



**Lineamientos socioambientales para la optimización del acueducto de las veredas
“La Reforma y Esmeralda” en el municipio de Supatá - Cundinamarca**

González Cardozo Oscar Fabian
Pulido Londoño Jessie Sebastián

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
2019-1

Lineamientos socioambientales para la optimización del acueducto de las veredas “La Reforma y Esmeralda” en el municipio de Supatá - Cundinamarca

González Cardozo Oscar Fabian
Pulido Londoño Jessie Sebastián

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Director (a):
Claudia Patricia Gómez Rendon

Línea de Investigación: Manejo integrado de recurso hídrico e Ingeniería para la salud y el desarrollo
biológico

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2019-1

Acta de sustentación



SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

ACTA No: 1072

El día **10 MAYO 2019**, en las instalaciones de la Universidad El Bosque, se desarrolló la sustentación del trabajo de grado titulado **LINEAMIENTOS SOCIOAMBIENTALES PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO DE LAS VEREDAS LA REFORMA Y ESMERALDÁ EN EL MUNICIPIO DE SUPATÁ - CUNDINAMARCA**, escrito por **OSCAR FABIAN GONZÁLEZ CARDOZO**, CÉDULA 1052403896 y **JESSIE SEBASTIÁN PULIDO LONDOÑO**, CÉDULA 1079233227, bajo la dirección de **CLAUDIA PATRICIA GOMEZ RENDON**, CÉDULA 51768432, como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental. El trabajo fue evaluado por los jurados **WILMAR ALIRIO BOTELLO SUAREZ** CÉDULA 8.803.185 y **LILIAM TERESITA MANRIQUE DELGADO** CÉDULA 1026256011, quienes deliberaron y concluyeron que cumple con los criterios de calidad.

Por lo tanto, el trabajo es: **Aprobado**.

En constancia, se firma en Bogotá, D.C.

10 MAYO 2019


KENNETH OCHOA VARGAS
Director
Programa de Ingeniería Ambiental


GERMAN AGUDELO
Secretario Académico
Facultad de Ingeniería

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Dedicatoria

Primeramente, este trabajo va dedicado a Dios por habernos concedido las facultades para tener éxito en la investigación y poder desarrollarla de una manera satisfactoria, segundo y principalmente a nuestros padres que por su gran esfuerzo hicieron posible todo esto y siempre creyeron en nosotros y finalmente a todos los que hicieron parte del crecimiento como personas e ingenieros....

Agradecimientos

Agradecemos en primera instancia a nuestras familias, por la comprensión y apoyo su apoyo incondicional en los obstáculos que se presentaron, para el desarrollo de este proyecto y a lo largo de todo nuestro proceso académico del pregrado.

A todas aquellas personas que hicieron parte de este proceso de formación, a nuestras familiares amigos y a la Universidad El Bosque.

También a la profesora Claudia Gómez por la colaboración y paciencia, ya que cuyas orientaciones y observaciones fueron de gran ayuda para la elaboración de esta investigación.

Tabla de contenido

1	Resumen	12
2	Abstract.....	12
3	Introducción.....	13
4	Problema de investigación.....	14
4.1	Pregunta Investigación.....	15
4.1.1	Sub preguntas de Investigación.....	15
5	Justificación	16
6	Objetivos.....	17
6.1	Objetivo General	17
6.2	Objetivos Específicos	17
7	Marcos de referencia.....	18
7.1	Estado del arte	18
7.1.1	Artículo N°1. “Propuesta para el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua para los habitantes de la vereda “El Tablón” del municipio de Chocontá”	18
7.1.2	Artículo N°2. “Valoración económica de ecosistemas estratégicos asociados a fuentes hídricas que abastecen acueductos veredales”	18
7.1.3	Artículo N°3. “Propuesta de diseño de una planta de potabilización para la zona veredal del municipio de Apulo, Cundinamarca – Colombia”	19
7.2	Marco Teórico	19
7.2.1	Gestión integral del recurso hídrico	21
7.2.2	Tratamiento del agua.....	21
7.3	Marco Conceptual	21
7.3.1	Parámetros físicos del agua.....	21
7.3.2	Parámetros químicos del agua.....	23
7.3.3	Parámetros microbiológicos.....	26
7.3.4	Procesos y operaciones unitarias de potabilización	27
7.3.5	Plantas de potabilización.....	29
7.3.6	Planta convencional	29
7.3.7	Componentes de un sistema de Acueducto Veredal	30
7.4	Marco territorial y demográfico	32
7.4.1	Generalidades del municipio de Supata.	32
7.4.2	Población.....	33
7.4.3	Cobertura de Uso del Suelo	33

7.4.4	Clima.....	33
7.4.5	Hidrografía.....	34
7.4.6	Relieve	35
7.5	Marco Institucional.....	35
7.6	Marco Legal	36
8	Marco Metodológico.....	38
8.1	Desarrollo Metodológico.....	38
8.2	Matriz Metodológica	38
8.3	Metodología por Objetivos Específicos	41
8.3.1	Objetivo específico 1. Realizar un diagnóstico socioambiental del Acueducto Veredal..	41
8.3.2	Objetivo específico 2. Determinar los procesos unitarios requeridos para la optimización del acueducto de las veredas de La Reforma y Esmeralda	42
8.3.3	Objetivo específico 3. Identificar los procesos unitarios requeridos para la optimización del acueducto de las veredas de La Reforma y Esmeralda	44
8.3.4		47
9	9. Resultados, Análisis y Discusión del Trabajo de Investigación por Objetivos	52
9.1.1	Análisis de muestras de agua y comparación con la normatividad colombiana.....	56
9.1.2	Encuesta diagnóstica para los usuarios de la red de abastecimiento de agua en las veredas La reforma y Esperanza en el municipio de Supatá Cundinamarca.	60
9.2	Resultado Objetivo Especifico 2. Identificar los procesos unitarios requeridos para la optimización del acueducto de las veredas de La Reforma y Esmeralda	66
9.3	Resultado Objetivo Especifico 3. Definir los lineamientos socioambientales que se deben aplicar para cada uno de los procesos unitarios	69
10	Conclusiones	86
11	Recomendaciones.....	87
12	Referencias Bibliográficas	88
13	ANEXOS	91

