

DIAGNÓSTICO, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAS DEL
ACUEDUCTO DE LA VEREDA CLARETE EN MUNICIPIO DE
POPAYÁN – CAUCA

LUZ ÁNGELA BONILLA CAICEDO
YENY PATRICIA SÁNCHEZ GURRUTE

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA COMFACAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

POPAYÁN

2022

DIAGNÓSTICO, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAS DEL
ACUEDUCTO DE LA VEREDA CLARETE EN MUNICIPIO DE POPAYÁN –
CAUCA

LUZ ÁNGELA BONILLA CAICEDO
YENY PATRICIA SÁNCHEZ GURRUTE

PROYECTO DE GRADO
DOCUMENTO FINAL

ZULY YULIANA DELGADO ESPINOSA
DIRECTORA

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA COMFACAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

POPAYÁN

2022

Este proyecto es el manifiesto de cinco años de esfuerzo, que sin la ayuda de DIOS y el conocimiento que él nos dio, no hubiéramos podido hacer realidad este sueño, hoy tenemos el orgullo de dedicar este logro a nuestros padres quienes nos acompañaron incondicionalmente, a nuestras hijas por ser el motor que nos llenaban de fuerzas cada día para seguir adelante, también a nuestros esposos que siempre estuvieron allí para nosotras y nunca perdieron la fe.

Es todo un honor presentarles nuestro trabajo a ustedes:

Padres:

Patricia Gurrute Sánchez
Carlos Felipe Sánchez González
Ana zalema Caicedo Mina
Iván Bonilla Mina

Hijas:

Maileth Ariana Quilindo Sánchez
Maria Belene Bermudez Bonilla

Esposos:

Jeferson Andrés Bermudez González
Yithson Arley Quilindo Salamanca

I.CONTENIDO

Capítulo 1.....	9
1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO.....	10
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	13
1.4. OBJETIVOS.....	14
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
Capítulo 2.....	15
2. MARCO DE REFERENCIA.....	15
2.1. MARCO TEÓRICO.....	15
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	16
2.3. MARCO LEGAL.....	19
2.4. ANTECEDENTES.....	20
Capítulo 3.....	23
3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	23
3.1. METODOLOGÍA.....	23
3.1.1. Fase N°1:.....	25
3.1.2. Fase N°2:.....	25
3.1.3. Fase N°3:.....	25
3.1.4. Fase N°4:.....	25
Capítulo 4.....	26
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	26
4.1. Resultado del diagnóstico Marco legal.....	26
4.2. Resultado de la revisión de la literatura.....	29
4.3. Resultados Fase N°1: Diagnostico al funcionamiento del acueducto Vereda Clarete en la ciudad de Popayán.....	31
4.4. Análisis de resultado de la fase N° 1: Diagnostico al funcionamiento del acueducto Vereda Clarete en la ciudad de Popayán.....	37
4.5. Evaluación del estado actual del pre tratamiento del agua para consumo humano.....	38

4.6. Análisis de resultados de la evaluación el estado actual del pre tratamiento del agua para consumo humano de la Vereda Clarete.	38
4.7. Resultados de Fase N°3: Proyección de la población	41
4.8. Análisis de resultados de la Fase N° 3: Proyección de la población.....	44
4.9. Resultado de la Fase N°4: Análisis del caudal del diseño Hidráulico para ramales en la vereda clarete, teniendo en cuenta los criterios del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000).	46
4.10. Análisis de Resultados de la Fase N°4: Análisis del caudal del diseño Hidráulico para ramales en la vereda clarete, teniendo en cuenta los criterios del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000).	51
2.1. Resultado de la Fase N°5: Proponer alternativa para la mejorar la calidad de agua, según lo planteado el Reglamento Técnico del sector del agua potable y saneamiento básico (Ras 2000).	55
2.2. Análisis de resultado de la Fase N°5: Proponer alternativa para la mejorar la calidad de agua, según lo planteado el Reglamento Técnico del sector del agua potable y saneamiento básico (Ras 2000).....	57
Capítulo 5.....	64
6.1. CONCLUSIÓN.....	64
Capítulo 6.....	65
BIBLIOGRAFIA	66
ANEXOS	69
Anexo 1. Evidencia de entrevista realizada al fontanero del acueducto de la Vereda Clarete.	69
Anexo 2. Evidencia de guía de laboratorio	69
• Participación en el poster fest.....	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Marco conceptual	16
Tabla 2. Metodología	24
Tabla 3 Resultados de Matriz legal.....	26
Tabla 4 Normativa de agua potable.....	26
Tabla 5 Características físicas y químicas del agua para consumo humano. ...	38
Tabla 6. Nivel de complejidad.....	42
Tabla 7 Comparación de resultados de la muestra vs la resolución 2115 del 2007	40
Tabla 8 Resultados de nivel de complejidad	46
Tabla 9 Aforo del caudal de acueducto Clarete	51
Tabla 10 Aforo del caudal de la bocatoma de la quebrada Cabuyo.	52
Tabla 11 Cálculo de caudal sobre la tubería de conducción del bocatomas Clarete y Cabuyo	53
Tabla 12 Configuración de procesos de potabilización propuesto.....	58

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1 Resultado de marco legal	28
Imagen 2 Diagrama de flujo de revisión literaria.....	30
Imagen 3. Deslizamiento de tierra y afectación a la calidad del agua	¡Error!
Marcador no definido.	
Imagen 4. Acueducto viejo	32
Imagen 5. Acueducto nuevo	33
Imagen 6. Bocatoma.....	34
Imagen 7. Tanque desarenador.....	34
Imagen 8 Línea de conducción.....	35
Imagen 9. Tanque de almacenamiento	36
Imagen 10 Implementos para el cálculo del caudal	47
Imagen 11 Herramientas para las mediciones del caudal sobre la tubería de la conducción.....	47
Imagen 12 Tomas de muestras de agua en los caudales Cabuyo y Clarete.	39
Imagen 13 Muestras de laboratorio del agua de las captaciones	40
Imagen 14 caudal septiembre 2023 vs caudal octubre 2022.....	52
Imagen 15. Diagrama de flujo de sistema de potabilización por filtración en múltiples etapas (FIME)	61

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Método geométrico	42
Ecuación 2. Tasa de crecimiento geométrico	42
Ecuación 3. Exponencial	43
Ecuación 4. Tasa de crecimiento exponencial.....	43
Ecuación 5. Aritmético	43
Ecuación 6 Promedio de muestra.....	48
Ecuación 7 Caudal tubería	48
Ecuación 8. Dotación Bruta	49
Ecuación 9 Caudal medio diario	49
Ecuación 10 Caudal máximo diario	50
Ecuación 11 Caudal máximo horario	50
Ecuación 12 Resultado geométrico	44
Ecuación 13 Resultados exponencial.....	45
Ecuación 14 Resultados aritmético.....	45
Ecuación 15 Promedio proyección de la población	45
Ecuación 16 Resultado dotación bruta	46
Ecuación 17 Resultado Caudal medio diario 1	54
Ecuación 18 Resultado caudal máximo diario	54
Ecuación 19 Resultado caudal máximo horario.....	55
Ecuación 20 Sedimentación	59
Ecuación 21 Almacenamiento	60

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación es realizar un diagnóstico, evaluación y propuesta de mejoras para el sistema de acueducto con el fin de garantizar un acceso de calidad al agua potable para la comunidad de la Vereda Clarete en el Municipio de Popayán-Cauca, fortaleciendo así su bienestar, utilizando una metodología de carácter mixto tipo experimental que pretende presentar el análisis de la información recolectada mediante visita de campo, entrevistas y parámetros, contrastarlos con la literatura para proponer alternativa para la mejorar la calidad del agua suministrada a la comunidad, teniendo en cuenta los aspectos normativos relacionados con el sistema de acueducto.

Para construcción de los resultados y análisis de este proyecto de grado en primera parte se utilizó la revisión de literatura con la finalidad de conocer los trabajos que se han realizado entorno al problema y los métodos de solución, así mismo se hizo una caracterización de las normas relacionadas, a su vez se realizó una entrevista al delegado del acueducto de la Vereda Clarete para plasmar las inconsistencias que este presenta actualmente. Se realizó muestreo del agua de consumo en la Vereda Clarete analizando sus parámetros físico-químicos según la resolución 2115 de 2017. El análisis reveló que el agua no es apta para consumo humano debido a que parámetros como turbidez, pH y nitratos no cumplen los requisitos de riesgo establecidos. Utilizando estas herramientas, se logró realizar diversos análisis que permiten concluir la necesidad de mejorar la calidad del agua. Como resultado de esta constatación, se propuso el desarrollo de un sistema de tratamiento de agua considerando la geografía, capacidad económica y condiciones ambientales de la Vereda Clarete. En este contexto, se destaca la importancia de implementar la tecnología de Filtración en Múltiples Etapas (FiME).

Palabras Claves: parámetros físico químico, Planta de tratamiento, evaluación, diagnóstico.

ABSTRACT

The main objective of this research is to carry out a diagnosis, evaluation and proposal of improvements for the aqueduct system in order to guarantee quality access to drinking water for the community of the Clarete village in the municipality of Popayán-Cauca, thus strengthening their well-being, using a mixed experimental type methodology that aims to present the analysis of the information collected through field visits, interviews and parameters, contrasting them with the literature to propose the preliminary design of the drinking water treatment plant that improves the quality of life of the inhabitants of the village Clarete.

For the construction of the results and analysis of this degree project, in the first part, the literature review was used in order to know the works that have been carried out around the problem and the solution methods, likewise a characterization of the norms was made. related, in turn, an interview was conducted with the delegate of the aqueduct of the claret village to capture the inconsistencies that it currently presents. Drinking water was sampled in Village Clarete, analyzing its physical-chemical parameters according to resolution 2115 of 2017. The analysis revealed that the water is not suitable for human consumption because parameters such as turbidity, pH and nitrates do not meet the requirements. established risk. Using these tools, it was possible to carry out various analyzes that allow us to conclude the need to improve water quality. As a result of this verification, the development of a water treatment system was proposed considering the geography, economic capacity and environmental conditions of the Clarete village. In this context, the importance of implementing Multi-Stage Filtration (FiME) technology is highlighted.

Keywords: physical chemical parameters, treatment plant, evaluation, diagnosis.

Capítulo 1

1. INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable, es fundamental para las comunidades en las zonas Rurales, siendo indispensable para la vida de las personas y también para la realización de sus actividades económicas. Sin embargo, los encargados de suministrar el agua no siempre cumple con la necesidad de los consumidores, razón por la que se genera inconformidad. Este trabajo de investigación consiste Realizar un diagnóstico, evaluación y propuesta de mejoras para el sistema de acueducto con el fin de garantizar un acceso de calidad al agua potable para la comunidad de la Vereda Clarete en el Municipio de Popayán, Cauca, fortaleciendo así su bienestar.

La investigación se realizará en Vereda Clarete del Municipio de Popayán, Localizada en la subcuenta media del río Palacé, al Nororiente de la ciudad de Popayán, limita con el Municipio de Totoró, en el Departamento del Cauca. La Vereda Clarete se encuentra a una altitud entre 1400 y 2600 metros sobre el nivel del mar.

La ejecución de la investigación contemplo estudio de campo con la que se hizo el diagnóstico del estado actual del acueducto determinando los factores que inciden al mal funcionamiento de mismo.

1.1. ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

Para conseguir todo lo anterior mente expuesto, iniciaremos con el capítulo 1 el cual cuenta con la introducción, donde están inmersos la formulación del problema, la justificación, objetivos y la organización del proyecto.

Después, capítulo 2, se plasma el marco referencial donde se exponen las teorías, las regulaciones y los antecedentes.

En el capítulo 3, se evidencia una breve descripción del tipo de investigación y la metodología que se empleará para el desarrollo para este proyecto.

Continuando en el capítulo 4, se expone los resultados obtenidos de la investigación, donde se plasmó la revisión literaria, la entrevista entre otros.

Por otra parte, el capítulo 5, se evidencia el análisis de los resultados, donde se realizó la comparación de los resultados con la literatura.

Después, se muestra el capítulo 6, donde se construyeron las conclusiones de acuerdo a los resultados obtenidos.

