV requieren una limpieza periódica para mantener su funcionamiento óptimo, y tienen una vida útil limitada, lo que implica la necesidad de reemplazo regular (Rossel, Ferro, & Zapaa, 2020)

La radiación UV tiene propiedades de desintegrar el ADN de microorganismos, por lo que es una opción de gran éxito dentro del campo de la purificación del agua para hacerla apta para el consumo humano. La luz UV desinfecta el agua potable sin la necesidad de almacenar o manejar reactivos químicos peligrosos y, por su corto tiempo de contacto (del orden de segundos o minutos), reduce el tamaño de los tanques de tratamiento y con ello el costo. Sin embargo, la desinfección UV tiene algunas desventajas para su uso como desinfectante de agua potable. Las partículas y la turbidez constituyen disueltos pueden interferir o reducir la eficacia de la inactivación microbiana. Estas lámparas requieren una limpieza periódica, especialmente, tienen una vida útil finita y deben ser reemplazadas periódicamente

#### ***4.5.4 Método de tratamiento integrado***

El agua puede estar contaminada por múltiples especies, tales como sustancias inorgánicas disueltas, orgánicas y partículas, incluyendo patógenos. Para manejar esto, se han utilizado algunos sistemas integrados con varios procesos de separación. Estos sistemas suelen tener una alta tasa de producción que los hace apropiados para la intervención a nivel comunitario (Loo, 2012).

Este tipo de sistemas, son las plantas conocidas como “plantas compactas convencionales”, las cuales frecuentemente son construidas en concreto o en materiales como fibra de vidrio o acero. En Colombia, son las de mayor uso, tanto para comunidades rurales como para áreas semi urbanas. Incluye los procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración rápida, filtración en carbón activado (opcional) y cloración. Las ventajas de las “plantas compactas convencionales”, es que pueden tratar aguas de diferentes calidades, con contenido alto de turbiedad, sólidos

suspendidos y color, asegurando agua potable y grandes volúmenes de agua tratada en forma continua. Las desventajas son que los costos de operación y mantenimiento son altos para las comunidades rurales, especialmente por la compra y manipulación de los químicos,

#### ***4.5.5 Métodos de tratamiento a base de membranas***

La filtración por membranas se ha conceptualizado de manera generalizada como una tecnología de separación selectiva de dos fases, específicamente líquido-sólido, mediante el uso de una película delgada de origen orgánico o inorgánico. Esta película actúa como una barrera selectiva que permite la separación diferenciada entre los componentes del fluido, permitiendo el paso de ciertos elementos mientras retiene otros. La utilización de tecnologías de membranas para la producción de agua potable se ha destacado como una alternativa sobresaliente en comparación con las técnicas convencionales de tratamiento (Rojas, 2008).

Los procesos de membrana más relevantes en el tratamiento de aguas incluyen la ósmosis inversa, la nanofiltración, la ultrafiltración y la microfiltración. Estos procesos poseen la capacidad de eliminar diversos materiales, influenciados por factores como el tamaño de partícula, el tamaño medio de poro de la membrana, la naturaleza química de los físicos y químicos para la potabilización del agua. componentes a eliminar, la composición de la membrana y otros parámetros relevantes (Rojas, 2008).

### **4.6 Fases de potabilización de agua:**

#### ***4.6.1 Tecnologías Convencionales.***

**4.6.1.1 Pretratamiento de agua:** Por lo general es necesario llevar a cabo uno o varios procesos de pretratamiento al agua cruda con el fin de dejarla en las condiciones óptimas para los procesos de tratamiento que de manera consecutiva. Entre los pretratamientos que se pueden emplear están los siguientes: Remoción del material flotante, Remoción del material suspendido

y Procesos de oxidación (Reglamento tecnico del sector de agua potable y saneamiento basico RAS, 2017).

**4.6.1.2 Coagulación:** En el tratamiento de aguas, el proceso de coagulación es el fenómeno de desestabilización de las partículas coloidales que se puede conseguir especialmente por medio de la neutralización de sus cargas eléctricas (Reglamento tecnico del sector de agua potable y saneamiento basico RAS, 2017).

**4.6.1.3 Floculación:** La coagulación y la floculación son procesos esenciales para separar y eliminar los sólidos suspendidos en el agua y el tratamiento de aguas residuales. Estos procesos mejoran la claridad del agua y reducen la turbidez. Existen dos tipos de floculadores los hidráulicos y los mecánicos cada uno con sus respectivas características (Reglamento tecnico del sector de agua potable y saneamiento basico RAS, 2017).

**4.6.1.4 Sedimentación:** El proceso de sedimentación se debe llevar a cabo siempre que se tiene que producir coagulación de barrido o por adsorción, para poder remover la turbiedad. En algunos casos es opcional dependiendo de los ensayos de laboratorio. La sedimentación se define como el proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el agua, que se encuentran suspendidas son removidas por la acción de la gravedad. En el proceso de sedimentación se deben tener en cuenta el número de unidades de sedimentación, el dispositivo de recolección de agua sedimentada y el acceso a la unidad (Reglamento tecnico del sector de agua potable y saneamiento basico RAS, 2017).

**4.6.1.5 Filtración:** La filtración del agua es un procedimiento que permite someter al agua a un sistema diseñado para eliminar sólidos disueltos y agentes contaminantes. En el proceso convencional la filtración, esta puede ser rápida o lenta. La filtración rápida se puede dividir en filtración ascendente o descendente y se puede filtrar por gravedad o por presión. El lavado del

medio filtrante puede ser intermitente o continuo. También puede emplearse la filtración lenta sola o con diversas etapas de prefiltración (Carpio, 2016).

**4.6.1.6 Desinfección:** Sin importar el tipo de tratamiento previo que se le haya realizado al agua para su potabilización, siempre es obligatorio desinfectar el agua en todos los niveles de complejidad del sistema. Entre los procesos de desinfección que pueden realizarse está primordialmente la cloración, incluidos sus derivados el dióxido de cloro, los hipocloritos y procedimientos como el de la cloración. Como desinfectantes complementarios se tienen el ozono y los rayos ultravioleta. En caso de llegarse a emplear un producto químico distinto a los mencionados a continuación para la desinfección del agua, es necesario solicitar permiso al Ministerio de Salud para su aplicación, además, se debe comprobar su eficiencia, ya sea con resultados obtenidos a nivel nacional o internacional, por investigaciones, trabajos a nivel laboratorio y/o planta piloto donde se demuestre su efectividad (Reglamento tecnico del sector de agua potable y saneamiento basico RAS, 2017).

#### ***4.6.2 Tecnologías no convencionales.***

##### **4.6.2.1 FIME (Filtración en múltiples etapas)**

Este proceso tiene dos o tres procesos de filtración dependiendo del grado de contaminación de las fuentes de agua:

Filtros gruesos dinámicos: La etapa de filtración gruesa dinámica está conformada por tanques que contienen en la superficie una capa delgada de grava fina (6 a 13mm), la cual se encuentra encima de un lecho de grava más grueso (13-25mm) y de un sistema de drenaje localizado en el fondo.

Esta sección se utiliza para reducir los picos más altos de turbiedad y de tal manera proteger la planta de tratamiento de las altas cargas de material sólido que se transportan por la fuente durante algunas horas.

Cuando la fuente transporta valores muy altos de sólidos fácilmente sedimentables, estos sólidos son depositados en la superficie del lecho de grava, obstruyéndolo rápidamente y restringiendo parcial o totalmente el paso de agua. De esta manera se logra proteger las unidades de tratamiento siguientes (Organización Panamericana de la salud, 2005)

Filtros gruesos ascendentes en capas: En el caso de la filtración gruesa, se pueden encontrar filtros horizontal o filtros de flujo vertical. Esta técnica consta de un compartimiento principal donde se encuentra ubicado un lecho filtrante de grava. El diámetro de los granos de grava va disminuyendo con la dirección del flujo.

Un filtro de flujo ascendente se compone por un sistema de tuberías las cuales se ubican en el fondo de la estructura, permitiendo la distribución del flujo de agua en forma uniforme dentro del sistema.

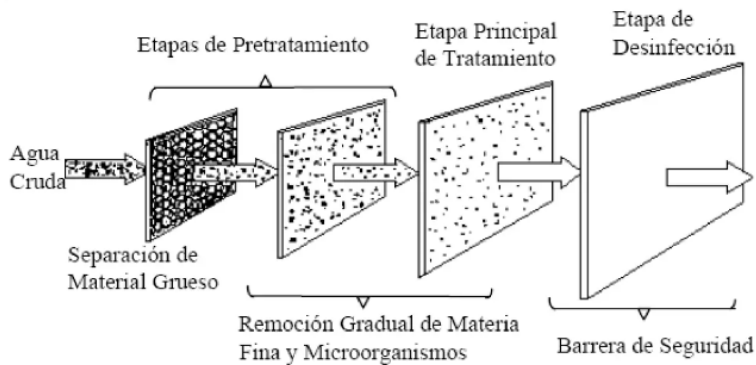
A medida que va funcionando el filtro, se van llenando todos los espacios vacíos con las partículas retenidas del agua, por lo cual es necesario realizar limpiezas semanalmente y de manera controlada mediante las válvulas de apertura a la salida de la unidad (Organización Panamericana de la salud, 2005).

Filtros lentos de Arena: El proceso de FLA para el tratamiento de agua potable es conocido como el producto de un conjunto de mecanismos de naturaleza biológica y física, allí estos mecanismos interactúan de tal manera que permiten mejorar la calidad microbiológica del agua.

Esta técnica consiste básicamente en un tanque con un lecho filtrante de arena fina, colocado encima de una capa de grava que constituye el soporte de la arena, estas dos se encuentra

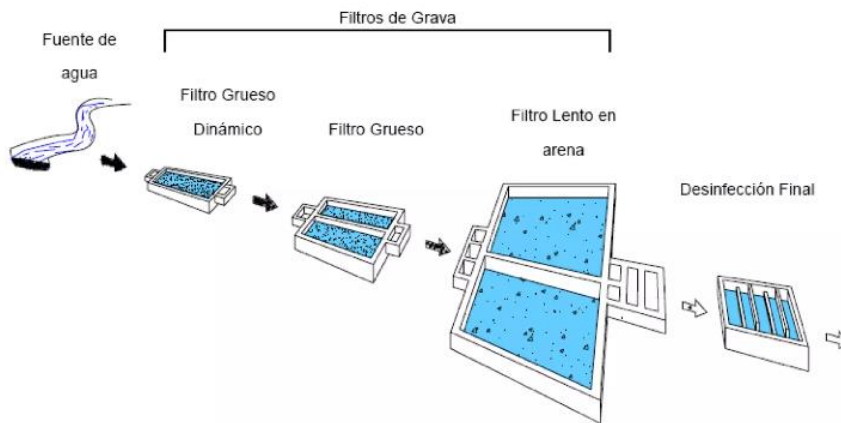
sobre un sistema de tuberías perforadas ubicadas en la profundidad de la estructura las cuales tienen la función de recolectar el agua que ya ha sido filtrada. En este caso el flujo es descendente, con una velocidad de filtración mínima que se puede controlar preferiblemente al ingreso del tanque (Organización Panamericana de la salud, 2005).

**Figura1**  
*Etapas de FiME*



Nota: presenta las etapas en las cuales se realiza el tratamiento que tiene el agua cruda en el sistema.

**Figura2**  
*Filtración en sistema FiME*



Nota: muestra la ubicación exacta de cada filtro de grava para poder realizar correctamente el tratamiento del agua cruda.

#### **4.6.2.2 Tratamiento a base de membranas**

Los procesos de membrana a presión están subclasificados y basados en el tamaño del poro de la membrana en:

**Microfiltración:** El sistema MF de menor escala más utilizado es el filtro cerámico (CF). La mayoría de las membranas de cerámica MF están disponibles en forma de monolitos o tubos cilíndricos huecos y tienen un tamaño de poro nominal de alrededor de 0.2  $\mu\text{m}$ . Debido al tamaño del poro, tales filtros proporcionan una protección completa contra las bacterias, pero solo una protección parcial contra los virus (rango de tamaño de 30-300 nm) (Lantagne, Cardinali, & Quick, 2008).

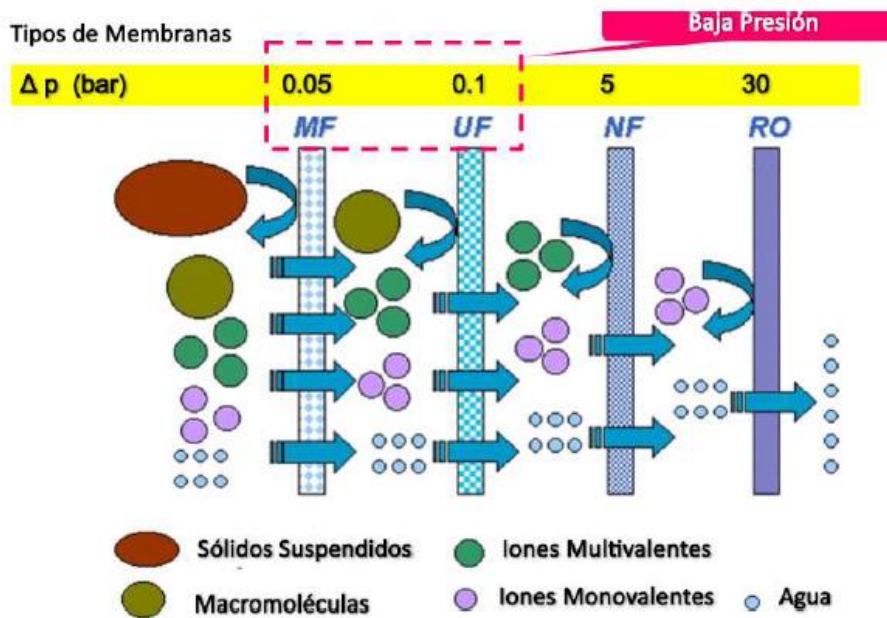
**Ultrafiltración:** la mayoría de los problemas de calidad de agua se deben a los patógenos, estos son completamente retenidos por las membranas de ultrafiltración. Además, estas membranas requieren presiones significativamente menores que las membranas de ósmosis inversa. Uno de los pocos sistemas disponibles para las comunidades rurales son los sistemas Lifestraw y Skyhydrant. El filtro Lifestraw, es una tecnología portátil, el agua limpia se produce aspirando desde un recipiente, el cual está equipado con membrana de UF. Pruebas de laboratorio independientes, mostraron que el Lifestraw era efectivo para la producción de agua microbiológicamente segura (Lifestraw., 2007)

**Ósmosis inversa:** Los sistemas de OR en comunidades rurales son frecuentemente un proceso de múltiples etapas, que incluye pasos de pretratamiento y post tratamiento, además de un módulo de membrana en espiral enrollada RO, incluyen filtros de sedimentos o microfiltros y carbón activado. Las etapas posteriores al tratamiento utilizan también filtros de carbón activado. Estos sistemas se instalan normalmente para purificar el agua del grifo de un suministro centralizado. Trabajan sin suministro de electricidad, siendo la presión del grifo, la presión

necesaria para la alimentación del sistema. El mantenimiento del sistema en la mayoría de los casos requiere la sustitución de pre y post filtros una vez cada 6 a 18 meses, mientras que la vida de la membrana es de 2 -3 años. Sus costos anuales de funcionamiento son aproximadamente US \$ 85-135 (Maryna, Chris, & Woter, 2009).