Lista de tablas

Tabla 1. Marco Institucional	35
Tabla 2. Marco Normativo	36
Tabla 3. Metodología de Investigación.....	38
Tabla 4. Caudales de Diseño.....	47
Tabla 5. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida	48
Tabla 6. Resultados del Diagnóstico del Acueducto Veredal	53
Tabla 7. Resultado Análisis muestras de agua.....	56
Tabla 8. Resultados de Encuesta.....	60
Tabla 9. Matriz DOFA	67
Tabla 10. Análisis cruzado para el desarrollo de estrategias	68
Tabla 11. Lineamientos socioambientales	69
Tabla 12 . Plan de reforestación y protección para el área productora de agua.....	73
Tabla 13 .Generación de un proyecto de ahorro y uso eficiente del agua para los usuarios del acueducto	74
Tabla 14 . Actividades de mantenimiento desarenador	79

Lista de figuras

Figura 1 Planta de tratamiento convencional	29
Figura 2. Mapa Municipio de Supatá.....	32
Figura 3. Metodología Objetivo Especifico 1	41
Figura 4. Metodología Objetivo específico 2.....	43
Figura 5. Metodología Objetivo específico 3.....	44
Figura 6. Descripción del sistema de abastecimiento de agua del acueducto veredal	52
Figura 7 . Dimensionamiento desarenador	79

Lista de ecuaciones

Ecuación 1. Método geométrico para proyección de población	46
Ecuación 2. Tasa de crecimiento anual	47
Ecuación 3. Cálculo de dotación bruta	48
Ecuación 4. Cálculo caudal medio diario	49
Ecuación 5. Cálculo de caudal máximo diario	49
Ecuación 6. Cálculo área del desarenador	49
Ecuación 7. Cálculo de velocidad del agua	50
Ecuación 8. Cálculo velocidad horizontal del agua	50
Ecuación 9. Cálculo tiempo de sedimentación	50
Ecuación 10. Cálculo profundidad del desarenador	50
Ecuación 11. Cálculo volumen del sedimentador	51
Ecuación 12. Cálculo comprobación del tiempo de sedimentación	51
Ecuación 13. Cálculo velocidad de sedimentación de la partícula	51
Ecuación 14. Cálculo velocidad de suspensión	52
Ecuación 15. Cálculo pendiente de volumen de lodos	52

1 Resumen

En el presente trabajo de investigación sobre lineamientos socioambientales para la optimización del acueducto de las veredas de La Reforma y Esmeralda en Supatá, Cundinamarca, se dio origen a la motivación de abastecer un servicio de agua potable y por lo tanto llevar a cabo los lineamientos propuestos a lo largo de este trabajo, teniendo en cuenta los componentes técnico, ambiental y social para mejorar la calidad de vida de esta comunidad.

Con esa finalidad el proyecto se desarrolló un diagnóstico del acueducto que permitió identificar el estado actual a nivel de lo social, económico, infraestructura del sistema y calidad de agua, que están consumiendo los usuarios, donde posteriormente se identificaron cada uno de los procesos unitarios y las deficiencias en la que se encuentra para lograr su óptimo funcionamiento del acueducto veredal.

Por último, se definieron los lineamientos socioambientales para la optimización del Acueducto Veredal, los cuales se centraron en cada proceso unitario. A partir del análisis y discusión de los resultados obtenidos para el mejoramiento del sistema, para lo anterior se tomaron como factores determinantes la calidad y disponibilidad del agua y lo observado en la visita técnica, en relación a la normativa.

Palabras claves:

Calidad de agua, Acueducto Veredal, Recurso hídrico, optimización, agua potable.

2 Abstract

In this research work on socio-environmental guidelines for the optimization of the aqueduct of the villages of La Reforma and Esmeralda in Supatá, Cundinamarca, the motivation to supply a potable water service was born and therefore to carry out the proposed guidelines throughout this work, taking into account the technical, environmental and social components to improve the quality of life of this community.

With this purpose, the project was developed in the beginning with a diagnosis of the aqueduct that allowed to identify the current status at the level of social, economic, system infrastructure and water quality, which users are consuming, where the unitary processes were later identified. the deficiencies in which it is found to achieve its optimum operation of the aqueduct veredal.

Finally, the socio-environmental guidelines for the optimization of the Veredal Aqueduct were defined, which focused on each unit process. From the analysis and discussion of the results obtained for the improvement of the system, for the above, the quality and availability of the water and what was observed in the technical visit, in relation to the regulations, were taken as determining factors.

Keywords:

Water quality, Veredal Aqueduct, Optimization, drinking water.

3 Introducción

Sabiendo que el agua es uno de los elementos más importantes del planeta y que es necesaria para el desarrollo de la vida de muchas especies incluyendo al ser humano y que la humanidad ha abanderado el principio de “Agua como derecho para todos” la comunidad de las veredas La Reforma y Esmeralda han hecho suyo su acueducto reconociendo no solo la importancia de disponer de él, sino de las falencias técnico-ambientales que tiene y la posibilidad de optimizarlo. En Colombia en cuanto a agua potable en las zonas rurales manifiesta el DANE 2016, que más del 30% de la población consume agua que adolece de tratamiento adecuado que garantice agua de buena calidad quizás, por la falta de recursos e infraestructura además las dificultades administrativas, operativas y carencia legislación propia para estos temas.