Por último, el capítulo 7, se establece la recomendación que se deben cumplir teniendo en cuenta lo establecido en el reglamento técnico potable y saneamiento básico (Ras 2000).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Según el informe presentado por la organización mundial de la salud y el fondo internacional de emergencia de las naciones unidas para la infancia, en el 2020 una de cada cuatro personas carecía de agua potable. Sin embargo, el informe revela que se han presentado algunos avances para conseguir un acceso universal a los servicios básicos de agua. Entre el 2016 y 2020, el porcentaje de población mundial que disponía de una fuente de agua potable gestionada de manera segura en su hogar aumento de un 70% a 74%. El informe declara que, si se conservan, las tendencias actuales, para el 2030, miles de millones de niños y familias se quedaran sin servicios esenciales que salvan vidas, se estima que solo un 81% de la población mundial tendrá acceso a agua potable salubre en su hogar, un bien del que no podrán disfrutar 1.600 millones de personas.

El informe destaca una conclusión muy importante, ocho de cada 10 personas que carecían de acceso a servicios básicos de abastecimiento de agua vivían en zonas rurales. [1]

Desacuerdo con el informe nacional de la calidad del agua para el consumo humano, presentado por la superintendencia de servicios públicos domiciliarios, el cual utiliza el indicador, índice de riesgo de la calidad del agua para el consumo humano – IRCA se realiza por muestra, de forma mensual y se calcula con base en lo establecido en los artículos 13 y 14 de la Resolución 2115 de 2007. Teniendo en cuenta lo registrado por las autoridades sanitarias en el SIVICAP, para el año 2020 se analizaron un total de 38.547 muestras en un total de 4.515 entidades vigiladas. El 57,74% (n=2.607) de éstas, corresponden a personas prestadoras del servicio de acueducto y el 42,26% (n=1.908) corresponde a auto abastecedores. El 88% (n=33.808) corresponde a agua tratada y el 12% (n=4.739) a agua cruda o sin tratamiento y puntualmente sobre éstas últimas muestras el 68% (n=3.217) corresponde a auto abastecedores y el 32% a prestadores (n=1.522). Respecto a prestadores, el 33,0% (n=871) prestan servicio en el área urbana, el 57% (n=1.475)

en el área rural, el 10% (n=261) prestan servicio tanto en zona rural como urbana [2].

En cuanto a los auto abastecedores, el 5% (n=93) se encuentran ubicados en el área urbana y el 95% (n=1.815) restante en área rural. Es importante aclarar que el 45% (n=3.217) de las muestras corresponden a agua cruda, es decir, sin tratamiento, y el 55% (n=3.949) a agua tratada. En relación con el agua cruda, es obtenida directamente de las fuentes como ríos, aljibes, pozos subterráneos, entre otros, lo cual afecta el porcentaje del IRCA de auto abastecedores; sin embargo, el agua recibe algún tipo de manejo intradomiciliario para su consumo (hervir, filtrar) o se utiliza para los sanitarios, lavado de ropa, etc. [2].

La población de la Vereda Clarete en el Municipio de Popayán, no cuenta con el servicio de agua potable, aunque cuenta con la fuente hídrica primaria, de acuerdo con la información suministrada por la Junta de Acción Comunal se conoce que actualmente el acueducto Clarete abastece a 250 habitantes los cuales podrían experimentar enfermedades de transmisión hídrica, también pueden presentar dificultades al invertir costos elevados para abastecerse de agua potable. Según el chequeo hidráulico realizado en el 2018 por el acueducto y alcantarillado de Popayán S.A. ESP. Al sistema de acueducto independiente Clarete afirma que este cuenta con un tanque de almacenamiento que cumple con la demanda de agua de esta población. [2].

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo se puede identificar y proponer mejoras para el sistema de acueducto de la Vereda Clarete el Municipio de Popayán, Cauca, a través de un diagnóstico y evaluación integral?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El agua, al estar en contacto con la tierra en su estado natural, va alimentándose de materias extrañas que encuentra a su paso. El agua que podemos encontrar en la naturaleza, en muchas ocasiones no está apta para el consumo humano, pues el líquido no solo trae consigo sustancias de la tierra, sino que también adquiere las bacterias de los animales salvajes que beben de ella; por no departir que, si repasamos el siglo del agua por sorprendente que parezca, el agua también bebe de los componentes gaseosos y contaminados de la atmosfera. [3].

En la actualidad, más de once millones de colombianos habitan en el campo. Sin embargo, una tercera parte de esta población no tiene acceso a agua potable. El acceso al servicio de agua potable es fundamental para una buena calidad de vida, el abastecimiento adecuado de agua de calidad para el consumo de las personas es necesario para evitar casos de morbilidad por enfermedades como el cólera y la diarrea; también es importante que la población tenga acceso a una cantidad mínima de agua potable al día. En promedio una persona debe consumir entre 1,5 y 2 litros de líquido al día, esto dependiendo del peso, de lo contrario se pueden presentar algunos problemas de salud, por esto es importante que el servicio de acueducto no sólo tenga una cobertura universal, sino que sea continuo. [4].

El documento plantea un precedente en el diagnóstico de la calidad del agua que presenta el acueducto de Clarete en la ciudad de Popayán, teniendo en cuenta la presencia de componentes como, solidos suspendidos, solidos sedimentables, coliformes totales y fecales que se utilizarán como indicadores de la calidad del Agua. A partir de este trabajo de investigación, la propuesta busca analizar la calidad del agua mediante propiedades físicas, químicas y microbiológicas y así poder dar recomendaciones para el mejoramiento de la misma y el impacto negativo, generar una mejor calidad de vida a sus habitantes trayendo bienestar y progreso.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico y propuesta de mejoras al sistema de acueducto de la Vereda Clarete en el Municipio de Popayán, Cauca, teniendo en cuenta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una evaluación del estado actual del pre tratamiento del agua para consumo humano, a través del análisis de los procesos y sistemas empleados en la tapa inicial del tratamiento del agua.
- Analizar los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua según lo establecido por la Resolución 2115 de 2015.
- Proponer alternativa para la mejorar la calidad del agua suministrada a la comunidad, teniendo en cuenta los aspectos normativos relacionados con el sistema de acueducto.

Capítulo 2

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1.MARCO TEÓRICO

El Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 tiene como propósito establecer los requisitos mínimos, valores específicos y límites que se deben tener en cuenta para el diseño, construcción, puesta en marcha, operación y posterior mantenimiento de un sistema de acueductos. Algunos de estos parámetros fueron modificados con la Resolución 0330 del 8 de junio de 2017, lo cual veremos a continuación: En el Título A.4 del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 se determinan los criterios establecidos para la identificación y justificación de la elaboración de proyectos y se especifican los parámetros de diseño de un sistema de acueducto. Con el fin de obtener un sistema que permanezca en óptimas condiciones a lo largo de su periodo de diseño, y su posterior puesta en marcha, sus parámetros de diseño son: Determinación del número de habitantes del territorio donde se construirá el acueducto, basado en información censal por medio de la junta comunal zona rural y Dane. Es importante resaltar que para esta proyección también se toma la población flotante o migratoria. El nivel de complejidad de la población se determina según el número de habitantes anteriormente calculado y con este se determina la capacidad económica de los usuarios [5].

2.2.MARCO CONCEPTUAL

Las fases que conforman el actual proyecto se deben tener en cuenta las siguientes definiciones y conceptos, los cuales permitirán entender de manera más eficaz la finalidad y el desarrollo del mismo.

Tabla 1 Marco conceptual

Sistema de potabilización de agua	Agua que, por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el Decreto 1575 y Resolución 2115 del 2007, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a la salud.
Acueducto	Literalmente, conducto de agua, describe por supuesto cualquier canal para el paso de agua, pero la palabra se usa especialmente para las magníficas estructuras por las que Roma y otras ciudades del imperio romano se suplían de agua a través de colinas por medio de túneles y sobre los valles encima de puentes de cemento solido o de arcos. Es un sistema o conjunto de sistemas de irrigación que permita transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que esta accesible en la naturaleza hasta un punto de consumo distante, generalmente una ciudad o poblado.
Red de distribución	Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de Consumo.

Agua Cruda	Es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento Para su potabilización.
Bocatoma	Es una obra hidráulica encargada de captar el agua de una fuente Superficial y posteriormente ser conducida al sistema de acueducto por la línea de Conducción.
Desordenador	Son tanques cuya función es separar las arenas y elementos solidos Que lleva el agua en su recorrido.
Fuga	Volumen de agua que se escapa a través de las instalaciones internas de un inmueble y es detectable directamente por los sentidos.
Población de diseño	Población que se espera atender por el proyecto, considerando el índice de cubrimiento, crecimiento y proyección de la demanda para el período de diseño
Usuario	Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor Directo del servicio. A este último usuario se le conoce también como consumidor
Red de conducción	Serie de tuberías que transportan el agua desde las plantas de tratamiento hacia los tanques de almacenamiento y/o compensación, o entre tanques, sin conexión de suscriptores
Componentes del sistema de acueducto	
Micro cuenca	Es la fuente de abastecimiento de agua en una región, es decir, de donde se obtiene el agua que se va a distribuir. La Micro cuenca es el área geográfica mínima en la cual el agua se desplaza a través de drenajes con una salida principal

	Llamada nacimiento o desagüe.
Captación	Las captaciones o tomas son estructuras de cemento que tienen como propósito recoger el agua de manantiales y escorrentías para llevarla al tanque de almacenamiento con el fin de abastecer a las comunidades.
Aducción	Es el tramo donde se conduce el agua cruda desde la captación hasta la planta de tratamiento. Esta conducción puede realizarse por medio de canales abierto debido a que no se le ha realizado ningún tipo de tratamiento, se recomienda que sea lo más corta posible
Cámaras de quiebre de presión	Son estructuras pequeñas, su función principal es disminuir costos de tubería, posibles riesgos sociales y reducir la presión hidrostática a cero u a la atmósfera local, generando un nuevo nivel de agua y creándose una zona de presión dentro de los límites de trabajo de las tuberías.
Válvula de lavado	En los puntos bajos de la tubería de conducción o cada 350 m, deben colocarse válvulas de desagüe o de limpieza.

Fuente: Adaptado de [6]

2.3.MARCO LEGAL

El propósito principal de este trabajo de grado es realizar un diagnóstico ,evaluación y propuesta de mejora para el sistema de acueducto con el fin de garantizar una acceso de calidad al agua potable para la comunidad de la Vereda Clarete en el Municipio Popayán, cauca, fortaleciendo así su bienestar por ello es importante distinguir la normativa que dirige a cada una de las entidades que se encuentra relacionadas a los diferentes procesos sean administrativos u operativos dentro de los lineamientos de la calidad del agua para el consumo humano. En este caso es importante resaltar que el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), tiene como objetivo señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias, señaladas en el artículo 14, numerales 14.19, 14.22, 14.23 y 14.24 de la Ley 142 de 1994, que adelanten las entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces. [7]

Por otra parte, la resolución 2115 del 22 junio del 2007 por medio de la cual se señala las características, instrumentos básicos frecuencia de sistemas de control y vigilancia para la calidad para el consumo humano. [8]

2.4. ANTECEDENTES

La presente investigación se presenta como una propuesta de mejoramiento para la calidad del agua del acueducto de la Vereda Clarete en Municipio Popayán del Departamento del Cauca, de acuerdo a las fallas que se evidenciaron. Además, resulta útil profundizar en algunos conceptos en general de estudio, razonar de qué modo influye y llevar a cabo la ejecución de diagnóstico de la calidad del agua.