**Figura3**

*Tipos de membrana según su tamaño*



Nota: muestra el proceso de filtración por membranas, la ubicación exacta de cada uno de los tipos de membranas para que de esta manera el sistema pueda realizar el proceso de filtración de agua correctamente.

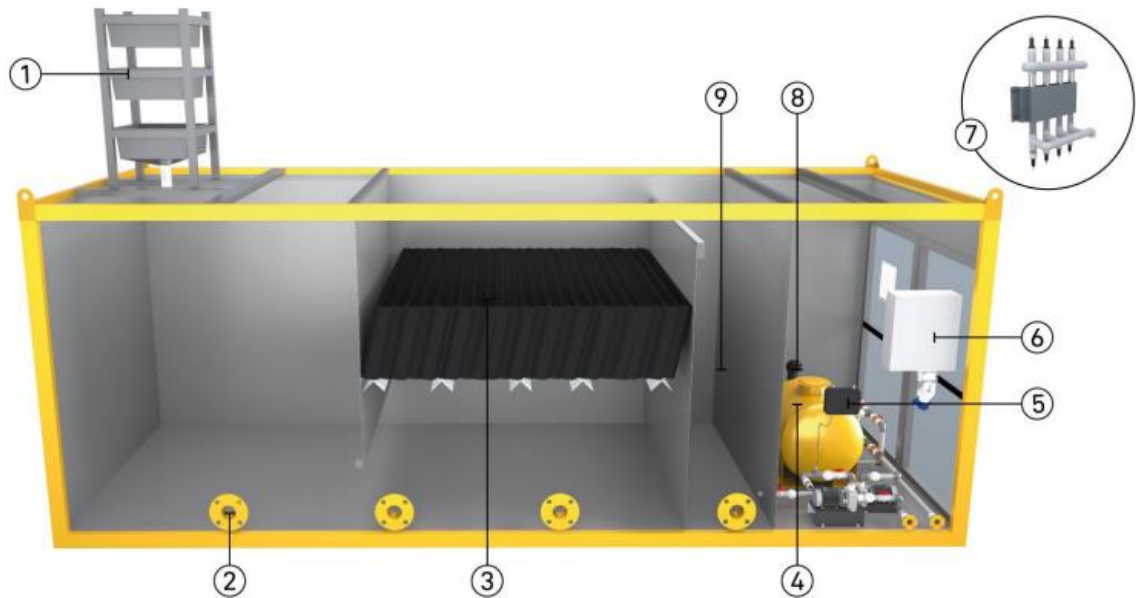
#### 4.6.2.3 Sistema de tratamiento compacto ACUAPLUS

Son plantas diseñadas para tratamiento de agua potable compactas y portátiles, son un sistema de alto rendimiento para tratamiento de agua potable. Están diseñadas en acero al carbón y acero inoxidable con mezclas compuestas de fibras resinas poliméricas de primera calidad, bajo

los estándares internacionales establecidos en la RAS2000 (Titulo B). Pueden producir pequeños y medianos volúmenes de agua potable (SYNERTECH, s.f.)

**Figura4**

*Componentes del sistema ACUAPLUS*



Nota: muestra los componentes de la plata ACUAPLUS los cuales son 1. Sistemas de torres de aireación, 2. Purgas, 3. Floculación y decantación lamelar, 5. Dosificador peristáltica, 6. Caja de control, 7. Lámparas ultravioleta, Cámara de clarificación y 9. Dosificador de Cloro

Módulo de desbaste: Filtro con malla mesh capacidad para retener solidos suspendidos y elementos arcillosos superiores a 120 mesh (0,12 mm) ayuda a la eliminación de Nematodos presentes en el agua.

Dosificación en línea de floculación / coagulante: Dosificador peristáltico, en cargado de aplicar una dosis controlada del reactivo floculante / coagulante. (Poli cloruro de aluminio). El aporte de este reactivo es ideal para reducir la concentración de lodos, turbiedad y contaminantes como fosfatos dentro del agua.

Cámara recibido, decantación y clarificación: Este módulo de perfeccionamiento está compuesto por tres cámaras (cámaras de recibido, decantación y clarificación) de manera compacta, garantizando un tiempo de retención o estadía dentro de los parámetros exigidos por el RAS2000 (Titulo B) con vigencia actual. Esta construida en acero al carbón con recubrimientos internos en pinturas epóxidos especiales con un diseño estructural hidrodinámico de alta resistencia y facilidad de mantenimiento.

Torre de aireación: Torre de aireación difusora utilizada para degradación y eliminación de componentes como hierro, cobre, plomo, gases aromáticos como etileno, metano sulfhídrico, entre otros.

Filtración: Un filtro horizontal en acero de alta calidad de 50 c,s de diámetro x 60 cms de largo aproximadamente – incluye lecho filtrante multicapa (Grava 2 – 4, Arena 12 – 20 y 20 - 30) y válvula de manejo de operaciones de filtrado y lavado del tanque filtro. Este se encarga de filtrar y retener los flóculos de mayor tamaño generados en el proceso de coagulación y mezcla rápida, así como también sólidos y partículas suspendidas superiores a 10 micras. En este proceso el agua es clarificada hasta con 1 NTU (Unidades de Turbidez).

Cloración en Línea: Dosificador en línea por diferencial de presión de cloro (Hipoclorito de calcio en tabletas al 90%), capacidad de carga 9lbs – aplicación de dosis mínima de cloro residual, importante para garantizar los parámetros requeridos por la normatividad colombiana, incluye perilla para control de dosificación.

Filtro reactor ultravioleta: 1 litro reactor ultravioleta de 60 wattios fabricados en PVC + AL SI 304, incluye 2 lámparas germicidas de 30 wattios c/U, UV-C de 254 nm (Conexión T8), efectivo para extraer microorganismos presentes en el agua, sin dejar residuos tóxicos ni alterar las

características físico-químicas de esta. El módulo ultravioleta se encarga de eliminar hasta el 99.9% de los virus y las bacterias.

## 5. Marco Legal

Dentro del marco legal colombiano, se consideran las disposiciones normativas, decretos y leyes que rigen la elaboración del diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP). Las cuales establecen los principios y fundamentos legales que guían la gestión y administración del agua potable, influenciando así la formulación de normativas específicas relacionadas con el diseño y funcionamiento de infraestructuras para el tratamiento de agua destinada al consumo humano.

La Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009” (Resolución 0330 de 2017).

En esta norma se establece lo que se debe tener en cuenta para el diseño de una planta de tratamiento de agua potable, desde los parámetros de calidad de la fuente hasta el tratamiento y diseño de cada elemento de la planta.

Resolución (2115 de 2007) expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Protección Social “ Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”.

En esta normativa se encuentran las características o parámetros físicos, químicos y microbiológicos con sus respectivos límites o valores aceptables que se deben tener bajo un sistema de control y vigilancia en cuanto a la calidad del agua para consumo humano.

## **6. Estado de Arte**

La problemática de la potabilización del agua se evidencia globalmente, pero se hace más notoria en los países en desarrollo, la disponibilidad de agua potable es una necesidad básica la cual se enfrenta a desafíos significativos cada vez con más frecuencia debido a la contaminación del agua, un fenómeno que ha adquirido dimensiones críticas en la era moderna. Estudios revelan que una gran proporción de países en desarrollo, aproximadamente el 75 por ciento, carece de acceso a agua potable segura, evidenciando la urgencia de implementar sistemas efectivos de tratamiento de agua para garantizar la salud pública y el desarrollo sostenible (Peña, Ronquillo, Villa, & Zambrano, 2021).

En el contexto de Colombia, el acceso a agua potable y saneamiento básico ha sido un desafío arraigado en la política, la institucionalidad y las normas que históricamente han marcado el camino hacia la solución de estos problemas. Aunque el país ha experimentado avances notables, la tarea de asegurar una cobertura y calidad adecuada de estos servicios en zonas rurales requiere un enfoque estructural y colaborativo que involucre al Estado y reconozca la importancia de fortalecer la gestión comunitaria. Este enfoque integral busca asegurar de manera sostenible la cobertura y calidad de los servicios de agua potable y saneamiento en todo el territorio nacional, abordando así las necesidades fundamentales de las comunidades rurales (Moreno, 2020).

En el contexto específico de la gestión comunitaria en Colombia, se evidencia una situación donde si bien es común en la prestación de servicios de acueducto en zonas rurales, la falta de disposiciones formales ha generado brechas significativas en el apoyo necesario para garantizar la calidad y disponibilidad del agua potable. Algunos municipios y entidades han implementado modelos de apoyo, pero su alcance es limitado y varía en términos de institucionalización, tipo de apoyo, frecuencia y recursos disponibles. Esta diversidad en los modelos de apoyo refleja la complejidad y la necesidad de un enfoque adaptado a las realidades locales para lograr resultados efectivos y sostenibles en la potabilización del agua en zonas rurales (Smits, Tamayo, Ibarra, Rojas, & Benavidez, 2012)

En medio de este panorama nacional, surge un enfoque más detallado sobre los problemas específicos en el proceso de potabilización del agua en zonas rurales de Colombia. Un estudio exhaustivo realizado para sistemas de plantas de tratamiento de agua potable revela las complejidades técnicas y operativas que enfrentan estos sistemas. Desde la alta turbidez en fuentes superficiales hasta la viabilidad de plantas pequeñas compactas o filtración en múltiples etapas para comunidades con recursos limitados, cada aspecto resalta la necesidad de estrategias específicas y eficaces para abordar los desafíos de la potabilización del agua en el contexto rural colombiano. (Nova, 2020)

Este panorama llevó a iniciativas para mejorar la situación como por ejemplo, en la vereda La Trinidad del municipio de Duitama, Boyacá, se realizó un estudio enfocado en la planta de tratamiento local, identificando deficiencias en el tratamiento del agua que requerían atención inmediata por parte de la empresa de servicios públicos (Paque, 2016) y en la vereda Francisco de Paula en Barbosa, Santander, se desarrolló un proyecto integral para tratar y distribuir agua potable, enfocándose en garantizar la calidad, cantidad y continuidad del suministro de agua. Este proyecto

fue resultado de estudios detallados del agua y análisis de su calidad, que llevaron a la implementación de un tratamiento con filtros en múltiples etapas y la construcción de la infraestructura necesaria para asegurar un suministro seguro y suficiente para la comunidad local (Díaz & Rangel, 2022).

Finalmente, En Barbosa Santander se realizó por parte del concejo municipal una evaluación a la planta de tratamiento que abastece el municipio, según el estudio realizado, actualmente esta planta de tratamiento cumple con los parámetros de agua potable. (Alcaldía Municipal de Barbosa Santander, 2020-20203).

## **7. Metodología**

Este proyecto se realizó teniendo cuatro fases metodológicas que consistieron en: i) descripción del área de estudio, ii) diagnóstico de la situación actual del sistema de abastecimiento de agua, iii) identificación de criterios de estudio y iv) selección de alternativa tecnológica.

### **7.1 Descripción de área de estudio**

El municipio de Barbosa-Santander tiene una extensión de 46.43 Km<sup>2</sup>, conformada por un corregimiento, 35 barrios y 8 veredas y un corregimiento. Se encuentra ubicado al extremo sur del departamento de Santander limitando con el municipio de Güepsa; por el sur con el municipio de Puente Nacional, por el oriente con el río Suárez y el municipio de Monquirá que hace parte al departamento de Boyacá y por el occidente los municipios de Vélez y Guavatá (Alcaldía Municipal de Barbosa Santander, 2020-20203).

**Figura5**

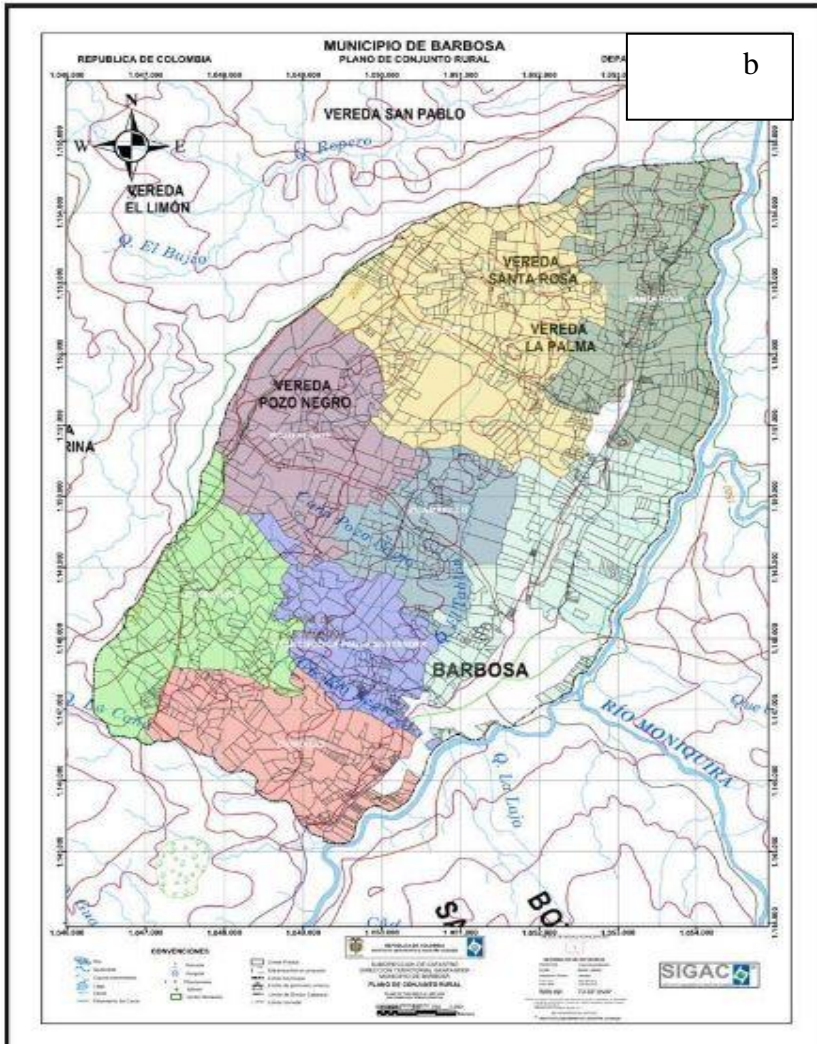
*Localización de Barbosa Santander*



Nota: muestra la ubicación de Santander en Colombia y la localización del municipio de Barbosa en el departamento de Santander.