En la problemática del agua potable en Colombia hay cuatro factores: El primero: las fuentes abastecedoras, porque la deforestación y las condiciones climáticas pueden alterar la calidad, y las plantas de tratamiento de agua potable PTAP no tienen capacidad para tratar en condiciones extremas, como la presencia de sólidos o caudales bajos. Segundo: falta de plantas de tratamiento. Tercero: las inversiones se han orientado hacia donde hay mayor población, dejando rezagadas las zonas de menor número de habitantes. Cuarto: el sistema tarifario no es sostenible para pequeños acueductos ya que la cantidad de usuarios con situación económica vulnerable es alta. (Cabrera, 2015)

La zona de influencia del proyecto cuenta con un acueducto que abastece a 96 usuarios de las zonas de las veredas de la Reforma y la Esmeralda, el cual es gestionado por una Junta Administrativa veredal compuesta por la misma comunidad. Se han identificado diferentes fallas en el funcionamiento del acueducto, como falta de suministro de agua a parte de la población (zonas altas), diferencias abruptas de presión en la red de distribución, no cuentan con un proceso de potabilización y no cuenta con los procesos unitarios mínimos necesarios para un sistema de acueducto veredal.

Para la elaboración del trabajo se realizaron actividades de investigación para la recolección de información para saber el estado actual de la problemática, también un estudio técnico en cual se realizaron visitas de campo a la zona de estudio, cálculos de población, toma y posterior análisis de muestras de agua, encuestas, diseño de los procesos unitarios faltantes y finalmente se formularon los lineamientos socioambientales para la optimización del acueducto junto con acciones de mantenimiento correspondientes a cada proceso unitario presente en el sistema.

4 Problema de investigación

En las veredas La Reforma y Esmeralda en el municipio de Supatá Cundinamarca, consumen agua sin algún tipo de tratamiento, lo que afecta en un 60,3% a la comunidad Supateña a causa de la contaminación de origen hídrico que trae enfermedades a la población como la gastroenteritis y parasitismo intestinal (Alcaldía Supatá, 2012). Al presentar estas enfermedades se ven afectadas la economía de la zona ya que se pierde tiempo de trabajo, además de costos adicionales en transporte hacia los centros de salud disponibles, también aumenta el ausentismo educativo siendo este de 5,47%, por el tiempo de tratamiento de las enfermedades anteriormente mencionadas. (Gobernación de Cundinamarca, 2016). En consecuencia de esta problemática presente se afecta la Calidad de Vida con Relación a la Salud (CVRS) ya que investigadores tales como Beckie T.M.y Burke C. han sugerido que la CVRS debería enfocarse en características tales como efectos físicos, mentales y sociales de la enfermedad en la vida diaria, como también el impacto de estos efectos en los niveles de bienestar y calidad del medio ambiente ya que estos indicadores están fuera de la esfera de lo que se entiende por resultados médicos (URZÚA, 2010).

Otro de los problemas en la prestación del servicio del acueducto veredal ha sido cumplir con los parámetros de potabilización del agua en la zona rural, ya que el sistema está integrado por: el abastecimiento desde un nacimiento denominado San Facundo, localizado en predios privados y que no cuenta con concesión de aguas, pasa a la conducción en tubería PVC en diámetros de 1 y 2” para luego ser almacenada en un tanque construido en concreto con miras a su posterior distribución a las dos veredas cubriendo 96 usuarios.

El sistema de acueducto veredal difícilmente cumple con las especificaciones técnicas requeridas ya que como lo establece el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable RAS 2017, toda vez que en éste se sugiere tener en cuenta algunas actividades preliminares, siendo ella en primera instancia un diagnóstico detallado en la situación que se encuentra la zona de estudio, determinar la población afectada, como también las características socio - culturales de la comunidad, teniendo gran importancia la participación que esta tiene para hacer un trabajo en conjunto con las entidades públicas, luego una cuantificación de la demanda y/o necesidades y por otra, parte un diagnóstico y evaluación del sistema existente. (RAS, 2017) y, las veredas en estudio, a pesar de contar con una fuente de abasto y una exigua infraestructura de suministro de agua, adolece de elementos técnicos amparados en la norma y los reglamentos que garanticen un servicio de óptimas condiciones.

Las causas de la baja calidad del servicio de acueducto se suscitan entre otras por razones económicas, ya que la facturación bimestral es de \$10.000 COP por usuario y de allí debe hacerse la remuneración mensual del fontanero y también del mantenimiento de la infraestructura, representando pequeñas inversiones para sostener el sistema con la rigurosidad técnica y ambiental que este tipo de servicios exige a la luz de la normatividad vigente. Se suma a lo anterior, el desconocimiento temático por parte de la comunidad en materia del procedimiento para no solo disponer de un acueducto veredal que garantice calidad, disponibilidad y continuidad, sino que cumpla con los procesos legales que este tipo de servicio público exige: concesión de aguas, permiso por parte de la Secretaría de Salud Municipal y Departamental, facturación con agua contabilizada.

A causa de estas problemáticas se ve la necesidad de realizar lineamientos socioambientales en conjunto con la comunidad para una optimización del acueducto veredal actual, de esta manera cumplir con la normativa vigente para realizar toma de decisiones en la que se verán beneficiados aproximadamente 96 usuarios y mejorar la calidad de vida relacionada al estado de salud y también aportar hacia la disminución en el porcentaje de necesidades básicas insatisfechas (NIB) de servicios inadecuados como indicador de la gestión del desarrollo del municipio que en este momento se encuentra en un 35,94% (Alcaldía de Supatá, 2012).

4.1 Pregunta Investigación

¿Cuáles son los lineamientos socioambientales requeridos para la optimización del acueducto veredal de “La Reforma y Esmeralda”?