En el año 2018 investigadores de la Universidad Libre de Pereira, realizaron un estudio para evaluar la calidad de una quebrada mediante pruebas microbiológicas y fisicoquímicas. Los resultados revelaron una alta contaminación biológica y un incumplimiento de los estándares normativos. La quebrada recibe aguas residuales y sufre un mal uso por parte de la población local. Se enfatizó la necesidad de abordar estos problemas de contaminación, identificar las fuentes y tomar medidas correctivas para proteger la salud y restaurar el estado ambiental de la quebrada. Además, se resaltó la importancia de seleccionar adecuadamente los puntos de muestreo en futuras evaluaciones y desarrollar planes de gestión efectivos para preservar los recursos hídricos en el área. [9]

En el año 2016 se desarrolla un diagnóstico del estado actual de los acueductos de tres amigos, candelaria y campos de Oros, San Rafael y la Cruz ubicados en la parte alta de la cuenca del río Abangares. Los resultados obtenidos muestran que, en los tres acueductos, las cuatro comunidades en estudio presentaron coliformes fecales en las nacientes. Además, hay valores superiores a los recomendados de fósforo y nitrógeno amoniacal. Se recalca que todas las comunidades presentaron 176 deficiencias en el sistema de desinfección, por lo que se debe implementar tabletas de hipoclorito de calcio o sal, dependiendo del funcionamiento elegido por cada ASADA, para poder potabilizar el agua correctamente. En cuanto al pH, es importante verificar que los resultados son los adecuados, por medio de otras pruebas de laboratorio. Es fundamental educar a niños y adultos para evitar fallas

en el sistema de desperdicio de este recurso. Ya que puede afectar el cambio climático y ocasionar sequias en las cuencas de los acueductos y no abastece los tanques de distribución. [10]

En el año 2018 un estudiante de la Universidad Piloto de Colombia, realizó un estudio y diagnóstico de las condiciones actuales, de la operación de la planta de tratamiento y de la calidad del agua potable en san juan de rio seco y propuestas de mejoramiento, Para este trabajo de investigación, realizo la calificación del IRCA (parcial) teniendo en cuenta los lineamientos más importantes establecidos por la resolución 2115 de 2015. Los resultados mostraron que la calidad del agua potable que se distribuye a los habitantes del casco urbano de San Juan de Rio secó, en la actualidad se encuentra en óptimas condiciones y es apta para el consumo humano. [11]

En el año 2016 investigadora de la Universidad Católica de Colombia, realizaron un estudio para evaluar y diagnosticar la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Guateque en el Departamento de Boyacá Colombia. Los resultados manifiestan que la PTAP presenta falencias y prioridades del tratamiento de agua potable, se evidencio un funcionamiento nulo en el proceso de la mezcla rápida debido al mal dimensionamiento de la estructura; se propone el diseño de una nueva Parshall con un ancho de garganta que permita la optimización de este proceso, en las unidades de filtración se cumple los parámetros que regulan su buen funcionamiento hidráulico. [12]

En el 2019 estudiante de la Universidad abierta y a distancia – UNAD, desarrollaron un estudio para diagnosticar el sistema de abastecimiento de agua potable del corregimiento Guapascal alto en el Departamento de Nariño. Se realizaron inspecciones oculares, geo referenciarían, en un mapa de riesgo, un muestreo simple puntual de calidad del agua y la aplicación de una encuesta a una muestra de la población afectada. El estudio permitió identificar que las estructuras

del acueducto no cumplen con los requisitos mínimos que deben obedecer los sistemas de acueducto según lo establecido en el RAS 2000 y actualmente en la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017. Se enfatizó en la necesidad de capacitar el personal encargado de realizar las labores de fontanería, en temas como operación y mantenimiento del acueducto, mantenimiento tanto preventivo, correctivo de las estructuras que componen el sistema de abastecimiento de agua.

[13]

Capítulo 3

3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es de carácter mixto tipo experimental, pretende presentar el análisis de la información recolectada mediante visita de campo, entrevistas y parámetros, contrastarlos con la literatura para proponer alternativa para la mejorar la calidad del agua suministrada a la comunidad, teniendo en cuenta los aspectos normativos relacionados con el sistema de acueducto para los habitantes de la Vereda Clarete.

3.1. METODOLOGÍA

- Revisión de literatura.
- Entrevistas con personal encargado del acueducto y Junta de Acción Comunal.
- Inspección del acueducto de la Vereda Clarete: Se realizará la revisión de las dimensiones, materiales y estado del acueducto.
- Recolección de información técnica del acueducto: Estudio del estado actual del acueducto, teniendo en cuenta los Planos e información adicional, clasificación de datos poblacionales actuales y cálculo de la población futura con el método expuesto en el ras 2000.
- Selección de información de las unidades y normatividad: Recopilación de información relativa a las unidades de tratamiento de agua y normativa actual en cuanto a calidad de agua.

Con el desarrollo de esta metodología se busca poder diagnosticar el estado actual del acueducto de Clarete y así determinar la calidad del agua que consumen sus habitantes, para poder plantear recomendaciones y Proponer alternativa para la mejorar la calidad del agua suministrada a la comunidad de los habitantes de Clarete.

Tabla 2. Metodología

Objetivo general	Objetivos Específicos	Fases
Realizar un diagnóstico, evaluación y propuesta de mejoras para el acueducto de la Vereda Clarete en municipio de Popayán-Cauca	Evaluar el estado actual del pre tratamiento del agua para consumo humano de la Vereda Clarete.	<p>Diagnóstico del tanque del acueducto de la Vereda Clarete en la ciudad de Popayán.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudio de campo
	Analizar y comparar los resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua con la resolución 2115 de 2007.	<p>Proyección de la población, con base a la información registrada en la junta de acción comunal de la Vereda Clarete alto, del 2020 y 2021, según lo establecido Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000.</p> <p>Análisis de la memoria del cálculo del diseño hidráulico para ramales en la Vereda Clarete, teniendo en cuenta los criterios del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000, y elementos de diseño para acueductos y alcantarillados.</p>
	Proponer alternativas de mejoras al sistema de acueducto de la Vereda Clarete.	Apoyándose en los parámetros establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000.

3.1.1. Fase N°1:

Diagnóstico del funcionamiento del acueducto de la Vereda Clarete en la ciudad de Popayán.

- Estudio de campo
- Percepción de información.
- Identificación de los componentes del acueducto de la Vereda Clarete en la ciudad de Popayán.

3.1.2. Fase N°2:

Proyección de la población, con base a la información registrada en la junta de acción comunal de la Vereda Clarete, del 2018 y 2023, según lo establecido Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000.

- Método geométrico.
- Método exponencial o logarítmico
- Método aritmético

3.1.3. Fase N°3:

Análisis del cálculo del hidráulico para ramales en la Vereda Clarete, teniendo en cuenta los criterios del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000, y elementos de diseño para acueductos y alcantarillados.

- Caudal Medio Diario (Qmd)
- Caudal Máximo Diario (QMD)
- Caudal Máximo Horario (Qmh)

3.1.4. Fase N°4:

Proponer alternativas de mejoras al sistema de acueducto de la Vereda Clarete, basándonos en los parámetros establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000.

Capítulo 4

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. Resultado del diagnóstico Marco legal

Las políticas en Colombia que manejan el estudio, diseño y construcción de un sistema de alcantarillado, plantas de tratamiento de aguas residuales, están sujetas al Reglamento Técnico del Sector de Aguas Potable y Saneamiento Básico. Sección II. TÍTULO B Sistemas de Acueducto. Las disposiciones legales nacionales aplicables al proyecto son las siguientes normas evidencias en la siguiente Tabla 3:

Se definen los criterios de escala de valoración y escala para evaluar el cumplimiento de las normativas legales de la empresa, con ello se realiza la matriz de requisitos legales.

Tabla 3 Resultados de Matriz legal

ESCALA DE INTERPRETACION		
VALOR	COLOR	DENOMINACION
Puntaje <60%	ROJO	DEFICIENTE
Puntaje < 80%	AMARILLO	BUENO
Puntaje > 80%	VERDE	SATISFACTORIO

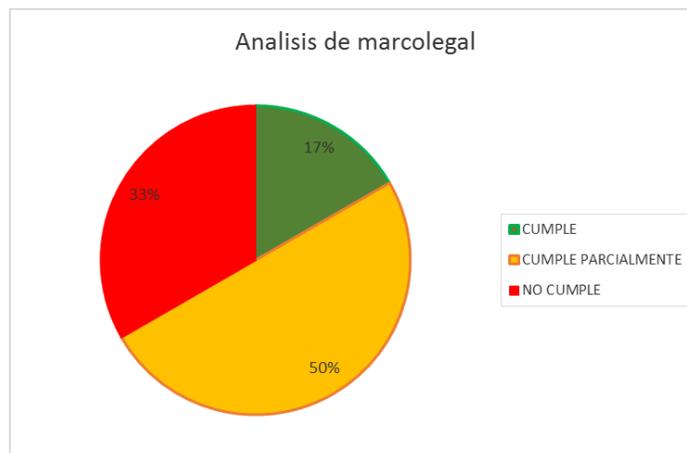
Tabla 4 Normativa de agua potable.

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES							VERSION: 01			
COMPONENTE	ASPECTO AMBIENTAL	TIPO DEL REQUISITO LEGAL U OTRO	AÑO	TITULO DEL REQUISITO LEGAL U OTRO	ARTICULO	ENTIDAD QUE EMITE	CUMPLIMIENTO			
							CUMPLE	CUMPLE PARCIALMENTE	NO CUMPLE	
AGUA		LEY 373	1997	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua	Art 1 y 2	Congreso de colombia		11		
		LEY 99	1993	compensatorios	Art 42 y 43	colombia	12		12	
		DECRETO 3102	1997	Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua	Art. 1,2,4,5 y 8	ambiente y desarrollo sostenible			12	
		DECRETO 1575	2007	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo	Art. 10	Ministerio de proteccion			12	
		RESOLUCION 493	2010	Se adopta medidas para promover el ahorro del agua potable y desincentivar su consumo excesivo	General	Ministerio de ambiente, vivienda y		11		
		RESOLUCION 549	2015	edificaciones. Esta normativa reglamenta el Decreto 1285 de de 2015, el cual modifica el Decreto 1077 de 2015 Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio	General	Ministerio de vivienda ciudad y territorio		11	12	
		DECRETO3930	2010	Establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el ordenamiento del recurso hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados	Art 79, 80	Congreso de colombia	12			
		Decreto 1541	1978	por el cual se reglamenta la parte III del libro II del Decreto Ley 2811 de 1974:"De Las Aguas no marítimas" y parcialmente la ley 23 de 1973.	Ord 3, Art120	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible		11		
		Decreto 155	2004	por el cual se reglamenta el artículo 43 de la ley 99 de 1993 sobre tasa por utilizacion de agua y se adoptan otras disposiciones	Art 43	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible		11		
		Resolucion 2115	2007	Desarrollo Territorial por medio de la cual se señala características, instrumentos basicos y frecuencia del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano	General	Districtal de seguridad, convivencia y justicia			12	
		ley 142	1994	Por la cual se establece el regimen de los servicios publicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.	General	ncia de servicio publico domiciliario		11		
		Ley 715	2001	Por la cual se dictan normas organicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151,288,356 y 357(Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución política y se dictan otras disposiciones para la organizar la presentacion de los servicios de educacion y salud, entre otros.	General	Congreso de la republica colombia			12	
		Articulo 366	1991	Por la cual se establece el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la poblacion son finalidad social del estado. Sera objetivo fundamental de su actividad la solucion de las necesidades insatisfechas de salud.	General	Constitucion politica de colombia			12	
		Articulo 367	1991	La ley fijará las competencias y responsabilidades relativas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios, su cobertura, calidad y financiación, y el régimen tarifario que tendrá en cuenta además de los criterios de costos, los de solidaridad y redistribución de ingresos.	General	Constitucion politica de colombia		11		
		Articulo 370	1991	Por medio de la Sujecion a la ley, las politicas generales de administracion y control de eficiencia de los servios publicos domiciliarios y ejerce por medio de la Superintendencia de servicios publico Domiciliarios, el control, la inspeccion y vigilancia de las entidades que los presten	General	Constitucion politica de colombia		11		
		Decreto 1076	2015	Por medio del cual se expide el Decreto unico Relamentario del Sector Ambiental y Desarrollo Sosteible	General	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible		11		
		Resolucion 0330	2017	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico	General				12	
	saneamiento	LEY 9	1979	La Ley Sanitaria Nacional (y sus decretos reglamentarios)	Ar. 10,14 y15	Ministerio de salud			12	
		Resolución 0082	2009	por medio de la cual se adopta unos formularios para la practica de visitas de inspeccion sanitaria a los sistemas de suministro de agua para el consumo humano		Ministerio de proteccion social			12	
		resolucion 0844	2018	Establece los requisitos tecnicos para los proyectos de agua y sanamiento basico de zonas rurales.					12	
		DECRETO 1538	2005	Por el cual se reglamenta parcialmente la ley 631 de 1997."se dispondra almenos de un servicio sanitario accesible"	9 literal c	Congreso de colombia			12	
								6	18	12
								36		
							CUMPLE	CUMPLE PARCIALMENTE	NO CUMPLE	
							17%	50%	33%	

Según la matriz de requisitos legales en normativa del sector de agua potable, aborda aspectos asociados a la calidad del agua para consumo humano, las formas de organización para la prestación de los servicios públicos, la colaboración de los usuarios, los mecanismos de control y vigilancia ejercidos por las instituciones gubernamentales, entre otros elementos, es importante destacar que para el desarrollo de este apartado se tendrán en cuenta únicamente aquellas normas, decretos y leyes mediante los cuales se promueve el diálogo o la creación de esquemas asociativos entre entidades territoriales para la prestación del servicio de agua potable en Colombia.