**Figura6**

Mapa del municipio de Barbosa sus veredas y límites con otros municipios.



La vereda Pozo Negro hace parte de las 8 veredas que pertenecen al municipio de Barbosa, es de las zonas con mayor altitud del municipio, siendo esta de 1898 msnm, a partir de esto tomando información del IDEAM [14]. Se establece que el clima en la zona de estudio es templado con una temperatura promedio de 22°C y una máxima promedio de 28,9°Cs (DATA, C).

Su geología se caracteriza por la presencia de diversas formaciones rocosas, contribuyendo así en la creación de pendientes y escarpes escalonados. Los suelos derivados de estas formaciones

rocosas exhiben una textura franco-arcillosa y son de composición heterogénea y una fertilidad moderada (Sarmiento, 2014).

En esta vereda se encuentra la fuente hídrica denominada El Ruiz la cual es la zona específica de estudio. Dicha fuente es una quebrada que discurre sentido oriente a occidente a través de la vereda Pozo Negro hasta tributar las aguas del río Suarez. Desde el año 2018 tiene una concesión de aguas la cual fue concedida a la asociación administradora del acueducto El Ruiz. Actualmente la captación de la fuente es realizada en un punto específico cuyas coordenadas son: Y:1.0048761, X: 1.151672, Z:1892 msnm (Corporación autónoma regional de Santander, 2018).

## **7.2 Diagnóstico de la situación actual del sistema de abastecimiento de agua**

Para realizar un diagnóstico detallado de la situación actual de la zona se desarrollaron dos etapas:

### ***7.2.1 Infraestructura actual del sistema y socialización con la comunidad y entes municipales.***

Durante esta fase, se realizó una inspección en compañía del administrador del sistema para evaluar la infraestructura de abastecimiento en la zona de estudio y definir sus componentes y procesos. Se aplicó una encuesta a los usuarios utilizando un formato estructurado en el cual se realizaron nueve preguntas todas de formato cerrado con el fin de recopilar datos sobre sus características socioculturales, el acceso al recurso hídrico, la calidad del agua y los diferentes usos que se le dan a la fuente hídrica, incluyendo el consumo humano, animal o riego de plantas. Se evaluó la posibilidad de manejar una medida en el consumo del suministro de agua para de esta manera poder tener un control en el servicio, así como el conocimiento de los usuarios sobre la calidad del agua que consumen, además de su disposición de pago por un eventual nuevo sistema de tratamiento.

Adicionalmente, se llevó a cabo una entrevista semiestructurada con el administrador del sistema de abastecimiento El Ruiz, con el fin de obtener información más precisa y detallada sobre el funcionamiento del sistema. Esta entrevista se centró en tres aspectos principales: la infraestructura y gestión del sistema, la calidad del agua y el control financiero del sistema de abastecimiento El Ruiz. Como parte de la conclusión de esta etapa, se solicitó información adicional sobre el manejo y control de las fuentes hídricas en zonas rurales a la administración municipal.

### ***7.2.2 Recopilación de información mediante documentos y plataformas.***

Durante esta etapa, se recopiló información de la fuente de abastecimiento, particularmente sobre un estudio de muestreo y caracterización realizado en agosto de 2018. Así mismo, se complementó con el desarrollo de cuatro jornadas de muestreo y caracterización del agua realizadas durante el año 2023, los cuales se realizaron en diferentes épocas del año tanto en verano como en invierno permitiendo así, obtener una visión completa del comportamiento de la calidad del agua ante diversas condiciones climáticas. Estos programas de caracterización fueron ejecutados por el laboratorio certificado "ESBARBOSA E.S.P", donde se realizaron análisis detallados de 17 parámetros, incluyendo turbidez, temperatura, color, pH, alcalinidad, calcio, cloruros, dureza, manganeso, sulfatos, fosfatos, nitratos, nitritos, aluminio, coliformes totales y presencia de Escherichia Coli. Posteriormente se realizó un promedio de los análisis para de esta manera trabajar con un solo resultado.

Por último, se recopiló información precisa sobre la fuente hídrica mediante la revisión de documentos oficiales, como la concesión de aguas otorgada por la Corporación Autónoma de Santander (CAS) para el uso del recurso hídrico en la quebrada El Ruiz. Estos documentos

proporcionaron detalles cruciales sobre la gestión y regulación del caudal de agua disponible, los módulos de consumo y la respectiva tasa de crecimiento población en la zona de estudio.

### **7.3 Identificación de criterios de estudio**

Esta fase del proyecto estuvo centrada en la identificación y selección de los criterios que se utilizaron para evaluar y elegir los sistemas de tratamiento de agua más adecuados para la zona de estudio. El proceso se llevó a cabo de manera estructurada y organizada en varios pasos, con el fin de garantizar una evaluación objetiva y rigurosa de las tecnologías disponibles.

En primer lugar, se formuló una ecuación de búsqueda diseñada específicamente para filtrar de manera eficaz la información relevante. Esta ecuación permitió identificar artículos y documentos directamente relacionados con la calidad del agua, las tecnologías de potabilización y las condiciones propias de las zonas rurales o en desarrollo. La ecuación aplicada en las plataformas académicas Scopus y Web of Science, accesibles a través de la biblioteca virtual de la Universidad Industrial de Santander, fue: ((“calidad de agua” OR “agua potable” OR “fuentes hídricas” OR “aguas superficiales”) AND (“sistemas de tratamiento” OR “tecnologías de tratamiento” OR “potabilización de agua” OR “PTAP”) AND (“rural” OR “países en desarrollo” OR “zona rural” OR “suburbano”)). Este proceso fue complementado con una búsqueda adicional en Google Académico, enfocada en identificar proyectos y trabajos de grado relacionados con sistemas de tratamiento de agua en zonas rurales, particularmente en países en desarrollo. El rango temporal establecido fue de 24 años, abarcando estudios desde el año 2000 hasta la actualidad, para incluir tanto investigaciones recientes como estudios históricos que pudieran aportar información valiosa para el proyecto en curso.

A partir de esta búsqueda exhaustiva, se encontraron 327 documentos iniciales. Para depurar esta información y enfocarse en los estudios más pertinentes, se llevó a cabo un proceso de filtrado que consistió en seleccionar los artículos, documentos y proyectos que presentaban una mayor similitud con la información requerida para el proyecto. Esta fase de filtrado fue clave para reducir el volumen de información, facilitando la revisión y análisis detallado. Finalmente, se seleccionaron 20 documentos clave, cuyo contenido fue revisado a fondo para identificar los criterios de estudio que aplicaron en cada caso.

El análisis detallado de estos documentos permitió identificar un total de 16 criterios, junto con 37 subcriterios asociados. Estos criterios se organizaron en una base de datos, clasificándolos en tres grandes categorías según su naturaleza: sociocultural, técnico y económico. La categoría sociocultural incluyó aspectos relacionados con la aceptabilidad y facilidad de uso de las tecnologías por parte de la comunidad. La categoría técnica se centró en la eficiencia, capacidad y compatibilidad de las tecnologías con las características del agua y del entorno rural. Finalmente, la categoría económica evaluó la viabilidad financiera de las tecnologías, considerando tanto la inversión inicial como los costos de operación y mantenimiento.

Finalmente, se llevó a cabo un proceso detallado de selección y filtrado adicional, acorde con los principios de sostenibilidad. Este proceso permitió identificar los criterios y subcriterios más relevantes y aplicables al sistema de tratamiento de agua en la zona de estudio, garantizando que las tecnologías seleccionadas fueran sostenibles desde un punto de vista técnico, social y económico, y que pudieran ofrecer una solución eficaz a las necesidades de la comunidad.

### ***7.3.1 Selección de Alternativa Tecnológica.***

Para llevar a cabo esta fase, fue esencial tener una comprensión completa de la información obtenida en las etapas anteriores, es decir tener información útil de la zona donde se realizará el

proyecto con su respectivo diagnóstico y tener seleccionados en una base de datos los criterios de estudio, dicha información facilitó una selección adecuada de la tecnología más apropiada para el tratamiento de agua. La elección de las alternativas tecnológicas se basó en los resultados del análisis de laboratorio, comparando los parámetros obtenidos con los rangos de operación de cada tecnología. Esto permitió descartar aquellas tecnologías que no ofrecían un tratamiento efectivo o que, por su complejidad, generarían costos elevados que no eran viables para el proyecto.

Estas tecnologías son:

- Filtración en múltiples etapas
- Filtración Directa
- Filtración compacta ACUAPLUS

#### **7.4 Ponderación de criterios**

Se implementó el método de suma ponderada, especialmente utilizado en problemas unidimensionales, para de esta manera evaluar sistemáticamente las distintas opciones tecnológicas (Soto). El proceso inició con la asignación de pesos a los criterios estos se asignaron bajo un escenario conservador manteniendo pesos similares entre los tres grandes grupos de criterios: Socioculturales, técnicos y económicos. Luego se asignaron los pesos a los criterios y subcriterios que hacían parte de cada grupo priorizando aquellos más importantes para las necesidades del proyecto, en este proceso se contó con la asesoría de ingenieros con conocimiento en el tema. Posteriormente, se calificaron las alternativas mediante la escala predefinida anteriormente de tipo cuantitativo, lo que permitió una comparación clara entre ellas. Para asegurar la equidad en las comparaciones, se procedió a la normalización de los datos, lo que facilitó una evaluación justa de las alternativas.

### 7.5 Evaluación de criterios

La evaluación de los criterios ponderados se clasificaron las alternativas mediante una escala predefinida de tipo cuantitativo para que de esta manera cualquier parámetro evaluado cualitativamente se convirtiera en cuantitativo y poder realizar el proceso de suma ponderada. Para desarrollar este ítem se calculó el caudal de diseño de la siguiente manera:

#### Tabla2

*Módulos de consumo según La CAS*

Tipo de consumidor	Módulos de consumo decretado por La CAS L/s
Persona	0.002 L/s
Res	0.0006 L/s
Porcicultura	0.002 L/s

Nota: presenta los módulos de consumo tanto para personas como para animales y riegos según la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).

Para hallar la población futura se utilizó el método geométrico, en él se estimó una población futura con un valor de 20 años como no lo indica la normativa de la RAS en el sector rural y la tasa de crecimiento de la población es 0.02 este valor se tomó del valor que indica la CAS en sus módulos.

$p_i =$  Poblacion inicial

$p_f =$  Poblacion final

$a_1 =$  Año inicial

$r =$  Tasa de crecimineto de poblacion

$a_2 = \text{Año final}$

Ecuación 1: Método Geométrico de población futura.

$$p_f = p_i * (1 + r)^{a_1 - a_2}$$

Posterior mente se halló el caudal de diseño con la ecuación predeterminada por la (RAS) para el sector rural.

Ecuación 2: Caudal de diseño para sector rural.

$$Q_d = (\text{Dotacion} * \text{poblacion}) / (1 - 25\%)$$

- **Grupo Sociocultural**

Disponibilidad de materiales e insumos locales.

Para estimar si la tecnología requiere materiales que no se puedan encontrar en la localidad, se consultó el proceso constructivo de las diferentes tecnologías y con el estudio realizado se logró establecer valores para evaluar esta variable.

**Tabla3**

*Disponibilidad de materiales*

Tecnología	Los materiales e insumos se pueden encontrar en la zona.
Compacto	No
Filtración Directa	Si
FiME	Si
No	Si
1	5

Aceptabilidad de la tecnología por la administración.

Se refiere a la disposición que tiene la administración de recibir cada una de las tecnologías de potabilización expuestas y de esta manera seleccionar la que para ellos es la más conveniente.

**Tabla4**

*Aceptabilidad del administrador*

Tecnología	Cual tecnología le parece la más conveniente para la comunidad
Compacto	Valor intermedio
Filtración Directa	Menor aceptación
FiME	Mayor aceptación

Menor aceptación	Valor intermedio	Mayor aceptación
1	3	5

- **Grupo Técnico**

Calidad de la fuente

En esta variable, para el análisis de calidad de la fuente, se tuvo en cuenta los niveles de Coliformes y el nivel de Turbiedad del agua, haciendo referencia a la calidad del agua requerida por la tecnología en estudio en relación con la calidad de agua de la fuente, para esto se tuvo en cuenta las tres ofertas tecnológicas estudiadas. El promedio de los análisis de laboratorio muestra el valor de las variables en estudio.

**Tabla5***Calidad de la fuente turbiedad*

Tecnología	Valor Aceptable	Turbiedad Actual UNT	Cumple
Compacto	250	7.8	Si
Filtración Directa	100	7.8	Si
FiME	70	7.8	Si

No	Si
1	5

**Tabla6***Calidad de agua coliformes*

Tecnología	Valor Aceptable	Coliformes Actual	Cumple
Compacto	500	100	si
Filtración Directa	500	100	Si
FiME	500	100	Si

No	Si
1	5

**Requerimiento de equipos mecánicos**

Este indicador hace referencia a la identificación y evaluación de los equipos mecánicos necesarios para llevar a cabo los procesos de tratamiento de cada una de las tecnologías.

**Tabla7**

*Requerimiento de equipos mecánicos*

Tecnología	Requiere equipo mecánico para su funcionamiento
Compacto	Si
Filtración Directa	No
FiME	No

Si	No
1	5

Área requerida por la infraestructura del sistema de tratamiento.

Se refiere al espacio necesario para la instalación y operación de todas las unidades y equipos que conforman el sistema de tratamiento de agua potable. Este análisis incluye la evaluación del tamaño de las estructuras, este proceso es esencial para asegurar que el sistema se pueda implementar en el sitio que se dispone el cual es un área de 200 m<sup>2</sup>.

**Tabla8**

*Área requerida*

Tecnología	Área mínima requerida para la infraestructura del sistema m <sup>2</sup>
Compacto	35
Filtración Directa	45
FiME	75

Si	No
----	----

---

1	5
---	---

---

Operación y mantenimiento

Nivel de educación necesario para el personal en la mano de obra.

Esta variable hace referencia a la formación académica y técnica requerida para operar y mantener las tecnologías en estudio.

**Tabla9**

*Educación del personal de la mano de obra*

Tecnología	Requiere Energía Eléctrica
Compacto	Si
Filtración Directa	No
FiME	No

---

Si	No
1	5

---

Requerimiento de recursos químicos

Esta variable hace referencia a los reactivos químicos necesarios para el proceso de potabilización en cada una de las tecnologías en estudio.