4.1.1 Sub preguntas de Investigación

Sub pregunta 1: ¿De qué manera, la realización de un diagnóstico socioambiental acerca del acueducto veredal contribuye a fortalecer la propuesta de lineamientos socioambientales para la optimización del acueducto veredal?

Sub pregunta 2: ¿En que incide la determinación de procesos unitarios aplicables en el acueducto veredal en la definición de lineamientos socioambientales para la optimización de las instalaciones que abastecen el agua en las veredas La Reforma y La Esmeralda?

Sub pregunta 3: ¿De qué forma contribuye la definición de lineamientos socioambientales en la calidad de vida de la población asentada en las veredas La Reforma y Esmeralda?

5 Justificación

La población del municipio de Supatá es de 5.036 habitantes (DANE, 2018), con una alta población flotante, especialmente en los meses de junio y diciembre, debido a los eventos culturales como Ferias Comerciales, los cuales ocasionan un crecimiento de hasta el doble de la población. Esto ocasiona que la PTAP no logre satisfacer la demanda de uso y aprovechamiento del recurso hídrico para consumo humano. Sumado a lo anterior, el agua tratada reporta un Índice de Riesgo de la Calidad de Agua (IRCA) medio, al arrojar como resultado 24,2% para el año 2016, mostrando la presencia de elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana como son los fosfatos, los cuales pueden ocasionar enfermedades en el sistema digestivo, además presencia de microorganismos como Coliformes (Alcaldía de Supatá, 2012). Se precisa que de las dieciocho 18 veredas que hay en el Municipio de Supatá doce 12 no cuenta con planta de tratamiento, las seis restantes tienen planta de tratamiento, pero no está en operación (Tobón Martínez, 2017).

Para el área rural, las veredas La Reforma y La Esmeralda a pesar de contar con una planta de tratamiento de agua potable que desde su implementación hacia los años 1992, no ha funcionado en virtud de la falta de una electrobomba que garantice el caudal para sostener el tratamiento, el agua se suministra sin tratamiento. El abastecimiento para la comunidad se hace mediante captación de fondo a partir de un nacedero denominado San Facundo localizado en la vereda La Reforma a los 2.080 m.s.n.m., mediante conducción surte los tanques de almacenamiento y posteriormente el agua es distribuida a las casas por acción de la gravedad.

Lo estimado de ese acueducto es que funcione 365 días al año y 24 horas al día, pero en algunos casos al reducir el caudal en la fuente de abasto, se disminuye considerablemente la disponibilidad de agua en las partes más altas de la zona, por la baja presión con la que llega el agua. (Junta Acueducto Veredal, 2017).

Los lineamientos socioambientales que se proponen se realizaron acorde con el Decreto 1575 de 2007 expedido por el Ministerio de Protección Social por el cual “Se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano”. Igualmente, este proyecto se formuló con base en el Reglamento Técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico-RAS 2017 con miras de cumplir con los requisitos técnicos exigidos para la planeación y diseño de la PTAP.

Si está planta de tratamiento se concibe en sus etapas de planeación, diseño, construcción y ejecución considerando los Lineamientos Socioambientales propuestos, se verán beneficios ambientales en la medida en la que se mejora la calidad de vida de los usuarios, adicionalmente se tendrán beneficios económicos al disminuir costos de tratamientos de enfermedades asociadas con el consumo de agua no tratada, ya que en el municipio se ven afectados los habitantes por enfermedades diarreicas agudas inherentes al consumo de agua contaminada o con un mal tratamiento; así mismo, el gobierno local disminuirá el porcentaje de necesidades básicas insatisfechas (NIB).

6 Objetivos

6.1 *Objetivo General*

- Establecer los lineamientos socioambientales para la optimización del acueducto de las veredas “La Reforma y Esmeralda” en el municipio de Supatá Cundinamarca.

6.2 *Objetivos Específicos*

- Realizar un diagnóstico socioambiental del Acueducto Veredal
- Identificar los procesos unitarios requeridos para la optimización del acueducto de las veredas de La Reforma y Esmeralda
- Definir los lineamientos socioambientales que se deben aplicar para cada uno de los procesos unitarios

7 Marcos de referencia

7.1 Estado del arte

Atendiendo a la problemática y al desarrollo de este proyecto se consultaron artículos nacionales e internacionales que estén relacionados con el mejoramiento y readecuación de plantas de tratamientos de agua potable, proyectos de ingeniería y calidad de vida.

7.1.1 Artículo N°1. “Propuesta para el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua para los habitantes de la vereda “El Tablón” del municipio de Chocontá”

Este proyecto está enfocado en la optimización del acueducto veredal el cual no cuenta con una planta de potabilización, la problemática se abarco mediante contextos como el ambiental, social y económico; Como metodología establecieron fases como: investigación en donde se identificaron problemáticas en función de acceso y calidad del agua en la comunidad de la vereda objeto de estudio, análisis de información obtenida, luego se hizo el planteamiento de estructuración técnica sobre el mejoramiento del sistema de acueducto comunal en donde establecieron soluciones como optimizar el sistema de abastecimiento en la captación, distribución y también añadieron oportunidades de mejora para el tratamiento de agua cruda, así como también la protección de la fuente de abastecimiento y finalmente la realización de campañas de sensibilización a la comunidad con el fin de tener conciencia sobre el manejo de agroquímicos para el cuidado de las fuentes de agua; todo esto con el fin de cumplir con los parámetros establecidos en la resolución 2115 de 2007 del Ministerio de la protección social para agua potable y así traer una mejora en la condición de salubridad de los habitantes de la vereda El Tablón.