De acuerdo a la Calificación obtenida de la Tabla 3 al realizar el cálculo y la asignación de valores a cada criterio, según la subjetividad de quien realiza el estudio se da una importancia al cumplimiento de la siguiente demostración de la Tabla 4:

Imagen 1 Resultado de marco legal



Fuente: Elaboración propia

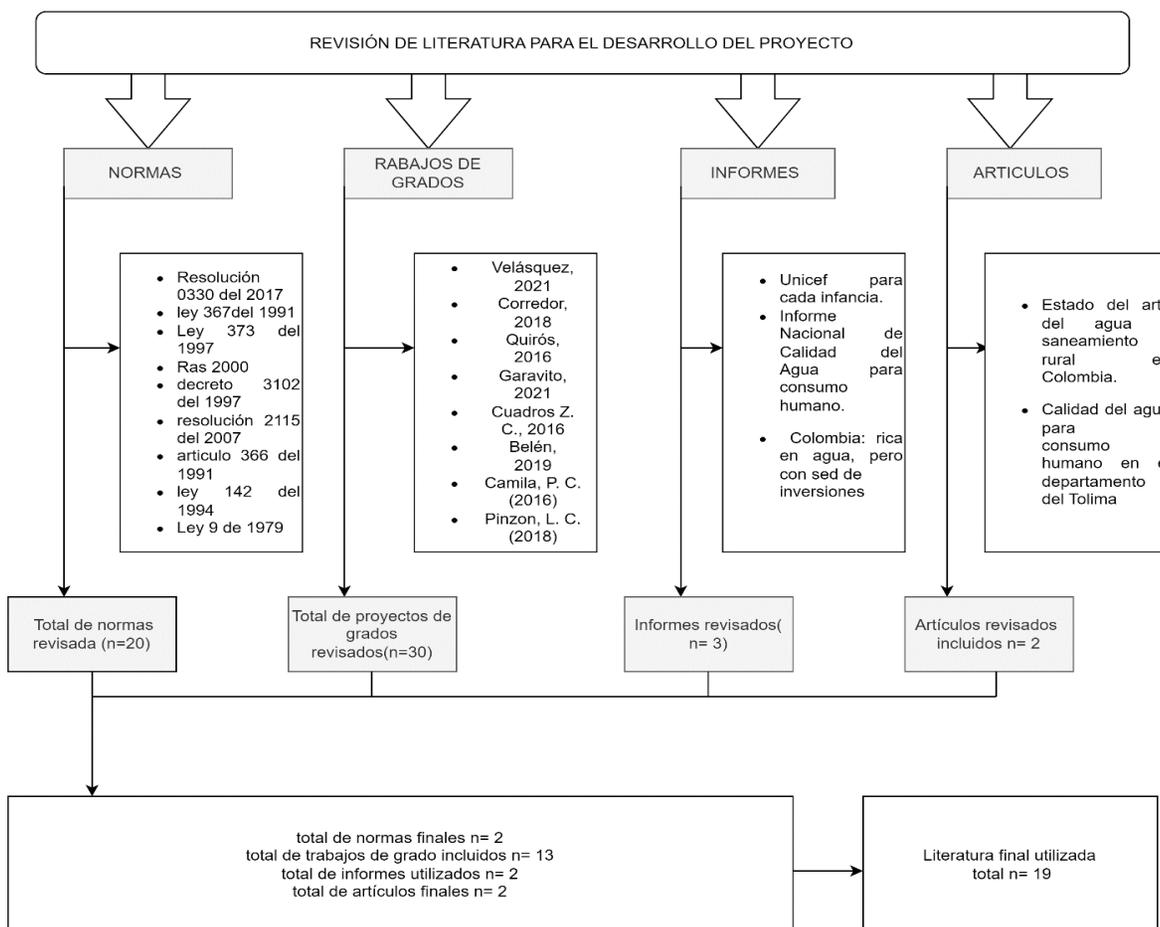
A continuación, se presentan los resultados obtenidos en forma de porcentaje en relación con la normativa legal aplicable a los sistemas de acueducto (ver Imagen 1). De acuerdo con la gráfica, se observa que el sistema de acueducto cumple solo el 17% de los requisitos legales, lo que indica que no alcanza el nivel de satisfacción requerido, que debe estar por encima del 80%. El 50% de los requisitos se cumplen

de manera parcial, mientras que el 33% no se cumplen en absoluto. Esta situación revela una clara insuficiencia en términos de cumplimiento normativo, lo que pone de manifiesto la necesidad apremiante de mejorar y adecuar el sistema a las regulaciones vigentes. Todas estas deficiencias se esperan abordar y mejorar mediante las alternativas propuestas en este trabajo.

4.2. Resultado de la revisión de la literatura

Con la finalidad de desarrollar los objetivos anteriores, se realizó una revisión de la literatura para conocer los trabajos que se han realizado entorno al problema y los métodos de solución utilizados, así mismo también se hizo una caracterización de las normas relacionadas con el tema.

Imagen 2 Diagrama de flujo de revisión literaria



Fuente: Elaboración propia

4.3. Resultados Fase N°1: Diagnostico al funcionamiento del acueducto Vereda Clarete en la ciudad de Popayán.

El proceso comenzó con una fase de trabajo en campo, que se inició con un recorrido minucioso para el reconocimiento del sistema de acueducto en la Vereda Clarete y su entorno. El propósito de esta acción fue identificar las actividades, procesos en curso anomalías existente. Durante esta etapa, se estableció una interacción activa con el personal involucrado para obtener una comprensión más profunda del contexto. Una vez finalizada la fase de reconocimiento del sistema de acueducto, se procedió a utilizar herramientas que permitieran recopilar la información necesaria en aras del desarrollo del diagnóstico inicial.

Entrevista del delegado del acueducto de la Vereda Clarete.

Se entrevistó al delegado del acueducto, quien manifestó que éste cuenta con diversas problemáticas, enfatizando que actualmente se presentan fallas geológicas la cual se pueden evidenciar en la Imagen 3 donde se presenta un deslizamiento de tierra de más de una hectárea, ubicada a 300 metros de la bocatoma, viéndose afectada la calidad de agua porque el acueducto no cuenta con una planta que tenga sistemas de coagulación para disminuir la turbiedad y mejorar la calidad del agua.

Imagen 3 Deslizamiento de tierra y afectación a las calidad del agua



Fuente: Elaboración propio

También manifestó que se precisa un sistema de potabilización o filtros que garantice que el agua sea apta para el consumo humano y a su vez aliviane su trabajo debido a que el tanque de almacenamiento se le realiza mantenimiento de lavado 3 a 4 veces al mes dependiendo del clima.

Por otra parte, el fontanero expuso que el tanque de almacenamiento tiene 35 años en funcionamiento, lo cual hace que se evidencie el mal estado en el que el tanque se encuentra, presenta fugas y no puede abastecer a toda la población presentando razonamiento día de por medio.

- Diagnóstico del acueducto de la Vereda Clarete en la ciudad de Popayán.

El acueducto de la Vereda Clarete se divide en dos, acueducto viejo y acueducto nuevo, la Imagen 4 muestra la bocatoma que se encuentra ubicada en la quebrada de Clarete, en esta parte se capta el agua requerida ingresando a la recámara y es conducida por tubería de 3" hasta el tanque que distribuye el agua a la población.

Imagen 4. Acueducto viejo



Fuente: Elaboración propia

El acueducto cuenta con una rejilla como se evidencia en la Imagen 4 que retiene hojas y material granulado de gran tamaño, pero deja pasar de tamaño pequeño. Por

otra parte, tiene un sistema con bultos de arenas que protege en la creciente, en la zona donde están las llaves para el lavado del desarenador.

Imagen 5. Acueducto nuevo



Fuente: Elaboración propia

Preocupa la calidad del agua que está llegando a la bocatoma, como se evidencia en la Imagen 5 que se encuentra ubicada en la quebrada de Cabuyo, el agua presenta altos contenidos de lodo causado de las lluvias y el deslizamiento de tierra que se ha generado aguas arriba. El desarenador se encontró totalmente lleno de lodo, aunque según lo dicho por el fontanero hacia 7 días que se había limpiado.

Se observó que una tapa del desarenador se encuentra quebrado, es importante resaltar que los primeros metros de tubería que salen del desarenador, se encuentran ubicadas de forma incorrecta debido a que están muy horizontales y eso dificulta la salida del agua hacia la tubería.

- Reconocimiento y ubicación de la bocatoma se evidencia en la Imagen 6 y sus respectivos detalles.

Imagen 6. Bocatoma



Fuente: Elaboración propia

La bocatoma fue construida hace más de 35 años y está ubicada en las quebradas Clarete y Cabuyo, las cuales nacen en el resguardo indígena Quintana en el municipio de Popayán a una altura aproximada de 2,200 a 2,300 metros sobre el nivel del mar.

La bocatoma ubicada sobre la quebrada Cabuyo fue denominada como acueducto nuevo, esta se encuentra a 3 kilómetros de su nacimiento y se toma 2 pulgada de agua respectivamente.

Imagen 7. Tanque desarenador



Fuente: Elaboración propia

En la Imagen 7 se muestra el tanque desarenador, se encuentra ubicado en la bocatoma, tiene 2 m de longitud, 1.50m de largo y 50 cm de profundidad, el tanque es diseñado en concreto reforzado y cuenta con una tapa de concreto, este recibe el agua de la captación para posteriormente hacer el trabajo de sedimentación y luego evacuar el agua por la línea de conducción.

Imagen 8 Línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

La tubería parte de la compuerta lateral que sale de la bocatoma luego pasa por el desarenador para posteriormente llegar a un pequeño tanque, esta es la encargada de transportar el agua como se puede evidenciar en la que conduce hasta el tanque de almacenamiento y después ser distribuidas a los hogares, la tubería es de un buen material, en la Imagen 8 se observa que la tubería es de PVC de 4 pulgadas, y se encuentra en buen estado a pesar del paso del tiempo de funcionamiento.

Imagen 9. Tanque de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia.

En la Imagen 9 se puede evidenciar el tanque de almacenamiento tiene una capacidad de $16 m^3$, de este se desprende cuatro ramales los cuales son:

- Sector de Currillo
- Sector Loma del Medio
- Sector Clarete
- Sector el Triunfo

El sector de Currillo inicia en el tanque principal pasando por los predios del señor Segundó Gurrute hasta llegar a la carretera de currillo, luego esta pasa por los predios de la señora Elvia Sánchez sumando una longitud de 2 kilómetros desde su inicio hasta el final. En este sector la tubería tiene un diámetro de una pulgada y media ($1\frac{1}{2}$) y tres cuartos ($\frac{3}{4}$). Esta red es de material llamado manguera.

El sector de Clarete tiene su inicio en el tanque de almacenamiento hasta llegar a los terrenos de la señora Lilia Díaz, este presenta una longitud de 2 kilómetros donde la tubería inicia con un diámetro de dos pulgadas ($2''$), hasta llegar a los predios del señor Carlos Ortega y termina en forma de Y, en manguera de tres cuartos ($\frac{3}{4}$) y de media ($\frac{1}{2}$).

Por otra parte, tenemos el sector de loma del medio, el cual también inicia en el tanque de almacenamiento pasando por los predios del señor Segundó Gurrute finalizando en los terrenos del señor Francisco Masabuel, con una longitud de un kilómetro aproximadamente, el diámetro de la manguera es de una pulgada y media (1" 1/2) y en su terminación es de media (1/2).

Sector el triunfo el cual inicia en el tanque de almacenamiento y pasa por los terrenos del señor tulio Sánchez terminando en los predios del señor Carlos Felipe Sánchez, con una longitud de un kilómetro aproximadamente. Este sector tiene tubería de PVC y manguera con diámetros de tres cuartos (3/4) y media (1/2).