**Tabla10**

*Requerimiento de recursos químicos*

Tecnología	Requiere productos químicos
Compacto	Si

---

Filtración Directa	Si
FiME	Si
Si	No
1	5

Frecuencia de mantenimiento

Esta variable hace referencia a la periodicidad con la que se deben realizar actividades de mantenimiento preventivo y correctivo en el sistema de tratamiento en estudio.

**Tabla11**

*Frecuencia de mantenimiento*

Tecnología	Frecuencia con la que se debe realizar mantenimiento		
Compacto	Semestral		
Filtración Directa	Quincenal		
FiME	Mensual		
	Quincenal	Mensual	Semestral
	1	3	5

- **Grupo Económico**

Costos de inversión

Se refiere a los gastos iniciales necesarios para la construcción e instalación del sistema. Estos incluyen la adquisición de equipos, materiales de construcción, obra civil, diseño y consultoría, y capacitación del personal.

**Tabla12***Costos de inversión*

Tecnología	Costo de inversión (COP)
Compacto	113.000.000
Filtración Directa	85.000.000
FiME	50.000.000

Mayor Valor	Valor intermedio	Menor valor
1	3	5

## Costos de Operación

se refiere a los gastos recurrentes necesarios para mantener el sistema de tratamiento de agua potable en funcionamiento. Estos costos incluyen el consumo de energía, productos químicos para el tratamiento, mano de obra para operación y mantenimiento, repuestos, y cualquier actividad de monitoreo y control.

**Tabla13***Costos de operación*

Tecnología	Costo de operación y mantenimiento (ANUAL) (COP)
Compacto	4.000.000
Filtración Directa	17.000.00

FiME	12.000.000	
Mayor Valor	Valor intermedio	Menor valor
1	3	5

Finalmente, se calculó el vector de prioridad, identificando el valor máximo [27].

$$\text{Valor parcial} = (\text{calificacion alternativa} * \% \text{parametro})$$

$$\text{Valor Final} = \sum_i^n \text{valor parcial}$$

Este proceso determinó la tecnología más adecuada para el proyecto. Este enfoque no solo brindó una evaluación objetiva y sistemática, sino que también garantizó que la alternativa seleccionada fuera la más eficiente y rentable para cumplir con los requisitos del tratamiento de agua potable.

## 8. Resultado y Discusión

La fuente hídrica El Ruiz discurre a través de la vereda Pozo Negro en sentido Oriente a Occidente hasta tributar las aguas del río Suarez. El sistema de abastecimiento de agua de la vereda Pozo Negro se localiza a 1892msnm, en el municipio de Barbosa Santander (Corporacion autonoma regional de Santander, 2018).

### 8.1 Diagnóstico de la situación actual del sistema.

El sistema de abastecimiento de agua potable cubre un área de aproximadamente 20 hectáreas, dentro de la cual proporciona servicio a 41 viviendas. La distribución espacial de estas viviendas en relación con la bocatoma es variada; la vivienda ubicada a la mayor distancia se

encuentra a aproximadamente 400 metros de la bocatoma, mientras que la vivienda más cercana está a una distancia aproximada de 90 metros. Este sistema cuenta con una tubería matriz de 1.5 pulgadas RDE 21 con unión mecánica con derivaciones a domiciliarias de 0.5 pulgadas en manguera de alta presión.

**Figura7**

*Área que abarca el sistema El Ruiz*



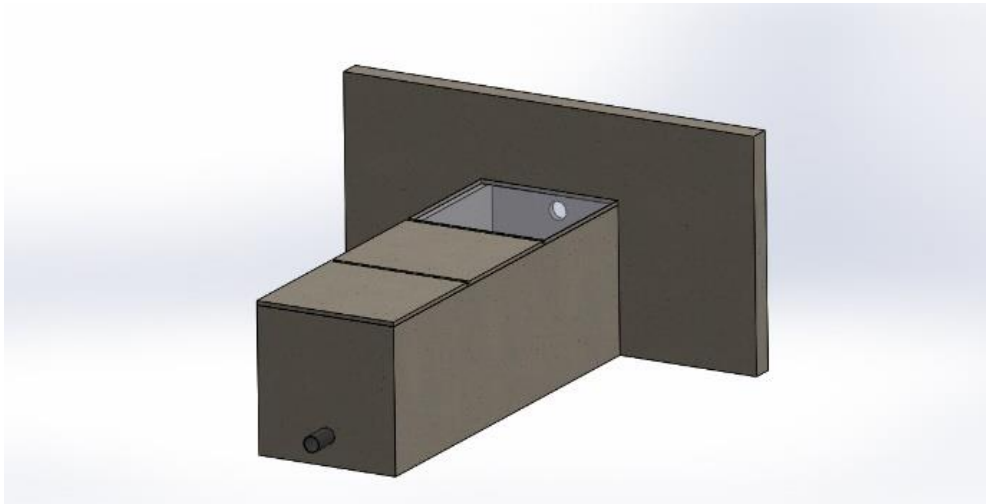
Nota: \* Además de la información presentada en la descripción de la Figura 7. Cabe destacar el área encerrada en líneas amarillas corresponde al era de la parcelación y el área en azul es el área que ocupa dicho sistema fuera de la parcelación, en estas zonas demarcadas se encuentran los 41 puntos de conexión existentes.

Durante esta visita, se observó que la infraestructura actual del sistema es predominantemente artesanal y no cumple con los estándares establecidos por la Reglamentación de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS). El sistema se limita únicamente a los procesos de captación y distribución del agua. La captación se lleva a cabo mediante una presa de

aproximadamente 3 metros de largo y 1.60 metros de altura, construida con concreto, equipada con una ventana o entrada al tanque de 1.5 pulgadas de diámetro. Desde la bocatoma, el agua se dirige a un tanque de almacenamiento conectado a mangueras que distribuyen el agua a los usuarios. Sin embargo, es importante destacar que este sistema no aplica ningún tipo de tratamiento al agua, ya sea físico o químico, lo que resulta en serias preocupaciones por parte de la comunidad debido a la calidad del agua suministrada.

**Figura8**

*Estado actual del sistema*



Nota: presenta el estado actual del sistema donde se realiza la captación del agua, la cual está conformada por una bocatoma y un tanque.

A través de la encuesta realizada a los usuarios del sistema de abastecimiento, se determinó que existe un total de 41 puntos de conexión de donde se abastece a 164 personas aproximadamente, con solo el 10% utilizando el agua para fines adicionales al doméstico, es decir lo utilizan para riego de un cultivo pequeño o para alimentar animales para el autoconsumo. Todos los usuarios reportaron problemas con la calidad del agua, además de la falta de control o medición

para determinar la cantidad de agua consumida. Es relevante destacar que el 100% de los usuarios manifestaron disposición a pagar por mejoras en la calidad del servicio.

La encuesta realizada a un total de 19 puntos de conexión en la Vereda Pozo Negro, reveló que, en promedio, cada vivienda alberga a cuatro personas. Respecto al uso del suministro de agua, se constató que el 100% (19/19) de los casos lo emplea para fines domésticos, el 16% (3/19) para uso doméstico y animal y el 10.5% (2/19) para uso doméstico, animal y agrícola. Aunque no se identificaron problemas significativos relacionados con la distancia a la fuente hídrica, el 100% tiene problemas con la calidad del agua y el 10.5% (2/19) presenta problemas en la frecuencia del suministro. Estos problemas se ven reflejados debido al impacto que tiene el cambio climático en la fuente hídrica.

Los usuarios manifiestan que en periodos de lluvia encuentran un cambio en el color aparente y sabor del agua. Esto se debe a que el sistema en este momento no realiza ningún tipo de tratamiento en el agua y cuando se presentan fuertes lluvias se incrementa el arrastre de sedimentos y se esto afecta directamente la calidad del agua.

Es notable que, a pesar de la preocupación por la calidad, ningún usuario conoce exactamente la calidad del agua que consume ya que no tienen conocimiento de ningún análisis de laboratorio realizado a la fuente hídrica. Las precauciones adoptadas por el 100% de los habitantes se centra en hervir el agua antes de su consumo. Se evidencia la falta de control sobre el consumo de agua del total de los habitantes de la vereda y la ausencia de medidas adicionales para mejorar la calidad de esta. Aunque el 100% de los usuarios han solicitado algún tipo de asistencia para mejorar la calidad del agua sin respuesta alguna.

La entrevista al administrador del Acueducto El Ruiz reveló una serie de hallazgos sobre la infraestructura y gestión del suministro de agua en la zona. El sistema tiene 41 puntos de conexión,

esto se debe a los 34 puntos que están ubicados en la parcelación y siete puntos expuestos. Con respecto a la calidad del agua no se realizan procesos de tratamiento del agua antes de su distribución, solo se ha realizado un análisis y fue al solicitar la concesión de agua en el 2018 y afirma el aumento de la problemática de la calidad del agua en épocas de lluvia prolongada.

En cuanto al control y las finanzas, hay una brecha en la gestión del sistema, no hay control ni tarifas establecidas en el suministro de agua. Se están considerando inversiones para mejorar la infraestructura y garantizar un suministro más confiable y seguro. Además, se determina que hay inclusión de la comunidad en la toma de decisiones relacionadas con el sistema de abastecimiento.

El administrador del sistema de suministro de agua El Ruiz, presenta un leve conocimiento de la normativa que rige los sistemas de agua potable en zonas rurales, pero sabe que el sistema presenta problemas en la calidad del agua por lo tanto desea realizar una mejora y de esta manera cumplir con los estándares locales y nacionales del suministro de agua potable.

La Tabla 3: presenta el promedio de los resultados de los cinco análisis realizados respecto a la calidad del agua del sistema.

#### **Tabla14**

##### *Resultados de análisis de laboratorio*

Parámetros	Unidades	Valor Aceptable*	Resultados	Diagnósticos
pH	Adimensional	6.5-9.0	6.7 ± 0.17	Aceptable
Temperatura	°C	No Aplica	19 ± 2.02	No Aplica
Turbiedad	UNT	0-2	7.8 ± 0.58	No Aceptable
Olor	Aceptable o No	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Color Aparente	UPC	0-15	54 ± 7.80	No Aceptable
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	0-200	109 ± 23.9	Aceptable
Calcio	Ca	0-60	39 ± 10.9	Aceptable

Cloruros	Cl	0-250	12 ± 4.56	Aceptable
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub>	0-300	87 ± 0.01	Aceptable
Manganeso	Mn	0-0.1	0.02 ± 10.5	Aceptable
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0-250	0.01 ± 0.01	Aceptable
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	0-0.5	0.05 ± 0.03	Aceptable
Nitratos	NO <sup>-3</sup>	0-1	0.06 ± 0.04	Aceptable
Nitritos	NO <sup>-2</sup>	0-0.1	0.09 ± 0.01	Aceptable
Aluminio	Al <sup>+3</sup>	0-0.2	0.02 ± 0.01	Aceptable
Coliformes Totales	UFC/100	0	100 ± 0	No Aceptable
Escherichia coli	UFC/100	0	100 ± 0	No Aceptable

Nota: \* Los valores de referencia corresponden a la resolución 2115 del 2007. Aunque el agua cruda presenta una calidad aceptable, es necesario plantear sistemas de tratamiento que contribuyan a reducir la contaminación asociada a la turbiedad, color y presencia de microorganismos patógenos. Los resultados reportados son el promedio de cinco datos.

Los análisis realizados a la fuente hídrica El Ruiz revelaron que varios parámetros críticos, como turbidez, color y presencia de coliformes y Escherichia coli, no cumplen con los rangos aceptables. Estos microorganismos pueden indicar contaminación fecal, representando un riesgo para la salud pública. (Chirloes & M, 2010). Por lo tanto, es necesario que el sistema de abastecimiento presente un tratamiento para de esta manera los usuarios no consuman agua con algún riesgo y la calidad del agua cumpla con los estándares establecidos.

## 8.2 Identificación de criterios de estudio.

Como resultado del procedimiento aplicado en esta fase del proyecto, se identificaron y seleccionaron los criterios más relevantes para la evaluación de los sistemas de tratamiento de agua en la zona de estudio. A partir de una búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas y complementada con otras fuentes, se lograron obtener 327 documentos iniciales, de los cuales por

medio de un filtrado rápido teniendo en cuenta su título resumen y contenido se seleccionaron 20 estudios clave fueron seleccionados por su pertinencia y similitud con el enfoque del proyecto. El análisis de estos documentos permitió identificar un total de 16 criterios, organizados en tres categorías: socioculturales, técnicos y económicos, junto con 37 subcriterios asociados. Estos criterios proporcionaron una base sólida para la evaluación de las tecnologías, permitiendo una selección fundamentada en su viabilidad técnica, social y económica, así como su aplicabilidad en un contexto rural. Esta metodología de filtrado y categorización facilitó una evaluación integral y sostenible de las opciones tecnológicas, garantizando una solución adecuada a las necesidades de la comunidad.

### **Tabla15**

*Base de datos consolidada de criterios de estudio*

	<b>Criterio</b>	<b>Subcriterio</b>
Sociocultural	Disponibilidad de materiales e insumo local	Disponibilidad local de estos materiales.
	Aceptabilidad de la tecnología por la administración	Sistema tecnológico más conveniente para el administrador.
	Calidad de la fuente	Turbiedad. Coliformes.
Técnico	Área requerida por la infraestructura del sistema de tratamiento	El área requerida por la infraestructura se encuentre disponible.
	Operación y mantenimiento	Nivel de educación del personal necesario para la mano de obra.

---

		Requerimiento de energía eléctrica.
		Requerimiento de recursos químicos.
		Frecuencia de mantenimiento.
	Requerimiento de equipo mecánico	Necesidad de equipo mecánico para su funcionamiento.
	Costo de inversión	Costo inicial de inversión.
Económico	Costos de operación	Costo de mantenimiento y operación anual.

---

Nota: Muestra la base de datos consolidada de los criterios y subcriterios con la cual se va evaluar cada una de las alternativas tecnológicas.

### 8.3 Selección de alternativa

Para iniciar la selección de la tecnología más adecuada, primero se consideraron los resultados obtenidos del análisis de laboratorio, que permitieron identificar las características específicas del agua a tratar. En segundo lugar, se evaluaron las tecnologías de potabilización más utilizadas en zonas rurales con caudales pequeños, que presentaban viabilidad para el proyecto.