7.1.2 Artículo N°2. “Valoración económica de ecosistemas estratégicos asociados a fuentes hídricas que abastecen acueductos veredales”

El objetivo de este estudio fue realizar una aproximación al valor económico de los beneficios de preservar los ecosistemas estratégicos que garantizan el recurso hídrico destinado al consumo humano en cinco veredas del Valle de Aburrá (Colombia). En un horizonte de 20 años, el valor económico por servicios ambientales en las cuencas hidrográficas se estimó en 16.000 millones de pesos, mientras que los costos de oportunidad se calcularon en 2000 millones de pesos. Estas cifras indican la importancia económica y social de mantener los ecosistemas para conservación. En este sentido, esta valoración de los beneficios por los servicios ambientales ofrecidos por los ecosistemas en cuestión, y los respectivos costos de oportunidad de la conservación, en particular los asociados al recurso agua, sirven de base para establecer esquemas de compensación a los propietarios de tierras en las áreas de influencia de las cuencas hidrográficas.

7.1.3 Artículo N°3. “Propuesta de diseño de una planta de potabilización para la zona veredal del municipio de Apulo, Cundinamarca – Colombia”

Este proyecto de grado presentado por García, Catalina en el año 2015 para obtener el título de ingeniera ambiental de la Universidad El Bosque, en esa ocasión ella realiza una propuesta de diseño de una planta de potabilización para las zonas veredales de San Antonio, Chontaduro, El Parral, Santa Ana y La Pita en el municipio de Apulo del departamento de Cundinamarca con una capacidad de tratamiento de 3 L/seg para abastecer a una comunidad de 500 personas aproximadamente.

Para el desarrollo del proyecto ellos establecieron primero un diagnóstico teniendo en cuenta el RAS 2000 para determinar los requerimientos básicos y/o previos al diseño de la planta de potabilización y adaptarlos al sitio de estudio y a su población, con esto se realizó un análisis de alternativas de tratamiento comparando con el diseño propuesto, y resultó que la planta convencional fue el sistema más adecuado y viable, debido al fácil mantenimiento, posibilidades de ampliación, ausencia de requerimiento de energía eléctrica y menores costos de operación y para finalizar se elaboró la propuesta se diseñó compuesta por unidades de tratamiento de sedimentación y filtración, además de un tanque de almacenamiento con un clorificador tipo intraflujo de paso. Los materiales de construcción de esta planta los comunes para cualquier obra civil: concreto, acero y ladrillo. Por su parte, la planta compacta de potabilización cuenta con unidades de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

7.2 Marco Teórico

Para el diseño de un acueducto es necesario establecer un diagnóstico socioambiental detallado de la zona de estudio, así como la definición de la población servida, las características que conforman los criterios de diseño como lo son la disponibilidad en cantidad y calidad del agua de las fuentes abastecedoras, periodo de diseño y vida probable de las estructuras, variaciones periódicas de los consumos, así como la calidad de los materiales a utilizar (Corcho Romero & Duque Serna, 2006).

En relación con la calidad de agua y la calidad de vida se ha considerado que el acceso a los recursos necesarios forma parte de una de las opciones esenciales para lograr un nivel de vida decente, estableciendo una relación implícita con los recursos hídricos, de manera más específica tener un acceso al servicio de abastecimiento de agua potable y saneamiento. De hecho en el entorno internacional se le dio importancia a partir del año 2000 durante la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas, a la relación entre el agua y el desarrollo humano, cuando los 189 Estados adoptaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (FUSADES, 2011), hasta la fecha cuando en el año 2015, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) aprueba la agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible reconociendo que el agua y saneamiento son fundamentales para la erradicación de la pobreza y el mejoramiento de la calidad de vida.

Según las estadísticas de PNUD (2015) muestran que unos 2.100 millones de personas han conseguido acceso a mejores condiciones de agua potable desde 1990, han contribuido a la reducción de la pobreza, debido a que tiene efectos directos en las mejoras de la salud y educación. Ya que las enfermedades de origen hídrico son la causa de la mayoría de las enfermedades en los países de desarrollo y generan costos relacionados con muertes, desnutrición, raquitismo y baja productividad (FUSADES, 2011). Para el PNUD es necesario realizar inversiones adecuadas en infraestructura, proporcionar instalaciones sanitarias y fomentar prácticas de higiene en todos los niveles socioeconómicos, de esta manera garantizar el acceso al agua potable segura y asequible para todos en 2030.

En los últimos años las estrategias de planificación en la gestión del agua han estado fundamentadas en el concepto de calidad de vida, introducido en 1980 por la Estrategia Mundial para la Conservación y proclamado como nuevo paradigma de desarrollo sostenible en 1987. Al haberse aprobado formalmente este concepto se ha limitado ya que actualmente resulta muy poco realista pensar en un mundo sostenible y se debe preparar para enfrentar amenazas como los procesos de urbanización, la industrialización y crecimiento poblacional como consecuencia de la actividad humana llevando a la transformación del entorno natural y los ecosistemas, un sistema hídrico debe involucrar aspectos sociales y ambientales, con esto cambiar el paradigma y reconocer que en las condiciones actuales se necesita de un desarrollo que se adapte a situaciones ecológicas cambiantes y que pueda recuperarse ante eventos climáticos extremos y condiciones ambientales extremas (Universidad del Valle, 2018).

En muchas comunidades rurales a nivel Mundial y Nacional existen preocupaciones por problemas que limitan el acceso a bienes y servicios de calidad, esta situación despierta un interés a la población para unirse y buscar alternativas que den solución a su problema, a pesar de esto el desconocimiento y falta de apoyo no logran formalizar una organización y obtener un apoyo técnico y financiero por parte del Estado y las empresas privadas. Para la Gestión Hídrica en estas zonas abandonadas es de gran importancia la Gestión Administrativa la cual tiene que tener un proceso continuo de planificar, controlar, dirigir y ejecutar acciones, generando un ambiente de confianza y respeto entre los prestadores de servicio y los usuarios (Sanabria, 2010). Logrando de esta manera cumplir metas y objetivos de la organización, así como la de proyectos. En cuanto a la Gestión Administrativa en las veredas de Zona de Estudio del Municipio de Supatá se tiene un Junta de Acueducto Veredal quienes están encargados de una recolección bimestral por el servicio de agua, para cubrir el manteniendo de la red de acueducto actual, teniendo cada seis meses reuniones para una rendición de cuentas a cada uno de los usuarios.