4.4. Análisis de resultado de la fase N° 1: Diagnostico al funcionamiento del acueducto Vereda Clarete en la ciudad de Popayán.

El acueducto de la Vereda Clarete cuenta con un sistema de educción el cual no se ajusta a los parámetros de diseño establecidos en el titulo B del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, debido que este no cuenta con filtros de toma, de este filtro debe definirse el caudal que necesita ser captado, según las necesidades del municipio al que se va a suministrar el agua, también la velocidad del filtro.

Por otra parte, el acueducto cuenta con una rejilla en mal estado, esto es desfavorable debido a que estas se usan especialmente en los ríos de zonas montañosas, que están sujetos a grandes variaciones de caudal entre los periodos de estiaje y los periodos de crecientes máximas.

El título B propone que, en el caso de los niveles bajo y medio de complejidad, puede prescindirse del desarenador cuando se compruebe que el transporte de sólidos sedimentables no es perjudicial para el sistema de abastecimiento de agua. En este caso se cuenta con un desarenador que no cumple con la norma, este no

está ubicado en una zona con suficiente espacio lo cual no garantiza que el sistema de limpieza pueda hacerse por gravedad y que la longitud de desagüe de la tubería no sea excesiva.

4.5. Evaluación del estado actual del pre tratamiento del agua para consumo humano.

La evaluación del estado actual del pre tratamiento del agua de la Vereda Clarete se desarrolla teniendo en cuenta el capítulo II que señala las características físicas y químicas. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se establecen en el cuadro N°1 de la resolución 2115 donde se puede apreciar cada característica física química y microbiológica, por cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la resolución que se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 5 Características físicas y químicas del agua para consumo humano.

Características	Valor máximo aceptable	Unidades
Color aparente	15	UPC
Turbiedad	2.0	UNT
PH	6.5 - 9.0	Unidad
Olor y sabor	0.5	Aceptable
Conductividad	100	NTU
Sólidos Disueltos	-	mg/L
Nitratos	1.0	mg/L

Fuente. Resolución 2115 del 22 de junio del 2015

4.6. Análisis de resultados de la evaluación el estado actual del pre tratamiento del agua para consumo humano de la Vereda Clarete.

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de química de la corporación universitaria de Comfacauca – UNICOMFACAUCA con el equipo AQUAMER.

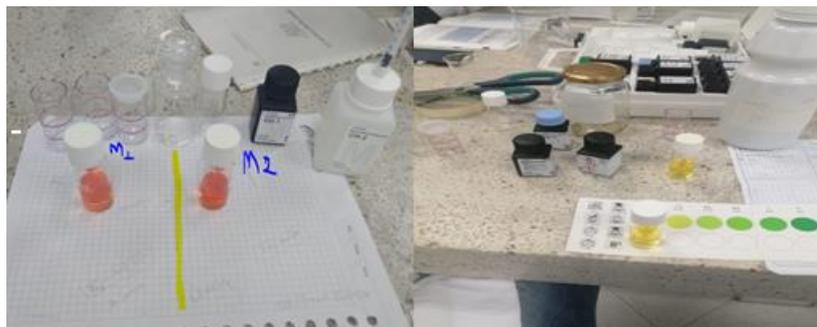
Las muestras fueron tomadas el día 3 de mayo del presente año como se evidencia en la Imagen 12, la muestra 1 corresponde a la bocatoma Clarete y la muestra 2 a la bocatoma Cabuyo, se tomó una cantidad e 1L de agua para los parámetros fisicoquímicos y 1 L para muestras microbiológicas, según especificaciones de auxiliar de laboratorio de química de la corporación universitaria Comfacauca-Unicomfacauca (Ver anexo 2).

Imagen 10 Tomas de muestras de agua en los caudales Cabuyo y Clarete.



Fuente: elaboración propia

Imagen 11 Muestras de laboratorio del agua de las captaciones



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Comparación de resultados de la muestra vs la resolución 2115 del 2015

Características	Muestra 1	Muestra 2	Valor máximo aceptable	Unidades
Amonio	0.0	0.0	-	mg/L
Turbiedad	35.3	34.5	2.0	UNT
PH	6.5	6.6	6.5 - 9.0	Unidad
Fosfato	0.0	0.25	0.5	mg/L
%Saturación de oxígeno Disuelto	2.3	2.1	-	mg/L
Concentración de oxígeno Disuelto	0.2	0.14	-	µstm
Conductividad	30.0	13.0	100	NTU
Solidos Disueltos	12.0	7.0	-	mg/L
Nitratos	2.3	0.0	1.0	mg/L
Coliformes fecales	Positivo	Positivo	Negativo	UFC
Coliformes totales	Positivo	Positivo	Negativo	UFC

Fuente: elaboración propia

Se puede evidenciar en la Tabla 7 para el parámetro de turbiedad, los resultados obtenidos no se ajustan a lo establecido por la resolución 2115 del 2015. El valor máximo aceptable obtenido en los dos puntos de muestreo (M1: 35.4, M2: 34.5) supera el límite permitido por la norma, que es de 2.0.

En relación a los resultados del nitrato, se obtuvo M1:2.3, M2:0, El valor de M1 no cumple con el valor máximo aceptable, mientras que la M2 si cumple. Es importante destacar que ambos acueductos abastecen el tanque de almacenamiento antes de distribuir el agua a los hogares.

Se realizó un análisis cualitativo para los microbiológicos encontrando presencia de coliformes fecales y coliformes totales, esto debido a que la planta no cuenta con un sistema de desinfección, además aguas arriba de la bocatoma hay presencia de ganado a los alrededores de las fuentes hídricas.

Los resultados obtenidos en la Tabla 7 evidencian que la calidad del agua que consumen los habitantes de la Vereda Clarete no se ajusta a los estándares establecidos por la legislación vigente. Es necesario tomar medidas correctivas para garantizar un suministro de agua potable que cumple con los parámetros de calidad establecidos, asegurado así la salud y bienestar de la comunidad.

4.7. Resultados de Fase N°3: Proyección de la población

Es la proyección de la población según información registrada en la Junta de Acción Comunal de la Vereda Clarete, del año 2018 al 2023, de acuerdo a lo establecido Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000).

Se debe tener en cuenta el nivel de complejidad del sistema para el cálculo de la proyección, según lo establecido Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), el cual depende de la cantidad de habitantes y volumen económico de la región o municipio, ilustrado en la Tabla 6

Tabla 7. Nivel de complejidad

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta Máxima para poblaciones con Clima Frio o Templado(L/Hab-dia)	Dotación neta Máxima para poblaciones con Clima Cálido (L/Hab*dia)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Método geométrico: Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación que se emplea es la siguiente:

Ecuación 1. Método geométrico

$$Pf = Puc (1 + r)^{Tf - Tuc}$$

Dónde:

r= Tasa de crecimiento anual

Pf= Población correspondiente al año al que se requiere realizar la proyección.

Puc= Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

Pci= Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

Tuc= Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

Tf= Año al cual se requiere proyectar la población

También se debe tener en cuenta que la tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 2. Tasa de crecimiento geométrico

$$r = \frac{Puc}{Pci}^{\frac{1}{Tuc - Tci}} - 1$$

Método Exponencial o Logarítmico: Requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, en donde el último censo corresponde a la proyección el DANE. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión, La ecuación que se emplea es la siguiente.

Ecuación 3. Exponencial

$$Pf = Pci * e^{K(Tf - Tca)}$$

Dónde:

K= Es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos.

Ecuación 4. Tasa de crecimiento exponencial

$$K = \frac{\ln Pcp - \ln Pca}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Pcp= Población del censo posterior (proyección del DANE).

Pca= Población del censo anterior (habitantes).

Tcp= Año correspondiente al censo posterior.

Tca= Año correspondiente al censo anterior.

Pf= Año al cual se requiere proyectar la información.

Método Aritmético: Supone en crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración, La ecuación que se emplea es la siguiente:

Ecuación 5. Aritmético

$$Pf = Puc + \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci} * (Tf - Tuc)$$

Dónde:

Pf= Población correspondiente al año para el que se requiere realizar la Proyección (habitantes).

Puc= Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

Pci= Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

Tuc= Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

Tf= Año al cual se requiere proyectar la población

.

4.8. Análisis de resultados de la Fase N° 3: Proyección de la población

La Proyección de la población se calculó, con base a la información registrada en la junta de acción comunal de la Vereda Clarete, según censos de los años 2018 hasta 2023 (ver anexos 3, censo), proyectándolo a 25 años, según lo establecido por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Para definir las necesidades de la población en cuanto al acceso de agua para consumo humano se hizo necesario realizar la proyección de la población, en este caso se hizo la proyección a 25 años, mediante los métodos geométrico, aritmético y exponencial.

A continuación, se presenta los cálculos de la proyección poblacional para cada método:

Ecuación 6 Resultado geométrico

Método geométrico	
Requiere tres censos como mínimo	509 habitantes
$Pf = Puc (1 + r)^{Tf - Tuc}$	

Ecuación 7 Resultados exponencial

Método exponencial o logarítmico	
Requiere tres censos como mínimo	424 habitantes
$Pf = Pci * e^{K(Tf - Tca)}$	

Ecuación 8 Resultados aritmético

Método Aritmético	
Crecimiento lineal	528 habitantes
$PF = PUC + \frac{PUC - PCI}{TUI - TCI} * (Tf - Tuc)$	

Ecuación 9 Promedio proyección de la población

Promedio	
Geométrico, logarítmico, aritmética	476 habitantes
$Promedio = \frac{528 + 424}{2}$	

En este caso se tuvo en cuenta el valor máximo y el valor mínimo de la proyección de la población, de esta manera utilizar el promedio, el cual se debe tener en cuenta para el cálculo de los caudales.

Dotación neta: se debe tener en cuenta el nivel de complejidad y el clima de la región donde se está haciendo el estudio, en este caso el nivel de complejidad es medio para un clima templado, por lo tanto, proyecta una dotación neta de 90 (L/Hab*día) habitantes como se evidencia en la Tabla 8 según lo establecido en la (RAS-2000).

Tabla 8 Resultados de nivel de complejidad

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta Máxima para poblaciones con Clima Frio o Templado (L/Hab* día)	Dotación neta Máxima para población con Clima Cálido(L/Hab*día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Fuente.RAS-2000 Tabla B.2.3

Dotación bruta: se calcula de acuerdo con los cálculos de la dotación neta de la cual obtuvimos (90 L/hab*día) entre las perdidas máximas admisibles, para este caso tenemos la población futura (%P=25%).

Ecuación 10 Resultado dotación bruta

Dotación bruta	
$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$	120 L/hab*día

4.9. Resultado de la Fase N°4: Análisis del caudal del diseño Hidráulico para ramales en la vereda clarete, teniendo en cuenta los criterios del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000).

Para el cumplimiento del tercer objetivo, el cual corresponde a proponer alternativas para mejorar la calidad del agua suministrada a la comunidad, según aspectos normativos relacionados con el sistema de acueducto. En primer lugar, se monitorea el caudal usando el molinete mediante un aforo de las fuentes hídricas. Como se evidencia la Imagen 10 el molinete hidrométrico es un equipo que se utiliza en la medición de flujos de corrientes de agua; es el adecuado para explorar las diferentes velocidades dentro de una corriente, realizando muestras puntuales y recolectando datos de campo para conocer de forma fácil el valor del caudal.

Imagen 12 Implementos para el cálculo del caudal



Fuente: Adaptada de Google

También se utilizó el método volumétrico, este método se aplica cuando la corriente presenta una caída de agua, consiste en poner un recipiente de un volumen conocido en donde tiene la ventaja de ser el más sencillo y confiable, siempre y cuando el lugar donde se realice el aforo garantice que al recipiente llegue todo el volumen de agua que pasa por la corriente. En la Imagen 11 se puede evidenciar que en este caso se utilizó un balde de 12 litros, cronometro y se utilizó la tubería de conducción la cual es de PVC de 3 pulgadas.

Imagen 13 Herramientas para las mediciones del caudal sobre la tubería de la conducción.



Fuente: Adaptada Google

En este método se utilizaron las siguientes formulas.