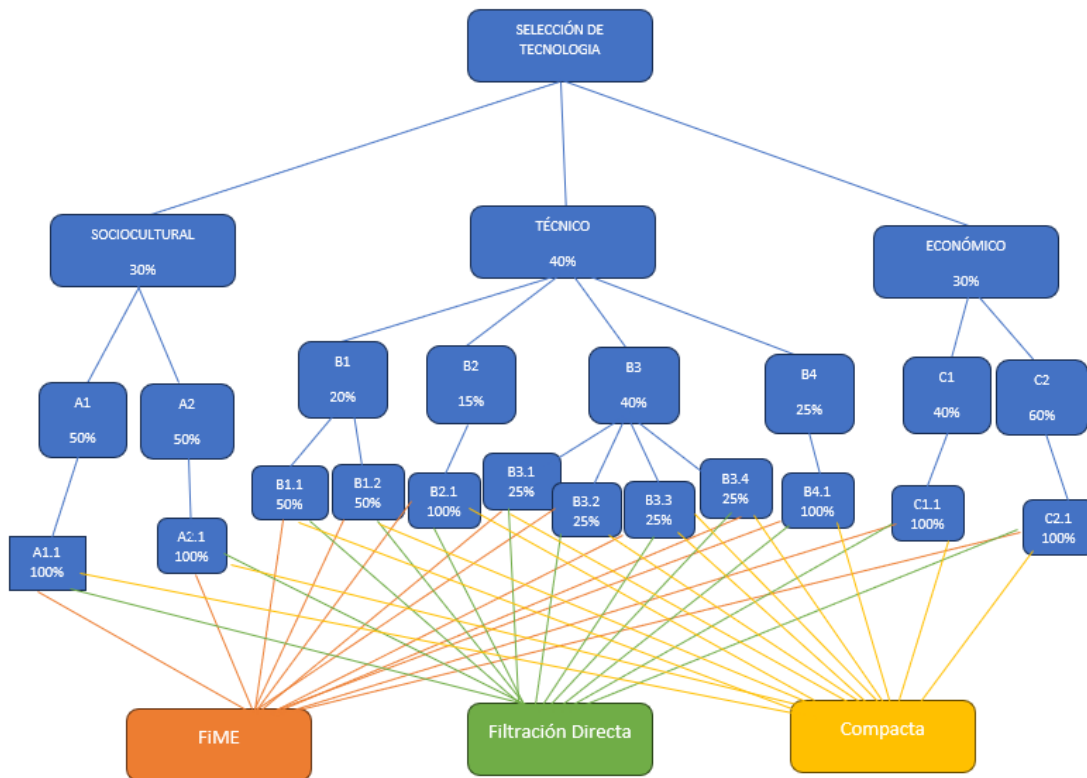
Debido a este proceso, se seleccionaron tres tecnologías clave:

- Filtración Directa
- Filtración Compacta ACUAPLUS
- Filtración en Múltiples Etapas

**8.3.1 Ponderación de criterio**

Estas tecnologías fueron seleccionadas porque no solo son de las más comunes y probadas en este tipo de contextos, sino también porque los parámetros del análisis de laboratorio se encontraban dentro de los rangos de operación admisibles para cada una de ellas, lo que garantiza su eficacia en las condiciones locales del proyecto.

**Figura9**  
Análisis multicriterio con sus respectivas abreviaturas



Nota: muestra el mapa del análisis multicriterio con los respectivos porcentajes correspondientes a cada criterio y la evaluación que tiene cada una de las alternativas tecnológicas en cada uno de ellos.

Nota:\* Los criterios están organizados en sus respectivos grupos y cada uno de ellos tiene el valor del porcentaje correspondiente, como se observa en la imagen cada uno de los criterios tiene su respectiva abreviatura y el orden es el siguiente; grupo sociocultural (A1) disponibilidad de materiales e insumos local, (A1.1) disponibilidad local de estos materiales,(A2) Aceptabilidad de la tecnología por el administrador,(A2.1) sistema tecnológico más conveniente para el administrador, grupo técnico (B1) calidad de la fuente, (B1.1) turbiedad, (B1.2) coliformes, (B2) Área requerida por la infraestructura, (B2.1) área requerida por la infraestructura se encuentra disponible,(B3) operación y mantenimiento, (B3.1) nivel de educación del personal necesario para la mano de obra, (B3.2) requerimiento de energía eléctrica, (B3.3) requerimiento de recursos químicos, (B3.4) frecuencia de mantenimiento, (B4) requerimiento de equipo mecánico, (B4.1) necesidad de equipo mecánico para su funcionamiento, grupo económico (C1) costo de inversión, (C1.1) costo inicial de inversión, (C2) costo de operación , (C2.1) costo de mantenimiento y operación anual.

### ***8.3.2 Evaluación de parámetros***

Luego de desarrollar la Ecuación 1 y la Ecuación 2, teniendo en cuenta las variables respecto a la normativa los resultados de estas fueron los siguientes respectivamente:

$$p_f = 244 \text{ habitantes}$$

$$Q_d = 0.650 \text{ L/s}$$

**8.3.3 Cálculo del valor final para cada tecnología en estudio.**

**Tabla16**

Criterio	%	FiME	Filtración	Compacta
	Criterio		Directa	
A1.1	0.15	0.15	0.15	0.03
A2.1	0.15	0.15	0.03	0.09
B1.1	0.04	0.04	0.04	0.04
B1.2	0.04	0.04	0.04	0.04
B2.1	0.06	0.06	0.06	0.012
B4.1	0.1	0.1	0.1	0.1
B3.1	0.04	0.024	0.024	0.008
B3.2	0.04	0.04	0.04	0.008
B3.3	0.04	0.008	0.008	0.008
B3.4	0.04	0.024	0.008	0.04
C1.1	0.12	0.12	0.072	0.024
C2.1	0.18	0.108	0.036	0.18
Total	1	0.864	0.608	0.58

*Vector prioridad y sus máximos valores*

Nota: presenta los cálculos del valor parcial de cada criterio y la sumatoria del resultado de cada alternativa tecnológica determinando el vector prioridad y su máximo valor estando subrayado este en amarillo.

$$\text{Valor Final} = 0.864$$

Finalmente, luego de la aplicación de la herramienta se determinó que el vector prioridad en su máximo valor del análisis multicriterio realizado, lo tiene la alternativa tecnológica FiME, ya que en la evaluación realizada de cada criterio y subcriterio respectivamente tuvo un mayor puntaje solo la alternativa tecnología Filtración Directa quedando está en segundo lugar y en último lugar con el vector prioridad de menor valor se encuentra la alternativa tecnológica compacta. De esta manera se puede determinar que es el sistema tecnológico más óptimo para la zona a la cual se le realizó el estudio.

## **9. Conclusiones**

El diagnóstico actual del sistema de abastecimiento de agua en la vereda Pozo Negro reveló importantes deficiencias en términos técnicos, como la falta de un tratamiento adecuado del agua y una infraestructura obsoleta. Desde una perspectiva social, la comunidad enfrenta problemas relacionados con el acceso limitado a agua potable segura, lo que pone en riesgo su salud. Económicamente, se detectaron carencias en la inversión y mantenimiento del sistema, lo que agrava la sostenibilidad a largo plazo. Este diagnóstico integral permitió entender los retos y las necesidades prioritarias para la implementación de un sistema de tratamiento más eficiente y adecuado para la comunidad.

A través del proceso de investigación y análisis de la literatura científica y proyectos relacionados, se logró identificar los criterios clave para evaluar las diferentes tecnologías de tratamiento de agua. Estos criterios se agruparon en tres categorías principales: técnicos, sociales y económicos. Los aspectos técnicos consideraron la eficiencia y capacidad de tratamiento de las

tecnologías, mientras que los sociales abordaron la aceptabilidad y facilidad de uso por parte de la comunidad. Los criterios económicos se centraron en la viabilidad financiera, incluyendo los costos de implementación, operación y mantenimiento. Estos parámetros sirvieron como base sólida para la aplicación de la herramienta de selección de las alternativas tecnológicas.

En el desarrollo del proyecto, se analizaron tres tecnologías de tratamiento de agua: Sistema compacto ACUAPLUS, Filtración Directa y FiME (Filtración en Múltiples Etapas).

Estas tecnologías fueron seleccionadas debido a que el agua en la zona cumple con los parámetros necesarios para que su operación sea eficiente. Además, se priorizó el uso de sistemas ampliamente implementados en zonas rurales, donde el caudal es reducido y las necesidades técnicas requieren soluciones prácticas que puedan cumplir con las normativas de calidad establecidas para el suministro de agua en pequeñas comunidades. Para llevar a cabo este proceso se seleccionaron criterios clave los cuales facilitaron la identificación de la alternativa más óptima para la comunidad.

Tras realizar la evaluación de parámetros, a través del método de suma ponderada. Se estableció que la tecnología más adecuada para los habitantes de la vereda Pozo Negro, que dependen del acueducto El Ruiz, resultó ser el sistema FiME.

Finalmente dando cumplimiento al objetivo de proponer un sistema de tratamiento para la zona de estudio y con la aplicación de la herramienta de selección tecnológica por medio del análisis multicriterio se determinó que la Filtración en Múltiples Etapas (FiME) es la tecnología más adecuada para la vereda Pozo Negro. Esta tecnología fue seleccionada debido a su capacidad para cumplir con los criterios técnicos, ofreciendo un tratamiento efectivo del agua bruta. Además, FiME es una solución de bajo costo, tanto en términos de inversión inicial como de mantenimiento, lo que la hace viable económicamente para la comunidad. Su simplicidad operativa y su adaptación

a las condiciones rurales garantizan que la comunidad pueda gestionar de manera sostenible el sistema, mejorando significativamente el acceso a agua potable de calidad

Este proyecto identificó la problemática específica que enfrentan algunos habitantes de la vereda Pozo Negro, donde el agua consumida no cumple con los estándares mínimos de calidad requeridos para agua potable. El sistema de abastecimiento actual no está alineado con las normativas vigentes establecidas para zonas rurales en Colombia, lo cual representa un riesgo significativo para la salud pública. Como respuesta a esta situación, se requiere implementar un proceso de potabilización óptimo que permita mejorar sustancialmente la calidad de vida de los residentes de la región, garantizando que el agua suministrada sea segura para el consumo humano.

## **10. Recomendaciones**

Es fundamental considerar que los costos de inversión inicial para la instalación de una planta de tratamiento de agua pueden variar significativamente según factores como la ubicación geográfica, la accesibilidad del terreno, los materiales de construcción y la tecnología seleccionada. Para mitigar este riesgo, se recomienda elaborar un presupuesto que contemple un rango de precios, incluyendo márgenes de seguridad para posibles incrementos en costos de transporte, instalación y adquisición de equipos. Además, sería útil buscar fuentes de financiamiento externo, como subsidios gubernamentales o cooperación internacional, para disminuir la carga financiera inicial.

## 11. Referencias Bibliográficas

- Alcaldía Municipal de Barbosa Santander. (2020-20203). *Plan de desarrollo del municipio Barbosa Santander "Barbosa Una Nueva Historia"*. Barbosa.
- Caminati, A., & Caqui, R. (2013). *Análisis y diseño de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura*.
- Carpio, N. (2016). *tecnologica para la inhibicion de la accion corrosiva en el agua potable utilizando parametros de contro y seguridad*:. Obtenido de Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa: <https://1library.co/document/z1dlo53z-evaluacion-tecnologica-inhibicion-accion-corrosiva-utilizando-parametros-seguridad.html>
- Chaparro, T. (2012). *slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/palacios8807/filtracion-fime>
- Chávez de Allain, A. M. (2012). *Tecnologías de control de la contaminación*.
- Chirloes, S., & M, G. (2010). Water safety in emergence and disasters situations: Microbiological dangers and their assessmen. *Scielo*.
- Clark, B., & Steele A. (2009). Water treatment systems for relief agencies: the on-going search for the 'Silver Bullet'. *Sciencedirect*.
- Clasen, T., McLaghlin, C., Nayaar, N., Boisson, S., Gupta, R., Desai, D., & Shan, N. (2008). Microbiological effectiveness and cost of disinfecting water by boiling in semi-urban India. *The American journal of tropical medicine and hygiene*.
- Colombia, C. I. (2011). *Derecho fundamental del agua*. Obtenido de <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2011/T-740-11.htm>

Concha, J., & Guillén, J. (2014). *Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable*.

Corporacion autonoma regional de Santander. (06 de 07 de 2018). Concesion de aguas para Acueducto El Ruiz. Velez , Santander, Colombia.

Correa, H. (2006). Acueducto comunitario, patrimonio publico y movimientos sociales.

DATA, C. (s.f.). *CLIMATE DATA*. Obtenido de <https://en.climate-data.org/south-america/colombia/santander/barbosa-50003>

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2023). *DANE*. Obtenido de DANE: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

Diaz, V., & Rangel, J. (2022). *Diseño de planta de tratamiento y distribución de agua potable para la vereda Francisco de Paula en el municipio de Barbosa Santander*.

Dorea, C. (2009). Coagulant-based emergency water treatment. *Sciencedirect*.

Duke, W., Nordin, R., & Baker, D. (2006). The use and performance of biosand filters in the Artibonite Valley of Haiti: a field study of 107 households. *Rural and remote heald*.

Fane, A., & Tang, C. (2011). Microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis. *Sciencedirect*.

Garcia, M., Brown, S., & Garcia, E. (2015). Jerarquia de vulnerabilidades de las organizaciones comunitarias de aguas en Colombia. En *Gestion y Ambiente*.

Gobernación departamental de Santander. (2020-2023). *Plan de desarrollo de santander "Santander para el mundo"*. BUCARAMANGA.

Instituto Cinara ; universidad del Valle. (2018). Informe Institucional de la Vicerrectoría de nvestigaciones del Instituto Cinara.

- Jay, S., Phyllis, E., Davis, O., Hans, D., & Brandley, A. (s.f.). Water disinfection for international travelers. Obtenido de Travel Medicine: *sciencedirect*.
- Lantagne, D., Cardinali, F., & Quick, R. (2008). Disinfection by-product formation and mitigation strategies in point-of-use chlorination of turbid and non-turbid waters in western Kenya. *journal of water and health*.
- Leal, S. (2013). Calidad del agua: ¿una nueva solución para el mundo en desarrollo??. *Harvard Review of Latin America*.
- Lifestraw. (2007). *Summary of Test Data Received from the University of North Carolina*. Obtenido de <http://www.lifestraw.com.br/ls-p-testresult.pdf>
- Loo, S. F. (2012). Emergency water supply: A review of potential technologies and selection criteria.
- Mahmood, Q. (2011). Development of low cost household drinking water treatment system for the earthquake affected communities in Northern Pakistan. *Sciencedirect*.
- Maryna, P., Chris, Z., & Woter, P. (2009). Decentralized systems for potable water and the oitential of membrane technology. *sciencedirect*.
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2 de 2 de 2022). *Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/en-2022-colombia-aspira-a-tratar-el-54-de-las-aguas-residuales-urbanas/>
- Montoya, E. (2016). Los acueductos y sistemas de distribución de agua comunitarios en el área rural de bogotá y la gobernanza del agua en la ciudad los acueductos y sistemas de distribución de agua comunitarios en el área rural de Bogotá y La gobernanza del agua en la ciudad. *Universidad Nacional de Colombia* .