Para lograr abastecer el consumo de agua a una población se encuentra atado a una serie de factores propios de cada zona, como también puede variar dentro de un mismo municipio. Los factores tales como clima, nivel de vida de la población, costumbres de la población, sistema de provisión, servicio médico, calidad de agua suministrada, costo del agua, presión en la red de distribución por otra parte si se tiene un consumo comercial, industrial, agrícola o público (Castillo Mahecha, 2009).

El sistema de acueducto juega una parte importante en una comunidad debido que tener agua de calidad ayuda a la población a gozar de una vida más sana, como también una responsabilidad para los usuarios ya que es algo dinámico que no se puede descuidar. De esta manera la necesidad de mejorar el acceso a agua potable en zonas rurales por medio de la normativa vigente a nivel nacional y regional, con la

ayuda de la comunidad para cumplir con todos estos requisitos que esto conlleva y un trabajo en conjunto con los usuarios que se verán beneficiados (Voluntarios de Cuerpo de Paz, 2010).

7.2.1 Gestión integral del recurso hídrico

La gestión integral del recurso hídrico surge como la culminación de iniciativas para establecer directrices unificadas para el manejo de agua, además apunta a resolver la actual problemática del recurso hídrico, permitan hacer un uso eficiente del recurso y preservarlo como una riqueza natural para el bienestar de las generaciones futuras. (MAVDT- Ministerio de ambiente, 2010)

En Colombia se crea la política nacional para la gestión integral del recurso hídrico realizada por el Ministerio de medio ambiente vivienda y desarrollo territorial, el cual se plantea el reto de garantizar la sostenibilidad del recurso, entendiendo que su gestión se deriva del ciclo hidrológico el cual vincula una cadena de interrelaciones entre diferentes componentes naturales y antrópicos. Y el cual tiene como objetivo, el orientar la planificación, administración, seguimiento y monitoreo del recurso hídrico a nivel nacional bajo un criterio de gestión integral del mismo.

Mediante el PND se estableció que se requiere abordar el manejo del agua como una estrategia de carácter nacional desde una perspectiva ambiental e integral que recoja las particularidades de la diversidad regional y las potencialidades de la participación de actores sociales e institucionales. (MAVDT- Ministerio de ambiente, 2010)

7.2.2 Tratamiento del agua

Tratamiento de aguas es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales.

La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final. Debido a que las mayores exigencias en lo referente a la calidad del agua se centran en su aplicación para el consumo humano y animal estos se organizan con frecuencia en tratamientos de potabilización y tratamientos de depuración de aguas residuales, aunque ambos comparten muchas operaciones. (Cárdenas., 2000).

7.3 Marco Conceptual

A continuación, se presenta el marco conceptual con objeto de generar un acercamiento más profundo que abarca la investigación y que tiene relación con calidad de agua y los componentes de un acueducto:

7.3.1 Parámetros físicos del agua

Son los que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como pueden ser turbidez, color, sabor, olor y conductividad.

7.3.1.1 Temperatura

La temperatura es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema. La temperatura mide cuan caliente o frío está un objeto o sustancia, como el agua. Este indicador es importante porque afecta el oxígeno disuelto (OD), la fotosíntesis y la fuente en medios acuáticos. (Toro, 2011)

7.3.1.2 Turbidez

La turbidez se refiere a lo clara o turbia que pueda estar el agua. El agua clara tiene un nivel de turbidez bajo y el agua turbia o lodosa tiene un nivel alto de turbidez. Los niveles altos de turbidez pueden ser causados por partículas suspendidas en el agua tales como tierra, sedimentos, aguas residuales y plancton. La tierra puede llegar al agua por la erosión o el escurrimiento de tierras cercanas. Los sedimentos pueden ser revueltos por demasiada actividad en el agua, ya sea por parte de los peces o los humanos. Las aguas residuales son el resultado de las descargas de agua y los altos niveles de plancton pueden deberse a nutrientes excesivos en el agua.

Si la turbidez del agua es alta, habrá muchas partículas suspendidas en ella. Estas partículas sólidas bloquearán la luz solar y evitarán que las plantas acuáticas obtengan la luz solar que necesitan para la fotosíntesis. Las plantas producirán menos oxígeno y con ello bajarán los niveles de Oxígeno Disuelto (OD). Las plantas morirán más fácilmente y serán descompuestas por las bacterias en el agua, lo que reducirá los niveles de OD aún más. (Toro, 2011).

7.3.1.3 Conductividad

La conductividad es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición. Las soluciones de la mayor parte de los compuestos inorgánicos son buenas conductoras. Las moléculas orgánicas al no disociarse en el agua conducen la corriente en muy baja escala. (SUAREZ, 2006).