Ecuación 11 Promedio de muestra

$$\text{Promedio de las muestras} = \frac{\text{Toma 1} + \text{Toma 2} + \text{Toma 3} + \dots + \text{Toma}}{\text{Numero de tomas}}$$

Ecuación 12 Caudal tubería

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen de agua capturada(en litro)}}{\text{Tiempo de llenado del balde(segundos)}}$$

Análisis de la memoria del cálculo hidráulico para ramales en la Vereda Clarete, teniendo en cuenta los criterios del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000), y elementos de diseño para acueductos y alcantarillados.

Teniendo en cuenta los resultados de la fase N° 4: Análisis el diseño hidráulico para los ramales de la Vereda Clarete se calcularon los valores de los caudales medio diarios (Qmd), caudal máximo diario (QMD) y caudal máximo horario (QMH), para la cual se tendrá en cuenta los criterios suministrados por la RAS 2000.

Dotación neta: La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un suscriptor o de un habitante, dependiendo de la forma de proyección de la demanda de agua, sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto, se tendrá en cuenta la Tabla B.2.3 del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000, donde dependiendo del nivel de complejidad y clima de la región, nos arroja un valor de dotación neta en (L/hab*día).

Dotación bruta: De acuerdo con la Resolución 2320 de 2009 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la dotación bruta para el diseño de cada uno de los elementos que conforman un sistema de acueducto,

indistintamente del nivel de complejidad, se debe calcular teniendo en cuenta la siguiente ecuación: [7]

Ecuación 13. Dotación Bruta

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

Donde:

d_{bruta} : dotación bruta

d_{neta} : dotación neta

$\%p$: pérdidas máximas admisibles

El porcentaje de pérdidas máximas admisibles no deberá superar el 25%.

Caudal medio diario: Es el caudal calculado para la población proyectada (fase N° 4) teniendo en cuenta la dotación bruta asignada, la cual se calcula con la siguiente ecuación: [7]

Ecuación 14 Caudal medio diario

$$Q_{md} = \frac{p * d_{bruta}}{86400}$$

Dónde:

P= Número de habitantes proyectado

d_{bruta} = Dotación Bruta (L / hab*día).

Caudal máximo diario: El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k_1 , como se indica en la siguiente ecuación [7]:

Ecuación 15 Caudal máximo diario

$$QMD = Qmd * K_1$$

Dónde:

QMD =Caudal Máximo Diario

Qmd =Caudal Medio Diario

K_1 = Coeficiente de consumo Diario

Caudal máximo horario: El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el 39 caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k_2 , según la siguiente ecuación [7]:

Ecuación 16 Caudal máximo horario

$$QMH = QMD * K_2$$

Dónde:

Qmh =Caudal Máximo Horario

Qmd =Caudal Medio Diario

K_2 = Coeficiente de consumo Máximo Horario

También se debe tener en cuenta que el coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario, k_2 , puede calcularse, para el caso de ampliaciones o extensiones de sistemas de acueducto, como la relación entre el caudal máximo horario, QMH, y el caudal máximo diario, QMD, registrados durante un período mínimo de un año, sin incluir los días en que ocurran fallas relevantes en el servicio.

4.10. Análisis de Resultados de la Fase N°4: Análisis del caudal del diseño Hidráulico para ramales en la vereda clarete, teniendo en cuenta los criterios del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000).

Se realizó un aforo directo para el monitoreo de caudales en las micro cuencas el Cabuyo y Clarete, con el objetivo de cumplir con los requisitos mínimos y los valores específicos para la formulación de mejoras para un sistema de potabilización para las Veredas.

Inicialmente se hizo el reconocimiento de la cantidad de agua que posee las quebradas de la Vereda Clarete, por medio de la medición de caudal en metros cúbicos por segundo y en litros por segundos donde se presenta una Tabla 9 la cual señala los caudales que se tomaron en la quebrada Es importante resaltar que los datos fueron tomados en época de verano en la zona. Teniendo en cuenta la tabla 9 se puede identificar que el caudal en época de verano es de (4.5 L/s), debido esto la junta de acción comunal manifiesta que el caudal ha disminuido esto se puede evidenciar en la Imagen 15 según el análisis cualitativo que ellos realizaron.

Tabla 9 Aforo del caudal de acueducto Clarete

Fecha de aforo:		2 de septiembre de 2023		Molinete Acueducto					
Nombre de la cuenca:		Acueducto Viejo"Q.clarete"							
Altitud (msnm):		2.105							
fecha:		2/09/2023							
Longitud:		2°28'48.86"N - 76°30'9.32"O							
Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Perimetro (m)	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m3/s)
1	0,00	0,120	0,048	0,00		0,12	0,109		
2	0,10	0,090	0,036	0,10	0,011	0,20	0,192	0,151	0,002
3	0,20	0,070	0,028	0,10	0,008	0,20	0,110	0,151	0,001
4	0,30	0,040	0,016	0,10	0,006	0,20	0,119	0,115	0,001
5	0,40	0,050	0,020	0,10	0,005	0,20	0,136	0,128	0,001
6	0,50	0,050	0,020	0,10	0,005	0,20	0,074	0,105	0,001
7	0,00	0,000	0,000	0,00		0,00	0,074		
8	0,00	0,000	0,000	0,00		0,00	0,000		
9	0,00	0,000	0,000	0,00		0,00	0,000		
10	0,00	0,000	0,000	0,00		0,00	0,200		
					0,03	1,13	Caudal (m3/s)		0,005
							Caudal (lps)		4,5

Fuente: Junta de Acción Comunal Vereda Clarete

Imagen 14 Caudal septiembre 2023 vs caudal octubre 2022.



Fuente: Elaboración propia

Los problemas ambientales son uno de los exponentes del mundo actual, por esta razón la Vereda está siendo afectada en distribución de las lluvias a lo largo del año, las cuales pueden ser muy irregular, por esta razón, las lluvias en época de verano disminuyen ocasionando una disminución en el volumen y cantidad del agua que transporta la quebrada y genera puntos muertos en el caudal, afectado así a la captación de agua.

Por otra parte, se obtuvieron los datos del caudal de la quebrada Cabuyo la cual se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10 Aforo del caudal de la bocatoma de la quebrada Cabuyo.

Fecha de aforo:

2 de septiembre de 2023

Molinete Acueducto

Nombre de la cuenca:	Acueducto Nuevo "Q.Cabuyo"
Altitud (msnm):	2.175
fecha:	2/09/2023
Longitud:	2°28'13.96"N - 76°29'52.34"O

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Perimetro (m)	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m3/s)
1	0,00	0,120	0,048	0,00		0,12	0,072		
2	0,20	0,150	0,060	0,20	0,027	0,40	0,092	0,082	0,002
3	0,40	0,160	0,064	0,20	0,031	0,40	0,095	0,094	0,003
4	0,60	0,150	0,060	0,20	0,031	0,40	0,090	0,093	0,003
5	0,80	0,120	0,048	0,20	0,027	0,40	0,073	0,082	0,002
6	1,00	0,120	0,048	0,20	0,024	0,40	0,093	0,083	0,002
7	1,20	0,140	0,056	0,20	0,026	0,40	0,038	0,066	0,002
8	1,30	0,110	0,044	0,10	0,013	0,20	0,014	0,026	0,000
						0,18	2,73	Caudal (m3/s)	0,014
								Caudal (lps)	14,20

Fuente: Junta de Acción Comunal Vereda Clarete

Tabla 11 Cálculo de caudal sobre la tubería de conducción de las bocatomas Clarete y Cabuyo.

Muestras	Quebrada Clarete		Quebrada Cabuyo
N°	100 m aguas abajo de la bocatoma	1923 m aguas abajo bocatoma (tanque de almacenamiento)	1923 m aguas abajo bocatoma (tanque de almacenamiento)
	Tiempo(s)	Tiempo(s)	Tiempo(s)
1	3,69	15,84	15,61
2	3,44	15,23	15,29
3	3,16	15,77	12,61
4	5,72	15,42	14,77
5	3,67	15,35	14,71
Total (Tiempo)	3,94	15,52	14,60
Promedio (s)	4	16	15
Caudal*. (L/s)	3	0,8	0,8

* La toma de las muestras se realiza en recipiente de volumen: 12L

Fuente: Junta acción comunal V. Clarete.

La medición del caudal se realizó por medio del método del recipiente el cual se ubicó bajo la corriente de tal manera que recibía todo el flujo de agua; un tiempo determinado. En este proceso el cronómetro inicia en el instante en que el recipiente se introduce a la corriente y se detiene en el momento en que se retira de ella, o el balde se llena. Obteniendo un resultado 3 L/s en la toma realiza a 100 m aguas abajo de la bocatoma, también se muestra el resultado del cálculo del caudal sobre la tubería de conducción de la bocatoma clarete, en la llegada al tanque de almacenamiento el cual es de 0,8 L/s.

Por otra parte, se realizó el cálculo del caudal de la quebrada Cabuyo, en la llegada al tanque de almacenamiento, que muestra el resultado obtenido de 0,8 L/s como se

puede evidenciar la Tabla 11. Es importante resaltar que el caudal que recibe el tanque de almacenamiento es de 1,6 L/s, donde se evidencia la disminución del caudal que sale de las bocatomas.

Análisis de la memoria del cálculo hidráulico para ramales en la Vereda Clarete, teniendo en cuenta los criterios del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000, y elementos de diseño para acueductos y alcantarillados.

Caudal Medio Diario (Qmd): se tiene en cuenta la proyección poblacional promedio de los métodos anteriormente expuestos, y se aproximan los calculados, se escoge el número mayor, este cálculo se hace para cada una de las poblaciones, se utiliza el calcula el promedio de los resultados de los métodos geométrico, logarítmico o exponencial y aritmético.

Ecuación 17 Resultado Caudal medio diario 1

Caudal medio diario	
$Q_{md} = \frac{466 \text{ hab} * 120\text{L/hab} * \text{dia}}{86400}$	0,64L/s

Caudal máximo diario (QMD): se utilizaron los resultados del cálculo del caudal medio diario (Qmd), para este caso tenemos un coeficiente de consumo (k1), igual a 1,3, y se generaron los siguientes resultados:

Ecuación 18 Resultado caudal máximo diario

Caudal máximo diario	
$Q_{MD} = Q_{md} * K_1$	0,83 L/s

Caudal máximo horario (QMH): repetimos el procedimiento del punto anterior, pero utilizando los resultados del caudal máximo diario (QMD), en este caso se debe

tener en cuenta el coeficiente de consumo (k2), que equivale a 1,7, del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Ecuación 19 Resultado caudal máximo horario.

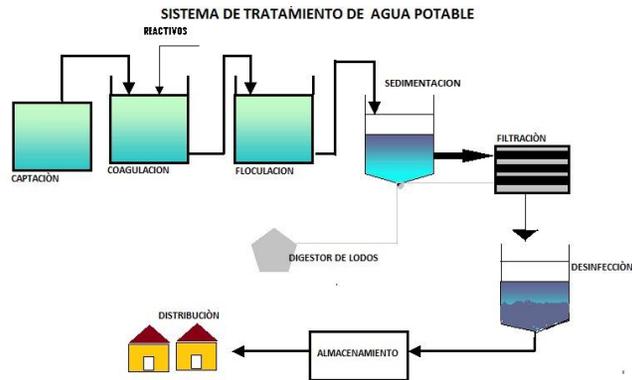
Caudal máximo horario	
$QMH = QMD * K_2$	1,4 L/s

2.1.Resultado de la Fase N°5: Proponer alternativa para la mejorar la calidad de agua, según lo planteado el Reglamento Técnico del sector del agua potable y saneamiento básico (Ras 2000).

- Como alternativas de mejoramiento de la calidad del agua se proponen dos sistemas de potabilización de agua.

Sistema de potabilización de agua uno: teniendo en cuenta los resultados del análisis físico-químicos realizado a las muestras obtenidas de las bocatoma clarete y Cabuyo se propone como primera alternativa un sistema de potabilización de agua que cumpla con lo establecido en la resolución 2115 del 2015, asumiendo que en las muestras se evidencio que los parámetros de turbiedad, solidos disueltos, nitratos y coliformes fecales no se ajustan a el valor máximo aceptable exigidos por la norma, se plantea el sistema uno el cual se puede evidenciar en la Imagen 12.

Imagen 15 sistema de potabilización de agua (alternativa 1)



Fuente: adaptado de Google.