Moreno, J. (2020). LOS RETOS DEL ACCESO A AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO DE LAS ZONAS RURALES EN COLOMBIA. *Revista de Ingenieria* 49.

Nova, M. (2020). UNIVERSIDAD DE PAMPLONA . Obtenido de SISTEMAS DE AGUA POTABLE PARA GESTIONAR EN ONAS RURALES DE COLOMBIA.

Nuñez, F. (2012). WATERXPERT. Obtenido de <http://www.tecnoagua-peru.com/campus2016/my/>

Organizacion de las Naciones Unidas. (2022). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Organizacion Mundial de la Salud. (2011). *Guías de calidad del agua de consumo humano*. Obtenido de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>

Organización Panamericana de la salud. (2005). *Guia para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en multiples etapas*. Obtenido de <http://www.elaguapotable.com/Guia%20dise%C3%B1o%20filtraci%C3%B3n%20en%20m%C3%BAltiples%20etapas.pdf>

Ortega Garcia, J. (2019). “Amenazas, desafíos y oportunidades para la salud ambiental pediátrica en Europa, América Latina y el Caribe”. Obtenido de Asociación Española de Pediatría: <https://www.analesdepediatria.org>

Paque, N. (2016). *Análisis de diseño y operación del sistema de potabilización de la planta de tratamiento de agua potable de la vereda La Trinidad del municipio de Duitama de acuerdo con el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento*

*básico* RAS-2000. Obtenido de Repositorio USTA:  
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/2465>

Peña, S., Ronquillo, S., Villa, G., & Zambrano, M. (2021). Sistema de Potabilización de Agua en Zonas Rurales. *Risti*.

Peter, M., & Zurbrugg, C. (2009). Decentralized systems for potable water and the potential of membrane technology. *Sciencedirect*.

Ramírez, C. (2016). *Guia técnica acueductos y alcantarillados*.

Reglamento tecnico del sector de agua potable y saneamiento basico RAS. (2017). En *Titulo C*.

Rivera, L. (2018). Evaluacion de los modelos de gestion de proyectos rurales de agua potable y saneamiento basico implementados en los llanos de Colombia. *DYNA*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia.

Roberti, L. (2018). *OBTENIDO DE TECNOLOGIAS DE ABASTECIMINETO DE AGUA* . Obtenido de SSWM: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/ebullici%C3%B3n>

Rojas, J. (2008). *La filtración por membranas se ha conceptualizado de manera generalizada como una tecnología de separación selectiva de dos fases, específicamente líquido-sólido, mediante el uso de una película delgada de origen orgánico o inorgánico. Esta película actú.* Obtenido de <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/1990/17609513.pdf?sequence=1>

Rossel, L., Ferro, M., & Zapaa, R. (2020). Radiation ultraviolet-c for bacterial disinfection (total and thermotolerant coliforms) in the water treatment. *Scielo*.

Sarmiento, K. (2014). *Universidad Santo Tomas Tunja*. Obtenido de Renvacion de Barbosa

Santander:

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/34775/Trabajo%20principal..pdf?sequence=1>.

Sinhaory, S. (2016). Diarrea infantil y estado nutricional en las zonas rurales de Ruanda: un estudio transversal para explorar los factores ambientales y demográficos contribuyentes. *Medicina Tropical y Salud Internacional*, 956-964.

Smits, S., Tamayo, P., Ibarra, V., Rojas, J., & Benavidez, A. (2012). *Gobernanza y sostenibilidad de los sistemas de agua potable y saneamiento rurales en Colombia*.


Soto, j. (s.f.). *Analisis multicriterio (MCDA)*.

SYNERTECH. (s.f.). *SYNERTECH WATER RESOURSER*. Obtenido de <https://www.synertech.com.co/agua-potable/tratamiento-de-agua-potable>

Villanueva, C., Manolis, K., & Grimalt, J. (2001). Cloración del agua potable y efectos sobre la salud : Revisión de estudios epidemilógicos. *Sciencedirect*.

12. Apéndices

Apéndice A. Resultado del primer análisis de laboratorio



**Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Barbosa ESBARBOSA E. S. P.**  
NIT. 804.009.023-4

**INFORME DE ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA**

LABORATORIO AUTORIZADO POR RES. 172 DE 2022 MIN. SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL

SOLICITANTE: DANIEL BENAVIDES

PERSONA PRESTADORA: DANIL ROJAS

PUNTO DE TOMA: ACUEDUCTO EL RUIZ

DIRECCIÓN DE LUGAR: VEREDA POZO NEGRO

DEPARTAMENTO: SANTANDER

PUNTO DE TOMA CONCERTADO: NO APLICA

FECHA DE TOMA: 30/9/2022 HORA DE TOMA: 8:00 a. m.

MUESTRA TOMADA POR: DANIEL BENAVIDES

ANÁLISIS SOLICITADOS: FISIQUÍMICOS: SI APLICA

REPORTE DE RESULTADOS: SAC - 2022 - 149 MUESTRA No: 01

TELEFONO: 3129027803

NIT O C.C: 91.017.499

TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA

EMAIL: jdaniel.ri@gmail.com

MUNICIPIO: BARBOSA VEREDA: POZO NEGRO

PTO. TOMA INTRADOMICILIARIO: NO APLICA CONTRA MUESTRA: NO APLICA

FECHA DE RECEPCIÓN: 30/9/2022 HORA RECEPCIÓN: 10:30 a. m.

DESINFECTANTE: NO APLICA MUESTREO: PUNTUAL

MICROBIOLÓGICOS: SI APLICA RESULTADOS PARA: CONTROL Y CALIDAD

**ANÁLISIS FISIQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO**

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR ACEPTABLE	RESULTADOS	DIAGNÓSTICO	PUNTAJE IECA	MÉTODO	NORMA	PUNTAJE DE RIESGO
pH	Adimensional	6.5 - 9.0	6.91	ACEPTABLE	0.0	Potenciométrico	SM 4500-4-4	1.5
Temperatura	°C	No aplica	22.4	NO APLICA	0.0	Electrométrica	SM 2550-8	0.0
Turbiedad	UNT	0 - 2	6.0	NO ACEPTABLE	15.0	Nefelométrica	SM 2130-8	15.0
Conductividad	µS/cm	0 - 1000	71.4	ACEPTABLE	0.0	Electrométrica	SM 2510-8	0.0
Color Aparente	UPC	0 - 15	68.0	NO ACEPTABLE	6.0	Espectrofotométrica	DN 7887-C1-3	6.0
Cloro Libre	mg/l Cl <sub>2</sub>	0.3 - 5.0	0.0	NO ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DN 3840B-C6-2	15.0
Alcalinidad Total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	0 - 300	80.0	ACEPTABLE	0.0	Tuamétrica	DN 3840A-47	1.0
Calcio	mg/l Ca	0 - 60	35.7	ACEPTABLE	0.0	Tuamétrica	DN 3840a-3-E3	1.0
Cloruro	mg/l Cl <sup>-</sup>	0 - 250	17.3	ACEPTABLE	0.0	Tuamétrica	DN 3840a-D1-2	1.0
Dureza Total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	0 - 300	72.0	ACEPTABLE	0.0	Tuamétrica	DN 3840a-3-E3	1.0
Dureza Cálcica	mg/l CaO	0 - 300	50.0	ACEPTABLE	0.0	Tuamétrica	DN 3840a-3-E3	1.0
Hierro Total	mg/l Fe	0 - 0.3	0.01	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DN 3840a-E1	1.5
Manganeso	mg/l Mn	0 - 0.1	0.02	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DN 3840a-A51	1.0
Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0 - 250	0.01	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DN 3840a-D6-2	1.0
Fosfatos	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0 - 0.5	0.1	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DN 3840a-D11-4	1.0
Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0 - 10	0.003	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DN 3840a-D9-2	1.0
Nitritos	mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0 - 0.1	0.02	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DN 3840a-D10	3.0
Aluminio	mg/l Al <sup>3+</sup>	0 - 0.2	0.01	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	SM 3300-A-9	3.0
Coliformes Totales	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0.0	100.0	NO ACEPTABLE	15.0	Filtración por membrana	SM 9202	15.0
Escherichia Coli	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0.0	100.0	NO ACEPTABLE	25.0	Filtración por membrana	SM 9230 B	25.0
TOTAL					-			-
VALOR IECA:					-	NIVEL DE RIESGO:		-

PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS:	OLOR: ACEPTABLE	COLOR APARENTE: NO ACEPTABLE
PARÁMETROS ANALIZADOS:	20 PARÁMETROS*	
OBSERVACIONES:	NINGUNA	


**DECLARACIONES / NOTAS:**

\*Los parámetros analizados para muestra de agua se analizó según la resolución 2115 de 2007 del MPS/MAVDI. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.


\*\*La toma de la muestra no fue responsabilidad del laboratorio y/o analista. La información suministrada es responsabilidad del solicitante. Esta es una copia no controlada después de impresa.

\*\*\*Los ensayos fueron realizados en las instalaciones del laboratorio físico-químico y microbiológico ESBARBOSA E.S.P. bajo sus condiciones ambientales. Este reporte expresa solamente los resultados.

\*\*\*\*La normalidad DIN reportada es equivalente a la normalidad de los Métodos Estándar. Este reporte solo es válido con las firmas originales. No se realizan cambios posteriores a la emisión.




**JOHAN PINJÓN LÓPEZ**  
PS 42074  
QUÍMICO



**UB BACTERIOLOGA**  
C.C. 1002623991  
MAIRA ALEXANDRA MORENO ANZOLA  
C.C. 1002623991  
BACTERIOLOGA Y LAB. CLÍNICO


**¡BARBOSA UNA NUEVA HISTORIA! ¡SERVICIOS PÚBLICOS CON CALIDAD PARA LA GENTE!**  
Vigilado por la Superintendencia de Servicios Públicos Clicina de atención al cliente: 097 7484627  
Dirección: Km. 1 Vía a Vélez Planta de Tratamiento. Código Postal: 684311  
Celular: 3133762319 • email: psps@esbarbosa-santander-esp.gov.co  
Página web: http://esbarbosa-santander-esp.gov.co/



**Barbosa**  
UNA NUEVA  
Historia  
2020-2023

PROPUESTA DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA POZO NEGRO 173

Apéndice B. Resultado del segundo análisis de laboratorio

 Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Barbosa E.S.P. NIT. 804 025 003-8		MUNICIPIO DE BARBOSA DEPARTAMENTO DE SANTANDER / REPUBLICA DE COLOMBIA			
VERSIÓN	2022	CÓDIGO	MI-LAB-511-08	DEPENDENCIA	
IRCA		FECHA DE ELABORACIÓN	1/03/22	Nº PÁGINAS	1 DE 1

### INFORME DE ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA

LABORATORIO AUTORIZADO POR RES. 0172 DE 2022 MIN. SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL      REPORTE DE RESULTADOS: IAC - 2023 - 101      MUESTRA No: 301

SOLICITANTE: ACUEDUCTO EL RUIE      TELEFONO: 3104802699

PERSONA PRESTADORA: JOHAN DANIEL BENAVIDEZ JAINES      NIT O CC: 1099215949

PUNTO DE TOMA: VEREDA POZO NEGRO      TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA

DIRECCIÓN DE LUGAR: VEREDA POZO NEGRO      EMAIL: NO REGISTRA

DEPARTAMENTO: SANTANDER      MUNICIPIO: BARBOSA      VEREDA: POZO NEGRO

PUNTO DE TOMA CONCERTADO: NO APLICA      PTO. TOMA INTRADOMICILIARIO: NO APLICA      CONTRA MUESTRA: NO APLICA

FECHA DE TOMA: 19/05/23      HORA DE TOMA: 8:00 a.m.      FECHA DE RECEPCIÓN: 19/05/23      HORA RECEPCIÓN: 3:00 p.m.

MUESTRA TOMADA POR: DANIEL JAINES NIÑO      DESINFECTANTE: NO APLICA      TIPO DE MUESTRO: PUNTUAL

ANÁLISIS SOLICITADOS: FÍSICOQUÍMICOS: SI APLICA      MICROBIOLÓGICOS: SI APLICA      RESULTADOS PARA: CONTROL Y CALIDAD

### ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR ACEPTABLE	RESULTADOS	DIAGNÓSTICO	PUNTAJE IRCA	MÉTODO	NORMA	PUNTAJE DE RIESGO
pH	Adimensional	6.5 - 9.0	6.8	ACEPTABLE	0.0	Potenciométrico	SM 4300-H-8	1.5
Temperatura	* C	No Aplica	16.7	NO APLICA	0.0	Electrométrico	SM 2550-8	0.0
Turbiedad	UNT	0 - 2	8.0	NO ACEPTABLE	15.0	Nefelométrico	SM 2130-8	15.0
Conductividad	µS/cm	0 - 1000	47.3	ACEPTABLE	0.0	Electrométrico	SM 2510-8	0.0
Color Aparente	UPC	0 - 15	48.0	NO ACEPTABLE	3.0	Espectrofotométrico	DIN 7687-C1-3	6.0
Cloro Libre	mg/L Cl <sub>2</sub>	0.2 - 2.0	0.0	NO ACEPTABLE	15.0	Espectrofotométrico	DIN 38408-D4-2	15.0
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	0 - 200	80.0	ACEPTABLE	0.0	Titulométrico	DIN 38408-H7	1.0
Calcio	mg/L Ca	0 - 60	17.9	ACEPTABLE	0.0	Titulométrico	DIN 38408-3-13	1.0
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	0 - 250	19.0	ACEPTABLE	0.0	Titulométrico	DIN 38408-011-2	1.0
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	0 - 300	81.0	ACEPTABLE	0.0	Titulométrico	DIN 38408-113	1.0
Dureza Cálcica	mg/L CaO	0 - 300	25.0	ACEPTABLE	0.0	Titulométrico	DIN 38408-113	1.0
Hierro Total	mg/L Fe	0 - 0.3	0.08	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrico	DIN 38408-E1	1.5
Manganeso	mg/L Mn	0 - 0.1	0.01	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrico	DIN 38408-A51	1.0
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0 - 250	0.01	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrico	DIN 38408-D5-2	1.0
Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0 - 0.5	0.07	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrico	DIN 38408-D11-4	1.0
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	0 - 10	0.14	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrico	DIN 38408-D9-2	1.0
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	0 - 0.1	0.004	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrico	DIN 38408-D10	3.0
Aluminio	mg/L Al <sup>3+</sup>	0 - 0.2	0.02	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrico	SM 3500-A18	3.0
Coliformes Totales	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0.0	100.0	NO ACEPTABLE	15.0	Filtración por membrana	SM 9222	15.0
Escherichia Coli	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0.0	100.0	NO ACEPTABLE	25.0	Filtración por membrana	SM 9220.8	25.0
<b>TOTAL</b>					-			-
<b>VALOR IRCA:</b>					-	<b>NIVEL DE RIESGO:</b>		-

PARAMETROS ORGANOLÉPTICOS:	OLOR: ACEPTABLE	COLOR: ACEPTABLE
PARAMETROS ANALIZADOS:	20 PARAMETROS*	
OBSERVACIONES:	NINGUNA	

**DECLARACIONES / NOTAS.**

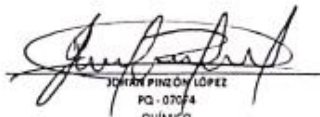
\*Los parámetros analizados para muestra de agua se analiza según la resolución 2115 de 2007 del MPS/MAVDT. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.