7.3.1.4 Color

Es el resultado de la presencia de materiales de origen vegetal tales como ácidos húmicos, turba, plancton, y de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión. Constituye un aspecto importante en términos de consideraciones estéticas. Los efectos del color en la vida acuática se centran en aquellos derivados de la disminución de la transparencia, es decir que, además de entorpecer la visión de los peces, provoca un efecto barrero a la luz solar, traducido en la reducción de los procesos fotosintéticos en el fitoplancton, así como una restricción de la zona de crecimiento de las plantas acuáticas. (Cartagena, 2010)

7.3.1.5 Olor y sabor

La dificultad de diferenciar entre el olor y el sabor por estar estos sentidos íntimamente ligados y además por seguridad, han hecho que lo que se determine comúnmente sea el olor. En el agua, todas las sustancias inorgánicas pueden producir olor y sabor, según la concentración en que se encuentren. Los seres vivos, como las algas, el plancton, etcétera, también pueden producir olor y sabor. Debe recordarse que el cloro, además de ser desinfectante, puede quitar el olor, el sabor, e impedir la proliferación de algas (que producen olor, sabor y color); eliminar el fierro y el manganeso y coagular las materias orgánicas. Sin embargo, cuando el cloro está presente en exceso, puede producir olor y sabor en el agua (principalmente cuando esta tiene fenol). (Pérez, 2001)

7.3.2 Parámetros químicos del agua

El agua es llamada el solvente universal y los parámetros químicos están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias entre las que podemos mencionar alcalinidad, dureza, fluoruros, metales, materias orgánicas y nutrientes.

7.3.2.1 Potencial de Hidrógeno (pH), acidez y alcalinidad: Este concepto surge para cuantificar la acidez y la alcalinidad (Barba, Rodríguez, & Córdoba, 1991). La primera es la capacidad para neutralizar bases, y la segunda, es una medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos (Henry & Heinke, 1999).

Para medir estas propiedades se creó una escala que se basa en la concentración de los iones hidronio ($H_3 O^+$) en una solución. Para el agua pura estas concentraciones son exactamente iguales, es el punto neutro y corresponde a un pH de 7 (Barba, et al, 1991). Entonces, el valor del pH depende de la concentración molar de iones hidronio [$H_3 O^+$] y se obtiene con:

$$pH = -\log[H_3 O^+]$$

De acuerdo al mismo autor, la concentración molar [$H_3 O^+$] varía usualmente entre 10^{-1} a 10^{-14} mol/L, con lo que el pH varía de 1 a 14. Un pH menor de 7 indica acidez, y mayor de 7, alcalinidad, y 7 es neutralidad.

En las aguas naturales las fuentes principales de acidez son el dióxido de carbono proveniente de la atmósfera y de la oxidación bacteriana de la materia orgánica, la acidez mineral de los residuos industriales y el drenaje de las minas y de la lluvia ácida. Las aguas ácidas no constituyen una amenaza para la salud humana, pero generan preocupación por su capacidad de corrosión y porque trastornan las condiciones ambientales de los lagos (Henry & Heinke, 1999).

La misma fuente indica que para encontrar el valor de la acidez en una muestra, se titula un volumen conocido de la muestra con una solución estándar de un reactivo alcalino hasta que se alcanza el punto final, un pH de 4.5 o de 8.5 (según el tipo de acidez presente). El punto de equivalencia se puede indicar por un potenciómetro o con papel indicador que cambia de color (naranja de metilo o fenolftaleína).

En las aguas superficiales, los bicarbonatos se forman por la acción del CO₂ sobre materiales básicos, de la siguiente forma (Manahan S. E., 2007):



Las aguas naturales pueden contener grandes cantidades de alcalinidad de carbonato e hidróxido cuando alcanzan altos valores de pH. La presencia de algas que extraen CO₂ del agua por fotosíntesis puede ser una de las causas para aumentar el pH. Aunque las aguas alcalinas no tienen efectos nocivos en la salud humana, tienen mal sabor. Este parámetro se mide por titulación con ácido sulfúrico hasta el punto final.

7.3.2.2 Dureza: Este término se refiere a la concentración total de iones alcalinotérreos que hay en el agua.

Como la concentración de [Ca²⁺] y [Mg²⁺] es mucho mayor que la de otros iones alcalinotérreos, la dureza es prácticamente igual a [Ca²⁺] + [Mg²⁺], y en general, se expresa por el número equivalente de miligramos de CaCO₃ por litro. Entonces, si [Ca²⁺] + [Mg²⁺] = 1 mM (milimolar) se dirá que la dureza es 100 mg de CaCO₃ por litro = 1 mM de CaCO₃. Se considera “blanda” el agua de dureza inferior a 60 mg de CaCO₃ por litro, y “dura” si la dureza es superior a 270 mg/L. Otro concepto, la dureza específica indica la concentración individual de cada ion alcalinotérreo (Harris, 2003).

Un método para medir la dureza total es tratar la muestra con ácido ascórbico (hidroxilamina) para reducir el Fe³⁺ a Fe²⁺, y con cianuro para enmascarar Fe²⁺, Cu⁺ y otros iones metálicos minoritarios. Luego, la valoración con EDTA (Ácido etilendiaminotetraacético) a pH 10 en medio amoniacal tamponado da la concentración total de Ca²⁺ y Mg²⁺ (Harris, 2003). Este autor propone también la determinación por separado de Ca²⁺, si la valoración se hace a pH 13 sin amoníaco, pues a ese valor de pH, precipita Mg(OH)₂, y ya no reacciona con el EDTA.

7.3.2.3 Hierro y Manganeso: El agua que contiene hierro y manganeso usualmente presenta bacterias de hierro o manganeso, que se alimentan de los minerales que hay en el agua y no causan problemas de salud, pero sí forman una baba de color rojo-café (Fe) o café negro (Mn) en el agua (McFarland & Dozier, 2001).

Estos dos elementos son comunes en la superficie de la tierra, por lo que a medida que el agua se filtra por el suelo, disuelve los minerales allí encontrados y los lleva hasta el agua subterránea. Usualmente se acumulan en los tubos de cañerías, tanques de presión, calentadores de agua y equipo ablandador de agua, lo que restringe el flujo del agua y reducen su presión, y para tratarlos existen varios métodos, pero el más común depende de factores tales como la concentración de hierro y manganeso en el agua, si hay bacterias presentes y la cantidad de agua que se quiere tratar. Este es el tratamiento de fosfato, el cual previene que los minerales se oxiden y por lo tanto ayuda a mantenerlos en solución. Otros tratamientos para removerlos son los suavizadores de agua, el filtro oxidante de arena verde de manganeso o zeolita, la aireación filtración, la

oxidación y filtración químicos, un filtro de partículas, y el tratamiento de shock y filtración (McFarland & Dozier, 2001).