Sistema de potabilización de agua dos: la FiME es una combinación de dos tipos de pre tratamiento con filtración en grava y tratamiento con filtración lenta en arena (FLA). La integración de estas etapas de filtración permite el tratamiento de aguas con niveles de contaminación más elevados que aquellos con los que puede operar la tecnología de FLA independientemente, sin sacrificar las bondades asociadas con sus bajos requerimientos de infraestructura física y de mano de obra con mínimo nivel de escolaridad. [14]

En este documento se propone a la tecnología de Filtración en Múltiples Etapas (FiME) como una respuesta a la necesidad de alternativas de tratamiento de agua de fuentes superficiales, que sean menos complejas de sostener.

2.2. Análisis de resultado de la Fase N°5: Proponer alternativa para la mejorar la calidad de agua, según lo planteado el Reglamento Técnico del sector del agua potable y saneamiento básico (Ras 2000).

Normativa: Para la implementación de la planta de tratamiento de agua, que implique la captación de fuentes superficiales, se debe cumplir con una serie de requisitos solicitados por la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) de manera que acrediten el proceso en general. Dichos requisitos son:

- Formulario Único Nacional de Solicitud de Concesión de Aguas Superficiales
- Certificado de existencia y representación legal para personas jurídicas
- Certificado de tradición.

El Formulario Único Nacional de Solicitud de Concesión de Aguas Superficiales es un documento establecido por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible al cual se control por medio de la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), los formularios Certificado de existencia y representación legal para personas jurídicas y Certificado de tradición son de control Regional a cargo de la gobernación del cauca.

Sistema de potabilización dos: teniendo en cuenta los niveles que contemplan la RAS-2000 el proyecto se delimita con un nivel de complejidad medio. Desde este punto de vista, se realiza la descripción de las etapas que componen los procesos de potabilización por medio del esquema que se muestra en la Tabla 14.

Es importante resaltar que se debe tener en cuenta el análisis físico-químico realizado según la resolución 2115 de 2015, donde se encontró que la turbiedad, solidos disueltos, nitratos, coliformes fecales y coliformes totales no cumple con el

valor máximo aceptable por lo tanto en el proceso de potabilización se debe incluirse coagulantes y cloración, para que el agua sea apta para el consumo humano.

Tabla 12 Configuración de procesos de potabilización propuesto

Etapas de tratamiento	Descripción	Equipos y materiales
Aducción	Es el tramo que conduce el agua de la captación hasta la planta de tratamiento	Gravedad
Coagulación	Se requiere un punto en donde se dosifique el coagulante	Dosificadoras
Floculación	Etapa más lenta, es la aglomeración de partículas desestabilizadas en micro floculos y después en los floculos más grandes que pueden ser depositados llamados floculó.	Tanque
Sedimentación	Tiempo mínimo de relación 2 horas	Módulos
Filtración	Última etapa del tratamiento donde proceso de separación de partículas sólidas de un líquido utilizando un material poroso llamado filtro.	Estructura, rejillas, medio filtrantes
Cloración	Etapa de desinfección del agua para eliminar microorganismo	Químicos unidades de dosificación
Almacenamiento	Tanque de mantenimiento	Tanque Válvulas

El método utilizado para captar el agua de la quebrada y conducirla para su potabilización se hace mediante gravedad y transporte por tuberías, Una de las características básicas de este método tiene que ver con que la elevación del agua

en la fuente de abastecimiento sea mayor a la altura que hay en el punto de entrega del agua, ya que la diferencia de energías disponible posibilita su transporte [15]

Coagulación: Es la etapa que se desestabilizará o neutralizar las cargas negativas presentes en el agua. También se propone la adición del coagulante, teniendo en cuenta las características del agua se propone usar el coagulante sulfato de aluminio, el cual presenta mayor estabilidad en este tipo de agua y no altera la calidad de la misma. [15]

Sedimentación: Es la etapa donde se busca eliminar partículas y contaminantes biológicos que se encuentran en el agua. Según la teoría de Romero Rojas (1999) se propone un tanque sedimentado con módulos en forma de panal, Para el correcto funcionamiento del tanque sedimentado se debe tener en cuenta la velocidad de sedimentación de las partículas que se necesitan remover. La velocidad se puede calcular según la Ecuación 20.

Ecuación 20 Sedimentación

$$v = \frac{g}{18} * \frac{ps - p}{\mu} * \phi^2$$

Dónde:

Vs: velocidad de sedimentación (m/s)

g: gravedad (9,82 m/s²)

Ps: peso específico de la partícula (Kg/m³)

P: peso específico del agua (Kg/m³)

μ: viscosidad cinemática (m² /s)

Ø: Diámetro de la partícula (m)

Filtración: Es importante dimensionar el sistema de filtración en el que se pueda remover todas las partículas que no se retiran en las etapas previas, en este caso los filtros pueden ser de un medio filtrante o de más, por lo que puede ser de arena,

antracita o la mezcla de los dos materiales. Las dimensiones del filtro están basadas en parámetros de filtración rápida de medio combinado.

Cloración: En esta etapa se realiza la desinfección, mediante la aplicación de un agente químico en el agua donde se busca eliminar microorganismos patógenos que puedan existir en el agua que se está tratando. Para su aplicación, se debe tener en cuenta el pH del efluente, la turbiedad y la materia orgánica que se encuentren al final de la etapa de sedimentación o filtración. Dicho esto, se propone el hipoclorito de sodio (NaClO), debido a que es de bajo costo, de fácil aplicación, de bajo riesgo para los humanos y animales.

Almacenamiento: Teniendo en cuenta lo establecido en el título B de la RAS 2000, para los proyectos de complejidad media, para la red de distribución, se debe contar con un tanque de compensación y volumen de almacenamiento mínimo debe ser igual a 1/3 de un día de consumo máximo, el cual se calcula mediante la ecuación 22.

Ecuación 21 Almacenamiento

$$\text{Almacenamiento} = \frac{Q_{md}}{3}$$

$$\text{Almacenamiento} = \frac{71.712 \text{ m}^3/\text{d}}{3} = 23\text{m}^3$$

Teniendo en cuenta el valor calculado se estima el diseño de un tanque de almacenamiento de al menos 23m^3 con una válvula que permita a la comunidad acceder al agua.

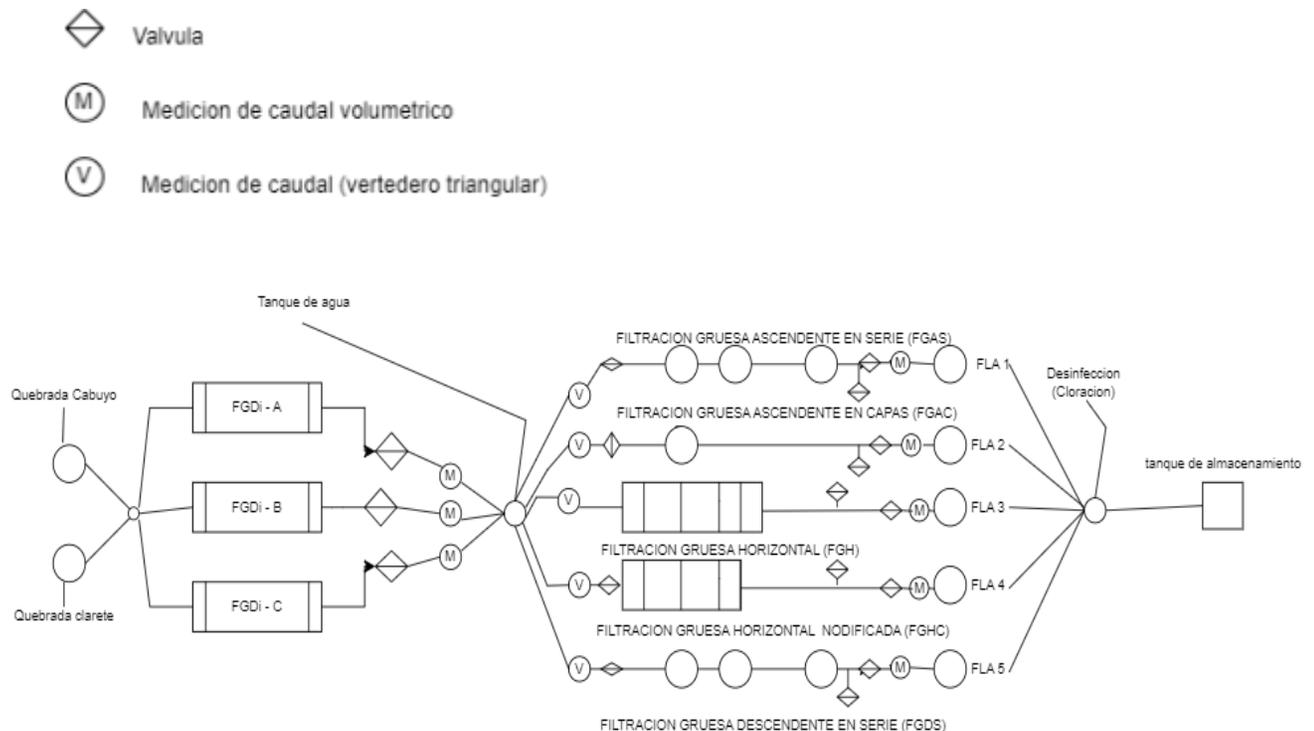
Con el sistema de potabilización propuesto se da cumplimiento a la resolución 2115 del 2015, debido a que, por medio de dicho sistema se logra el acatamiento de

cada característica física química y microbiológica, según los valores aceptables establecidos en la resolución.

Como segunda opción se presenta un sistema de potabilización por filtración en múltiples etapas, teniendo en cuenta que este sistema abarata los costos, en comparación con el sistema anteriormente expuesto, otra de sus ventajas es que no requiere alto nivel de escolaridad para su mantenimiento.

Es importante resaltar que para que este sistema cumpla con la norma se le adiciono la etapa de desinfección la cual se ejecutara por medio de la cloración, donde se recomienda usar el hipoclorito de sodio (NaClO), debido a que es de bajo costo, de fácil aplicación, de bajo riesgo para los humanos y animales.

Imagen 16. Diagrama de flujo de sistema de potabilización por filtración en múltiples etapas (FiME)



Fuente: Elaboración propia en drawio

Filtración Gruesa Dinámica (FGDi): esta etapa debe llevar dos o más módulos operados en paralelo con flujo descendente, donde cada unidad es empacada con lechos de grava de tamaños variables en el rango de gruesa en el fondo a fina en la superficie. La grava de menor tamaño origina grandes áreas superficiales dentro del lecho filtrante y, por consiguiente, valores bajos de carga superficial, favoreciendo el proceso de sedimentación como mecanismo predominante en la remoción de material sólido. [14]

Filtración Gruesa Ascendente en Serie (FGAS): en este caso es importante que los lechos de grava sean instalados en dos o tres tanques, de tamaño decreciente en el sentido del flujo, En las dos variantes el sentido del flujo disminuye las interferencias, mejorándose el comportamiento hidráulico, y un tiempo de retención semejante al calculado, sin zonas muertas. [16]

Filtración Gruesa Ascendente en Capas (FGAC): consiste en el flujo del agua en sentido ascendente. La mayor ventaja de los ascendentes es el hecho de presentar mayor acumulación de sólidos en el fondo del tanque, donde se emplaza en sistema de drenaje, que evacua también el agua de lavado en sentido descendente, y permite mejorar el lavado mediante la operación de válvulas de cierre rápido. [16]

Filtración Gruesa de flujo Horizontal (FGH): las unidades consisten de uno o varios módulos construidos de tal manera que conforman tres compartimientos separados por una pared perforada. En un comienzo esta opción era muy voluminosa pues no incluía un sistema de drenaje que facilitara su limpieza hidráulica. Después de su aplicación en diferentes países, incluidos Perú y Colombia, se le adicionó un sistema de drenaje. Si bien esto permitió reducirles el tamaño a las unidades, las actividades de operación y mantenimiento de FGH son muy exigentes en términos de mano de obra y de consumo de agua. [14]

Filtro Grueso Horizontal Modificado (FGHM): consiste en una estructura rectangular, compuesta de tres capas de grava las cuales van de gruesa a fina. [17]

Filtro Grueso Descendente en Serie (FGDS): consiste en tres estructuras de 1,2 m a 1,5 m de altura, encontrándose en cada un determinado tamaño de grava. La grava se coloca de gruesa a fina. El agua atraviesa las tres estructuras, desde la grava gruesa hasta la grava más fina, con flujo descendente. La velocidad de operación es del orden de 0,3 m/h a 3,0 m/h. [17]

Teniendo en cuenta que las bocatomas se encuentran ubicadas a 1.923m y esta zona es de difícil acceso se recomienda que la ubicación de la tecnología de filtración en múltiples etapas se ubique en el terreno donde se encuentra el tanque de almacenamiento, esto es de suma importancia, debido a que afecta positivamente el monto a invertir y los costos operacionales, también facilitara el trabajo de operación y así asegurar una adecuada supervisión.