\*La toma de la muestra no fue responsabilidad del laboratorio y/o analista. La información suministrada es responsabilidad del solicitante. Este es una copia no controlada después de impresa.

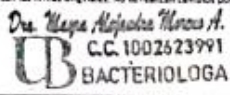
\*Los ensayos fueron realizados en las instalaciones del laboratorio físico-químico y microbiológico ESBARBOSA E.S.P. bajo sus condiciones ambientales. Este reporte expresa fielmente los resultados.

\*La normatividad DIN reportada es equivalente a la normatividad de los Métodos Estándar. Este reporte solo es válido con las firmas originales. No se realizan cambios posteriores a la emisión.



JOHAN PIRAYÓN LÓPEZ  
PQ - 07074  
QUÍMICO




Dr. Maira Alejandra Moreno A.  
C.C. 1002623991  
BACTERIOLOGA

MAIRA ALEJANDRA MORENO ANZOLA  
CC. 1002623991  
BACTERIOLOGA Y LAB. CLÍNICO

Elaboró: Inq. Claudia Suárez	Revisó: Inq. John Alexander Díaz	Aprobó: Inq. John Alexander Díaz
------------------------------	----------------------------------	----------------------------------


BARBOSA UNA NUEVA HISTORIA | Servicios públicos con calidad para la gente! Vigilada por la Superintendencia de Servicios Públicos Oficina de atención al cliente Dirección: Km. 1 vía a Vélez Planta de Tratamiento. Código Postal: 684511 Celular: 3133742319 correo institucional email: pqs@esbarbosa-santander-esp.gov.co controlintemo@esbarbosa-santander-esp.gov.co - página web: http://esbarbosa-santander-esp.gov.co



BarBosa  
UNA NUEVA  
Historia  
2010-2020

PROPUESTA DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA POZO NEGRO |74

Apéndice C. Resultado del tercer análisis de laboratorio

 Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Barbosa E.S.P. NIT. 804.025.003-4		MUNICIPIO DE BARBOSA DEPARTAMENTO DE SANTANDER / REPUBLICA DE COLOMBIA		
VERSIÓN	CODIGO	DEPENDENCIA		
2022	MI - LAB - 511 - 08	LABORATORIO DE AGUA POTABLE		
IRCA	FECHA DE ELABORACIÓN:	No. PÁGINAS		
	3/03/2022	1	DE	1

### INFORME DE ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA

LABORATORIO AUTORIZADO POR RES. 0172 DE 2022 MIN. SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL		REPORTE DE RESULTADOS:	MAC - 2023 - 176	MUESTRA No: 176	
SOLICITANTE:	ACUEDUCTO EL RUIZ	TELEFONO:	3104862699		
PERSONA PRESTADORA:	JOHAN DANIEL BENAVIDES JAIMES	NIT O CC:	1099215949		
PUNTO DE TOMA:	NACIMIENTO TANQUE ALMACENAMIENTO	TIPO DE MUESTRA:	AGUA CRUDA		
DIRECCIÓN DE LUGAR:	VDA POZO NEGRO QUEBRADA EL RUIZ	EMAIL:	JDANIELB1971102@GMAIL.COM		
DEPARTAMENTO:	SANTANDER	MUNICIPIO:	BARBOSA	VEREDA:	POZO NEGRO
PUNTO DE TOMA CONCERTADO:	NO APLICA	PTO. TOMA INFRADOMICILIARIO:	NO APLICA	CONTRA MUESTRA:	NO APLICA
FECHA DE TOMA:	1/09/2023	HORA DE TOMA:	9:00 a. m.	FECHA DE RECEPCIÓN:	1/09/2023
				HORA RECEPCIÓN:	10:00 a. m.
MUESTRA TOMADA POR:	JOHAN DANIEL BENAVIDES JAIMES	DESINFECTANTE:	NO APLICA	TIPO DE MUESTREO:	PUNTUAL
ANÁLISIS SOLICITADOS:	FISICOQUÍMICOS: SI APLICA	MICROBIOLÓGICOS:	SI APLICA	RESULTADOS PARA:	CONTROL Y CALIDAD

### ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR ACEPTABLE	RESULTADOS	DIAGNÓSTICO	PUNTAJE IRCA	MÉTODO	NORMA	PUNTAJE DE RIESGO
pH	Adimensional	6.5 - 9.0	8.5	ACEPTABLE	0.0	Potenciométrica	SM 4500-H-8	1.5
Temperatura	°C	No Aplica	17.0	NO APLICABLE	0.0	Electrométrica	SM 2550-B	0.0
Turbiedad	UNT	0 - 2	7.0	NO ACEPTABLE	15.0	Nefelométrica	SM 2130-B	15.0
Conductividad	µS/cm	0 - 1000	95.7	ACEPTABLE	0.0	Electrométrica	SM 2130-B	0.0
Color Aparente	UPC	0 - 15	50.0	NO ACEPTABLE	4.0	Espectrofotométrica	DN 7837-C1-3	4.0
Cloro Libre	mg/L Cl <sub>2</sub>	0.3 - 2.0	0.0	NO ACEPTABLE	15.0	Espectrofotométrica	DN 3840B-G4-2	15.0
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	0 - 200	110.0	ACEPTABLE	0.0	Titulométrica	DN 3840F-H7	1.0
Calcio	mg/L Ca	0 - 60	44.3	ACEPTABLE	0.0	Titulométrica	DN 3840S-3 E3	1.0
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	0 - 250	8.0	ACEPTABLE	0.0	Titulométrica	DN 3840S-D1-2	1.0
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	0 - 300	99.0	ACEPTABLE	0.0	Titulométrica	DN 3840S-3 E3	1.0
Dureza Calcio	mg/L CaO	0 - 300	42.0	ACEPTABLE	0.0	Titulométrica	DN 3840S-3 E3	1.0
Hierro Total	mg/L Fe	0 - 0.3	0.01	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DN 3840S-E1	1.5
Manganeso	mg/L Mn	0 - 0.1	0.03	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DN 3840S-A51	1.0
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0 - 250	0.0	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DN 3840S-D5-2	1.0
Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0 - 0.5	0.05	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DN 3840S-D11-4	1.0
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0 - 10	0.02	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DN 3840S-D9-2	1.0
Nitros	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0 - 0.1	0.003	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DN 3840S-D10	3.0
Aluminio	mg/L Al <sup>3+</sup>	0 - 0.2	0.01	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	SM 3500-A1-B	3.0
Coliformes Totales	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0.0	100.0	NO ACEPTABLE	15.0	Filtración por membrana	SM 9222	15.0
Escherichia Coli	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0.0	100.0	NO ACEPTABLE	25.0	Filtración por membrana	SM 9230-B	25.0
					TOTAL	-		-

VALOR IRCA:	-	NIVEL DE RIESGO:	-
-------------	---	------------------	---


  

PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS:	OLOR: ACEPTABLE	COLOR: NO ACEPTABLE
PARÁMETROS ANALIZADOS:	20 PARÁMETROS*	
OBSERVACIONES:	NINGUNA	

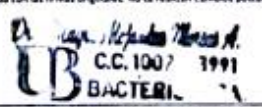
  

DECLARACIONES / NOTAS:

\*Los parámetros analizados para muestra de agua se analiza según la resolución 2135 de 2001 del MPUMAYDT. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.  
 \*La toma de la muestra no fue responsabilidad del laboratorio y/o analista. La información suministrada es responsabilidad del solicitante. Esta es una copia no controlada después de impresa.  
 \*Los ensayos fueron realizados en las instalaciones del laboratorio Físicoquímico y microbiológico (BARBOSA E.S.P.) bajo sus condiciones ambientales. Este reporte expresa fielmente los resultados.  
 \*La normalidad DIN reportada es equivalente a la normalidad de los Métodos Estándar. Este reporte solo es válido con las firmas originales. No se realizan cambios posteriores a la emisión.



JOHAN PIÑÓN LÓPEZ  
PQ - 07074  
QUÍMICO




MIRA ALEJANDRA MORENO ANZOLA  
CC. 1001623991  
BACTERIÓLOGA Y LAB. CLÍNICO


Elaboró: Ing. Claudia Suárez	Revisó: Ing. John Alexander Díaz	Aprobó: Ing. John Alexander Díaz
------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

BARBOSA UNA NUEVA HISTORIA (servicios públicos con calidad para la gente) Vigilada por la Superintendencia de Servicios Públicos. Oficina de atención al cliente Dirección: Km. 1 vía a Vélez Planta de Tratamiento. Código Postal: 684511 Celular: 3133762319 correo institucional: email: [psps@esbarbosa-santander-esp.gov.co](mailto:psps@esbarbosa-santander-esp.gov.co) controlinterno@esbarbosa-santander-esp.gov.co - página web: <http://esbarbosa-santander-esp.gov.co>



PROPUESTA DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA POZO NEGRO |75

**Apéndice D. Resultado del cuarto análisis de laboratorio**

 <p style="font-size: 8px;">Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Barbosa E.S.P. NIT. 804.025.003-4</p>	MUNICIPIO DE BARBOSA DEPARTAMENTO DE SANTANDER / REPUBLICA DE COLOMBIA		
VERSIÓN:	CÓDIGO:	DEPENDENCIA:	
2022	MI - LAB - 511 - 08	LABORATORIO DE AGUA POTABLE	
IRCA	FECHA DE ELABORACIÓN:	No. PAGINAS	DE
	3/03/2022	1	1

**INFORME DE ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA**

LABORATORIO AUTORIZADO POR RES. 0172 DE 2022 MIN. SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL	REPORTE DE RESULTADOS: IAC - 2023 - 176 MUESTRA No: 176
SOLICITANTE: ACUEDUCTO EL RUIZ	TELÉFONO: 3104862599
PERSONA PRESTADORA: JOHAN DANIEL BENAVIDES JAIMES	NIT O CC: 1099215949
PUNTO DE TOMA: NACIMIENTO TANQUE ALMACENAMIENTO	TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA
DIRECCIÓN DE LUGAR: VDA POZO NEGRO QUEBRADA EL RUIZ	EMAIL: JDANIELB1971102@GMAIL.COM
DEPARTAMENTO: SANTANDER	MUNICIPIO: BARBOSA
PUNTO DE TOMA CONCERTADO: NO APLICA	PTO. TOMA INTRADOMICILIARIO: NO APLICA
FECHA DE TOMA: 8/09/2023 HORA DE TOMA: 9:00 a. m.	FECHA DE RECEPCIÓN: 1/09/2023
MUESTRA TOMADA POR: JOHAN DANIEL BENAVIDES JAIMES	DESINFECTANTE: NO APLICA
ANÁLISIS SOLICITADOS: FISICOQUÍMICOS: SI APLICA	MICROBIOLÓGICOS: SI APLICA
	TIPO DE MUESTREO: PUNTUAL
	RESULTADOS PARA: CONTROL Y CALIDAD

**ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO**

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR ACEPTABLE	RESULTADOS	DIAGNÓSTICO	PUNTAJE IRCA	MÉTODO	NORMA	PUNTAJE DE RIESGO
pH	Adimensional	6.5 - 9.0	8.7	ACEPTABLE	0.0	Potenciométrica	SM 4500-H-8	1.5
Temperatura	° C	No Aplica	19.0	NO APLICABLE	0.0	Electrométrica	SM 2550-B	0.0
Turbiedad	UNT	0 - 2	9.0	NO ACEPTABLE	15.0	Nefelométrica	SM 2130-B	15.0
Conductividad	µS/cm	0 - 1000	85.3	ACEPTABLE	0.0	Electrométrica	SM 2510-B	0.0
Color Aparente	UPC	0 - 15	40.0	NO ACEPTABLE	6.0	Espectrofotométrica	DIN 7887-C1-3	6.0
Cloro Libre	mg/L Cl <sub>2</sub>	0.3 - 2.0	0.0	NO ACEPTABLE	15.0	Espectrofotométrica	DIN 38409-G4-2	15.0
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	0 - 200	130.0	ACEPTABLE	0.0	Titulométrica	DIN 38409-H7	1.0
Calcio	mg/L Ca	0 - 60	51.5	ACEPTABLE	0.0	Titulométrica	DIN 38405-3 E3	1.0
Cloruros	mg/L Cl	0 - 250	8.5	ACEPTABLE	0.0	Titulométrica	DIN 38405-D1-2	1.0
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	0 - 300	102.6	ACEPTABLE	0.0	Titulométrica	DIN 38405-3 E3	1.0
Dureza Calcica	mg/L CaO	0 - 300	47.0	ACEPTABLE	0.0	Titulométrica	DIN 38405-3 E3	1.0
Hierro Total	mg/L Fe	0 - 0.3	0.04	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DIN 38409-E1	1.5
Manganeso	mg/L Mn	0 - 0.1	0.05	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DIN 38402-A51	1.0
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0 - 250	0.0	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DIN 38405-D5-2	1.0
Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0 - 0.5	0.01	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DIN 38405-D11-4	1.0
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0 - 10	0.04	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DIN 38403-D8-2	1.0
Nitros	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0 - 0.1	0.008	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DIN 38405-D10	3.0
Aluminio	mg/L Al <sup>3+</sup>	0 - 0.2	0.04	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	SM 3500-A1 B	3.0
Coliformes Totales	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0.0	100.0	NO ACEPTABLE	15.0	Filtración por membrana	SM 9222	15.0
Escherichia Coli	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0.0	100.0	NO ACEPTABLE	25.0	Filtración por membrana	SM 9230 B	25.0
TOTAL					-			
VALOR IRCA:					-	NIVEL DE RIESGO:		-

PARÁMETROS ORGANOLEPTICOS:	OLOR: ACEPTABLE	COLOR: NO ACEPTABLE
PARÁMETROS ANALIZADOS:	20 PARÁMETROS*	
OBSERVACIONES:	NINGUNA	


DECLARACIONES / NOTAS:

\*Los parámetros analizados para muestra de agua se analiza según la resolución 2113 de 2007 del MSP/MAVDT. El laboratorio no se hace responsable del uso malicioso de la información.

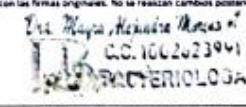
\*La toma de la muestra no fue responsabilidad del laboratorio y/o analista. La información suministrada es responsabilidad del solicitante. Esta es una copia no controlada después de impresa.

\*Los ensayos fueron realizados en las instalaciones del laboratorio físicoquímico y microbiológico (ESBARBOSA E.S.P. bajo sus condiciones ambientales. Este reporte expresa fielmente los resultados.

\*La normalidad DIN reportada es equivalente a la normalidad de los Métodos Estándar. Este reporte solo es válido con las firmas originales. No se realizan cambios posteriores a la emisión.




JOHAN PINZÓN LÓPEZ  
PQ - 07074  
QUÍMICO



MIRA ALEJANDRA MORENO ANZOLA  
CC. 1002623991  
BACTERIOLOGA Y LAB. CLINICO


Elaboró: Ing. Claudia Suárez	Revisó: Ing. John Alexander Díaz	Aprobó: Ing. John Alexander Díaz
------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

BARBOSA UNA NUEVA HISTORIA (servicios públicos con calidad para la gente) Vigilada por la Superintendencia de Servicios Públicos Oficina de atención al cliente Dirección: Km. 1 vía a Vélez Planta de Tratamiento. Código Postal: 484511 Celular: 3133762319 correo institucional email: pqs@esbarbosa-santander-esp.gov.co controlinterno@esbarbosa-santander-esp.gov.co - página web: http://esbarbosa-santander-esp.gov.co



PROPUESTA DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA POZO NEGRO 176

Apéndice E. Resultado del quinto análisis de laboratorio

 Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Barbosa E.S.P. NIT. 804.025.003-4		MUNICIPIO DE BARBOSA DEPARTAMENTO DE SANTANDER / REPUBLICA DE COLOMBIA			
VERSION:	2022	CODIGO:	MI - LAB - 511 - 08	DEPENDENCIA:	LABORATORIO DE AGUA POTABLE
IRCA		FECHA DE ELABORACION:	3/03/2022	No. PAGINAS:	1 DE 1

### INFORME DE ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA

LABORATORIO AUTORIZADO POR RES. 0172 DE 2022 MIN. SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL      REPORTE DE RESULTADOS: SAC - 2023 - 177      MUESTRA No: 177

SOLICITANTE: ACUEDUCTO EL RUIZ      TELEFONO: 3104852899

PERSONA PRESTADORA: JOHAN DANIEL BENAVIDES JAIMES      NIT O CC: 1099215949

PUNTO DE TOMA: NACIMIENTO TANQUE ALMACENAMIENTO      TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA

DIRECCIÓN DE LUGAR: VDA POZO NEGRO QUEBRADA EL RUIZ      EMAIL: JDANIELB@71102@GMAIL.COM

DEPARTAMENTO: SANTANDER      MUNICIPIO: BARBOSA      VEREDA: POZO NEGRO

PUNTO DE TOMA CONCERTADO: NO APLICA      PTO. TOMA INTRADOMICILIARIO: NO APLICA      CONTRA MUESTRA: NO APLICA

FECHA DE TOMA: 11/09/2023      HORA DE TOMA: 9:00 a. m.      FECHA DE RECEPCIÓN: 11/09/2023      HORA RECEPCIÓN: 18:00 a. m.

MUESTRA TOMADA POR: JOHAN DANIEL BENAVIDES JAIMES      DESINFECTANTE: NO APLICA      TIPO DE MUESTREO: PUNTUAL

ANÁLISIS SOLICITADOS: FÍSICOQUÍMICOS: SI APLICA      MICROBIOLÓGICOS: SI APLICA      RESULTADOS PARA: CONTROL Y CALIDAD

### ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR ACEPTABLE	RESULTADOS	DIAGNÓSTICO	PUNTAJE IRCA	MÉTODO	NORMA	PUNTAJE DE RIESGO
pH	adimensional	6.5 - 9.0	7.0	ACEPTABLE	0.0	Potenciométrica	SM 4300-H-8	1.5
Temperatura	°C	No Aplica	21.9	NO APLICA	0.0	Electrométrica	SM 2550-B	0.0
Turbiedad	UNT	0 - 2	8.0	NO ACEPTABLE	15.0	Nefelométrica	SM 2130-B	15.0
Conductividad	µS/cm	0 - 1000	96.7	ACEPTABLE	0.0	Electrométrica	SM 2510-B	0.0
Color Aparente	UPC	0 - 15	45.0	NO ACEPTABLE	4.0	Espectrofotométrica	DIN 7887-C1-3	4.0
Cloro Libre	mg/l Cl <sub>2</sub>	0.3 - 2.0	0.0	NO ACEPTABLE	15.0	Espectrofotométrica	DIN 38408-G4-2	15.0
Alcalinidad Total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	0 - 200	145.0	ACEPTABLE	0.0	Titulométrica	DIN 38409-H7	1.0
Calcio	mg/l Ca	0 - 60	47.9	ACEPTABLE	0.0	Titulométrica	DIN 38406-JE3	1.0
Cloruros	mg/l Cl <sup>-</sup>	0 - 250	7.4	ACEPTABLE	0.0	Titulométrica	DIN 38405-D1-2	1.0
Dureza Total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	0 - 300	82.8	ACEPTABLE	0.0	Titulométrica	DIN 38408-1E3	1.0
Dureza Calcio	mg/l CaO	0 - 300	57.0	ACEPTABLE	0.0	Titulométrica	DIN 38408-1E3	1.0
Hierro Total	mg/l Fe	0 - 0.3	0.05	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DIN 38405-E1	1.5
Manganeso	mg/l Mn	0 - 0.1	0.01	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DIN 38402-A51	1.0
Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0 - 250	0.0	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DIN 38405-D5-2	1.0
Fosfatos	mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0 - 0.5	0.02	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DIN 38405-D11-4	1.0
Nitritos	mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0 - 10	0.07	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DIN 38405-D9-2	1.0
Nitritos	mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0 - 0.1	0.004	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	DIN 38405-D10	3.0
Aluminio	mg/l Al <sup>3+</sup>	0 - 0.2	0.02	ACEPTABLE	0.0	Espectrofotométrica	SM 3500-AI B	3.0
Coliformes Totales	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0.0	100.0	NO ACEPTABLE	15.0	Filtración por membrana	SM 9222	15.0
Escherichia Coli	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0.0	100.0	NO ACEPTABLE	25.0	Filtración por membrana	SM 9730 B	25.0
TOTAL					-			-
VALOR IRCA:					-	NIVEL DE RIESGO:		4

PARAMETROS ORGANOLEPTICOS:	OLOR: ACEPTABLE	COLOR: NO ACEPTABLE
PARAMETROS ANALIZADOS:	20 PARAMETROS*	
OBSERVACIONES:	NINGUNA	

**DECLARACIONES / NOTAS:**


\*Los parámetros analizados para muestra de agua se analiza según la resolución 2115 de 2007 del MPS/MVDOT. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.

\*La toma de la muestra no fue responsabilidad del laboratorio y/o analista. La información suministrada es responsabilidad del solicitante. Esta es una copia no controlada después de impresa.

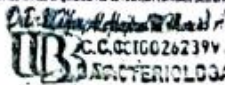
\*Los análisis fueron realizados en las instalaciones del laboratorio físico-químico y microbiológico ESBARBOSA E.S.P. bajo sus condiciones ambientales. Este reporte expresa fielmente los resultados.

\*La normatividad DIN reportada es equivalente a la normatividad de los Métodos Estándar. Este reporte solo es válido con las firmas originales. No se realicen cambios posteriores a la emisión.



JOHAN PINZÓN LÓPEZ  
PQ - 07074  
QUÍMICO




MAIRA ALEJANDRA MORENO ANZOLA  
CC: 1002623991  
BACTERIÓLOGA Y LAB. CLÍNICO

Elaboró: Ing. Claudia Suárez	Revisó: Ing. John Alexander Diaz	Aprobó: Ing. John Alexander Diaz
------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

BARBOSA UNA NUEVA HISTORIA (servicios públicos con calidad para la gente) vigilada por la Superintendencia de Servicios Públicos Oficina de atención al cliente Dirección: Km. 1 vía a Vélez Planta de Tratamiento. Código Postal: 684511 Celular: 3133742319 correo institucional: epi@esbarbosa-santander-esp.gov.co control@esbarbosa-santander-esp.gov.co - página web: http://esbarbosa-santander-esp.gov.co



**Apéndice F.** Encuesta realizada a los usuarios del acueducto el Ruiz

**Diagnostico Actual del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para los Habitantes de la Vereda Pozo Negro**

- a) ¿Cuántas personas habitan actualmente en su vivienda?
  - A. 3
  - B. 4
  - C. 5
  - D. 6
  - E. Mas de 6, cuantos \_\_\_\_\_
- b) ¿Cuáles son las funciones que presenta el servicio de suministro de agua en su vivienda?
  - A. Uso doméstico.
  - B. Uso animal.
  - C. Uso agrícola.
- c) ¿Qué dificultades se presentan en el momento de obtener el suministro de agua en su vivienda?
  - A. Calidad del agua.
  - B. Frecuencia del suministro.
  - C. Distancia a la fuente hídrica.
- d) ¿Está familiarizado con la calidad y seguridad del agua que está consumiendo?
  - A. Si
  - B. No
- e) ¿Por condiciones climatológicas se ve afectada la calidad y la disponibilidad del suministro de agua en su vivienda?
  - A. Si.
  - B. No.
- f) ¿Qué precauciones toma para asegurarse de que el agua este apta para su consumo?
  - A. Hervir el agua.
  - B. Filtración casera.
  - C. Almacenamiento adecuado.
- g) ¿Presenta algún tipo de control o medida en el consumo del suministro del agua?
  - A. Si
  - B. No.
- h) ¿Ha solicitado ayuda o asistencia para mejorar la calidad del agua?
  - A. Si
  - B. No|
- i) ¿Está dispuesto a pagar por mejorar la calidad y la prestación del servicio de suministro de agua?
  - A. Si
  - B. No

PROPUESTA DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA POZO  
NEGRO | 78

**Apéndice G.** Entrevista realizada al administrador del acueducto El Ruiz

**Diagnostico Actual del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para los Habitantes de la Vereda Pozo Negro**

**Infraestructura:**

- a) ¿Se lleva a cabo algún proceso de tratamiento al agua antes de su distribución a los usuarios?
- b) ¿Cuántos usuarios están conectados al sistema de abastecimiento de agua?

**Calidad del agua:**


- a) ¿Se han realizado análisis o ensayos para evaluar la calidad del suministro de agua?
- b) ¿Han tenido problemas de contaminación o en calidad del agua en el pasado en el sistema de abastecimiento de agua?

**Control y finanzas**

- a) ¿Se maneja algún tipo de control o tarifas en el suministro de agua para los usuarios?
- b) ¿Se han considerado inversiones para el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua?
- c) ¿Incluye a la comunidad en la toma de decisiones relacionadas con el sistema de abastecimiento de agua?
- d) ¿Conoce y cumple las regulaciones y estándares locales y nacionales relacionados con el suministro de agua?

**Apéndice H.** Cotización realizada con la empresa SYNERTECH para la cotización

del sistema compacto ACUAPLUS.

		NIT: 901.401.395-1 Dirección: Cra 70 # 75-78 Barranquilla / Colombia Pbx: 3049939-3877506 ext 100 - 104 Cel: (+57) 305 317 9017 Correo: info@syntec.com Pagina: www.syntec.com	PROPIETA ECONOMICA FECHA: 24/09/2024 ELABORADOR POR: ING. CLAUDIA LIZARAZO	CL-24924
SOMOS SYNERTECH TREATMENT SOLUTIONS, grupo empresarial enfocado en llevar soluciones para el tratamiento de agua y la financiación de todos nuestros proyectos; Comprendemos la importancia de tener confianza y seguridad en sus inversiones. Con más de 35 años de experiencia en la industria y una amplia trayectoria de proyectos exitosos, nuestra misión es garantizarle tranquilidad y resultados óptimos. Y es por eso que nos comprometemos a ofrecer productos de la más alta calidad, respaldados por nuestras sólidas garantías.				
<b>DATOS DE CLIENTE</b>				
CLIENTE:	PROYECTOS INGENIERIA BARBOSA	NIT:	22222222	<b>12</b>
EMAIL:	CLIENTENACIONAL@GMAIL.COM	TELEFONO:	3104862699	
CONTACTO:	JOHAN DANIEL BENAVIDES	CIUDAD/PAIS:	COLOMBIA	
REF	CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	IMPORTE
ACUAPLUS REF.5	1	Planta compacta potabilizadora de agua con capacidad para procesar hasta 3,58 lps – 1000 l/h. Microfiltración, coloración y radiación ultravioleta, tanque floculador ascendente compuesto por 3 cámaras de procesos en estructuras de acero al carbón con recubrimiento interno en pintura epoxica, incluye caja de control y maniobra para funcionamiento semiautomático. Planta diseñada y constituida bajo normativas internacionales y cumple con normativas. Incluye filtro multimedia en acero al carbón para la alta turbiedad. MEDIDAS: 2,30 mt de alto x 1,1 mt de ancho x 1,60 mt de largo.	\$ 87.750.000	\$ 87.750.000
DESARENADO R REF.5	1	Fabricación y suministro de desarenador ciclonico con capacidad para 250 personas, Fabricado en acero al carbon con recubrimiento inicial de caucho liquido que permite el aislamiento total del acero, permitiendo no tener ningun tipo de oxidación adicional recubierta con epoxicos especiales. 1,11 mt de alto x 33,0 de diametro	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000
CLIENTE NACIONAL AIU		<b>RESUMEN DE OFERTA</b>		
FORMA DE PAGO: 50/50 Se ofrece forma de pago flexible acorde al presupuesto y facilidad de cliente y/o financiación directa con Syntech.		<b>GARANTIAS:</b>		
		Garantías: 2 años en sus sistemas estructurales por defectos de fabricación, 6 meses en componentes eléctricos y mecánicos, amparados por el documento condiciones de las garantías.		
		SUB TOTAL INVERSIÓN <b>\$ 102.750.000</b>		
		AIU 10% <b>\$ 10.275.000</b>		
		INVERSION TOTAL (IVA SOBRE UTILIDAD) <b>\$ 113.025.000</b>		