Capítulo 5

6.1. CONCLUSIÓN

- Se realizó un muestreo del agua que está siendo consumida por los habitantes de la Vereda Clarete y se llevó a cabo análisis de laboratorio para determinar parámetros físico-químicos donde se evaluó la conformidad del agua suministrada con base los criterios establecidos en la normativa vigente (resolución 2115 del 2015), encontrándose que el agua no es apta para el consumo humano, debido a que los parámetros turbiedad, sólidos disueltos, nitrato, entre otros no cumplen con el valor máximo aceptable.
- Como resultado de este trabajo, se determinó la necesidad de un sistema de tratamiento de agua considerando la geografía, capacidad económica, condiciones ambientales de la Vereda Clarete y los resultados obtenidos del análisis físico-químico. En este contexto, se destaca la importancia de implementar un sistema que cumpla con lo expuesto en la resolución 2115 del 2015, dándole protagonismo a el sistema de potabilización uno, el cual cuenta con la etapa de coagulación, cloración entre otras. También se presenta la tecnología de Filtración en Múltiples Etapas (FiME) como alternativa dos, destacando sus bondades económicas y fácil mantenimiento.

Capítulo 6

7.1. RECOMEDACIONES

- A raíz de los resultados en este estudio, surgió la iniciativa de proponer un sistema de tratamiento de agua que se adapte específicamente a las características geográficas, las condiciones económicas y el entorno ambiental de la Vereda Clarete. Esta propuesta no solo busca resolver las deficiencias identificadas en la calidad del agua, sino que también busca asegurar una solución sostenible y eficaz a largo plazo.
- Es importante generar censos óptimos donde se obtengan datos precisos de la población actual de la Vereda Clarete, esta información es la base principal para el desarrollo de este tipo de estudios.
- Se recomienda crear un manual de mantenimiento y manejo a fin de garantizar que el control de operación de los sistemas de potabilización de agua propuestos sea el adecuado y se pueda asegurar una vida útil amplia para la misma.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Unicef, «Unicef para cada infancia,» 01 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/miles-de-millones-de-personas-se-queadar%C3%A1n-sin-acceso-servicios-de-agua-potable>.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, «Informe Nacional de
- [2] Calidad del Agua para consumo humano,» Ministerio de vivienda ciudad territorio, Bogota, 2020.
- W. C. Mantilla, «Estado del arte del agua y saneamiento rural en Colombia,»
- [3] *Revista de Ingeniería*, pp. 46-53, 2016.
- R. A. L. Velásquez, «Construcción de planta de tratamiento de agua potable,
- [4] ubicado en la comunidad de Pakimana,» caribe, 2021.
- A. C. W. Rincon Lozano Wendy, Determinación de los factores de mayoración
- [5] para el consumo de agua potable en el Municipio de Sibate con respeto a los definidos en la Resolución 0330 del 8 de junio del 2017, Bogota, 2017.
- V. P. A. Pardo Vergara Alejandro, «Diagnóstico y propuesta de mejora para la
- [6] captación, aducción, desarenador y línea de conducción del acueducto Municipal de Moniquira-Boyaca,» Bogota, 2021.
- Ministerio de Desarrollo Económico, «reglamento técnico del sector de agua
- [7] potable y saneamiento básico ras - 2000,» [En línea]. Available: https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=16483.
- v. y. d. t. y. m. d. p. s. Ministerio de ambiente, «Resolución 2115,» de
- [8] *Resolución 2115*, Bogota, 2007, p. 37.
- D. B. Corredor, «universidad libre de colombia,» 2018. [En línea]. Available:
- [9] <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17605/APROXIMACION%20AL%20DIAGNOSTICO%20DE%20LA%20CALIDAD%20DE%20AGUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

G. Quirós, «Universidad de Costa Rica,» 2016. [En línea]. Available:
[10] file:///C:/Users/Usuario/Downloads/40482%20(1).pdf.

J. H. Garavito, «Universidad Piloto de Colombia,» 2021. [En línea]. Available:
[11] <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/9961/Trabajo%20de%20Grado.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

Z. C. P. Cuadros, «Universidad Católica de Colombia,» octubre 2016. [En
[12] línea]. Available:
file:///C:/Users/belen/Downloads/DIAGN%C3%93STICO%20Y%20EVALUACI%C3%93N%20PTAP%20GUATEQUE%20ZAIDA%20CAMILA%20PEREZ%20CUADROS%20503120%20(1).pdf.

E. F. G. Belén, «Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD,» 2019.
[13] [En línea]. Available:
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/31842/gbenriquezf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

L. M. J. Galvis Castaño Gerardo, «Filtracion en multiples etapas,» cali,
[14] Univercidad del valle, 1999, p. 197.

C. E. B. Banguero, «Diseño de un sistema de,» 2020. [En línea]. Available:
[15] <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/3248/2/2020CristhianEdderBerrioBanguero.pdf>.

W. E. P. M. Juan Diego Ordóñez Maldonado, La Filtracion Gruesa, aplicada al
[16] tratamiento de agua superficiales, Universidad de Cuenca, 2017.

V. F. Viviana, «Modelos de regresión,» de *Estadística descriptiva para*
[17] *ingeniería ambiental con SPSS*, 2007, p. 72.

L. C. Pinzon, «Diseño hidraulico de obras civiles para la captacion y
[18] tratamiento de agua cruda del sistema de acueducto centro poblado la Magdalena Municipio de Quebrada Negra , Cundinamarca,» Bogota, 2018.

Z. C. Cuadros, «Univercidad Catolica,» 2016. [En línea]. Available:
[19] <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/ae5687f1-a28a-443a-9b9f-0449f4ef049b/content>.

[20] Ministeria de vivienda y ciudad territorial, «Resolucion 0330,» [En línea]. Available: <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0330-2017.pdf>.

S. d. s. p. domiciliarios, Informe Nacional de calidad del agua para el
[21] consumo humano (INCA), Bogota, 2020.

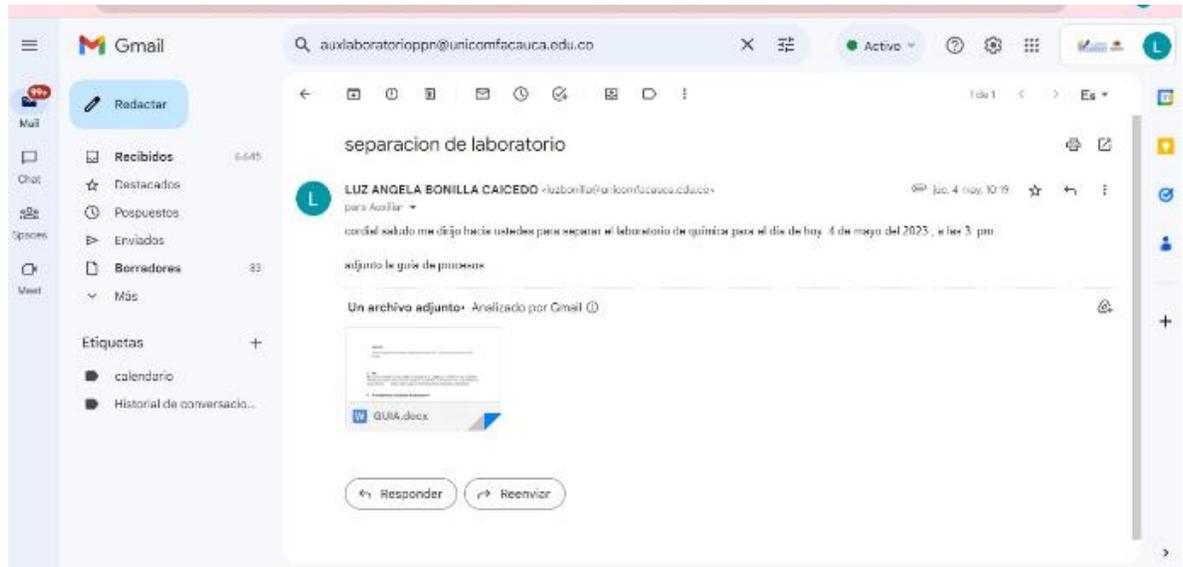
Z. Perez Cuadros, «Universidad catolica de colombia,» 2016. [En línea].
[22] Available:
<file:///C:/Users/Ussuario/Downloads/DIAGN%C3%93STICO%20Y%20EVALUACION%20PTAP%20GUATEQUE%20ZAIDA%20CAMILA%20PEREZ%20CUADROS%20503120.pdf>.

ANEXOS

Anexo 1. Evidencia de entrevista realizada al fontanero del acueducto de la Vereda Clarete.

https://drive.google.com/file/d/1Q0blQ5ZsS67bL-rtnAE3hIHolfTv1R_C/view?usp=drives

Anexo 2. Evidencia de guía de laboratorio



Anexo 4: base de datos censo de clarete

Link del pdf:

https://drive.google.com/file/d/19p7k6dmol_gTlutPSP_8Yc1Dh8zRxycV/view?usp=drive

Anexo 4: Socialización a la comunidad de la Vereda Clarete



“XII Congreso internacional de ingeniería mecatrónica – 2023”, (CIIMA 2023)

Ponencia

El proyecto se envió a la revista I+T+C



Tipo de artículo (Investigación, Revisión o Revisión)

DIAGNOSIS, EVALUATION AND PROPOSAL FOR IMPROVEMENTS OF THE CLARETE AQUEDUCT IN THE MUNICIPALITY OF POPAYÁN – CAUCA

DIAGNÓSTICO, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAS DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA CLARETE EN MUNICIPIO DE POPAYÁN – CAUCA

Luz Ángela Bonilla Caicedo y Yeny Patricia Sánchez Gurrute

Universidad Tecnológica y Científica de Popayán

Popayán, Cauca

Fecha de Publicación

Resumen

Palabras clave

Abstract

Keywords

- Participación en el poster fest.

Se participó en el poster fest del primer y segundo semestre, donde se hicieron recomendaciones fundamentales para el desarrollo del proyecto.

The screenshot shows a Zoom meeting with participants: Luis Felipe Arboleda Paz, Edier Efren Anacona Jimenez, Yury, and SofiiPhone. The main content is a scientific poster with the following elements:

- Flowchart:** A vertical process flow starting with 'Fase N° 1' (diagnóstico del estado actual del terreno), followed by 'Fase N° 2' (trabajo de campo) which includes 'preparación de la instrumentación' and 'identificación de los componentes del acuífero'. 'Fase N° 3' (preparación de la población) includes 'método geométrico', 'método empírico', and 'método aritmético'. 'Fase N° 4' (análisis de la muestra de campo) includes 'Caudal Máximo Horario', 'Caudal Medio Diario', and 'Caudal Mínimo Diario'. 'Fase N° 5' is the final stage.
- Table:** A table titled 'Tabla 1. Comparación de resultados de la muestra en la resolución 2115 del 2007.' with columns for 'Características', 'M1', 'M2', 'Puntaje de riesgo resolución 2115', and 'Unidades'.
- Photos:** Two photos labeled 'Imagen 1. Trabajo de campo' and 'Imagen 2. Trabajo de campo' showing field work.
- Text:** 'Resultados de la medición al estado actual del río por tratamiento del agua para consumo humano de la vereda ciénaga.' and 'Luego de una exhaustiva revisión literaria se propone el siguiente diseño de...'

Características	M1	M2	Puntaje de riesgo resolución 2115	Unidades
Amonio	0	0		mg/L
Turbiedad	35,3	34,5	15	UNT
pH	6,49	6,59	1,5	unidad
Fosfatos	0	0,25	1	mg/L
% Saturación de oxígeno disuelto	2,3	2,1		mg/L
Concentración de Oxígeno Disuelto	0,16	0,14		mg/L
Conductividad	30	13		ntu
Sólidos Disueltos	12	7		mg/L
Metales	2,3	0	1	mg