La EPA, ha fijado un nivel máximo secundario de estos elementos. Para el caso del hierro, 0.3 mg/L es la pauta para determinar a qué nivel puede causar problemas, tales como generar color ladrillo o un sabor metálico en el agua, así como manchas rojizas o anaranjadas (Idaho Department of Health and Welfare, 2009).

7.3.2.1 Cloruros

El ion cloruro (Cl-) es una sal que resulta de la combinación del gas cloro (ion negativo) con un metal (ion positivo) (García, y otros, 2012); y procede de las fuentes naturales, las aguas residuales, los efluentes industriales, la escorrentía urbana y de intrusiones salinas (Jiménez, 2001).

De acuerdo a Jiménez (2001), los cloruros junto con los sulfatos afectan el sabor del agua potable y, además, le confiere un poder laxante. La concentración que genera esos efectos varía según el individuo y de la presencia de otras sustancias, por lo que la concentración permisible se define en función de un intervalo para cada sal. En el caso de los cloruros, el estándar es de 250 mg/L, conociendo que, aun así, en muchos lugares se emplea agua con mayores contenidos sin presentar problemas en la salud. La misma autora establece que las concentraciones elevadas de cloruros llegan a correr las tuberías de distribución, especialmente en agua con poca alcalinidad y que se remueven por intercambio iónico (con resinas de base débil que, además, eliminan ácidos fuertes e iones ácidos), electrodiálisis (empleada especialmente para aguas saldas obteniendo remoción del 30%) y ósmosis inversa.

7.3.2.2 Nitratos y Nitritos

Estos parámetros son importantes por la preocupación que generan ya que los nitratos provienen de los fertilizantes inorgánicos y el nitrito sódico como conservante y aditivo colorante de alimentos, en particular de carnes curadas (Valtueña, 2001). En el mismo texto se manifiesta que la concentración de nitrito en las aguas superficiales y subterráneas suele ser baja, pero puede alcanzar valores elevados como resultado de la escorrentía de tierras agrícolas o de vertederos de basuras o por la contaminación con desechos humanos o animales.

Los efectos en la salud surgen de la toxicidad de los nitratos al convertirse en nitritos, ya que transforman la hemoglobina normal, encargada del transporte del oxígeno por los glóbulos rojos (hematíes o eritrocitos) en metahemoglobina, incapaz de transportar oxígeno (Valtueña, 2001).

Con respecto a los valores máximos permisibles, la OMS indica que se dispone de información epidemiológica que apoya el actual valor guía de 10 mg/L establecido para el nitrógeno en forma de nitrato. Sin embargo, el valor no se debe expresar sobre esta base sino sobre el propio nitrato que es el compuesto que llega a perjudicar la salud, por lo que para él se establece un valor guía de 50 mg/L (Mora D., 2009).

7.3.2.3 Flúor

El flúor se utiliza en la producción de aluminio y la fabricación de fertilizantes fosfatados, representando aproximadamente 0.3 g/Kg de la corteza terrestre. Este elemento es deseable en el agua potable, ya que en concentraciones óptimas evita la caries en la población infantil (0.7 a 1.2 mg/L). Cuando supera los 4 mg/L puede llegar a provocar la fluorosis dental (oscurecimiento del esmalte), y de 8 a 30 mg/L afecta al sistema óseo. La concentración máxima presente en forma natural no supera los 5 mg/L; y para establecer un valor guía del fluoruro se considera importante tener en cuenta aspectos como el clima, la cantidad de agua a consumir, y el aporte por otras fuentes; aun así, la OMS estableció en 1984 un valor permisible de 1.5 mg/L (Jiménez, 2001).

7.3.3 Parámetros microbiológicos

De acuerdo a Jiménez (2001), la evaluación de la calidad biológica del agua consiste en determinar indicadores bacteriológicos y no de organismos patógenos como tal. Siendo así, los grupos de bacterias indicadoras son los coliformes totales y coliformes fecales. El indicador ideal es el que se encuentra presente cuando existen bacterias patógenas de origen fecal y cuyo número está relacionado directamente con el grado de contaminación. Así mismo, el indicador tradicional de la calidad microbiológica del agua son las bacterias del grupo de las coliformes fecales, específicamente *Escherichia Coli*.

7.3.3.1 Coliformes totales

Este grupo por definición son “todas las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gramnegativas, no formadoras de esporas y con forma de bastón que fermenten lactosa con formación de gases antes de 48 horas a 35°C” (Henry & Heinke, 1999). El grupo de coliformes se compone de *Escherichia Coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter Fruendii* y bacterias afines.

En el agua potable no debe existir ningún tipo de coliforme, por ello el total de éstas se emplea como indicio de contaminación fecal. En el caso de corrientes contaminadas, el recuento de coliformes totales se hace empleando la prueba de laboratorio con temperatura alta (44.5 ± 0.5 °C). Estas bacterias se diferencian de los coliformes fecales por su capacidad para crecer a esa temperatura.

7.3.3.2 Coliformes fecales

Generalmente, los coliformes fecales son definidos como todos aquellos bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gram negativos, no esporulados capaces de producir aldehídos a partir de la fermentación de la lactosa con producción de ácido y gas en 24 horas a 45.5°C. Estas bacterias componen normalmente la flora y fauna del intestino humano donde se encuentran en grandes

cantidades, ya que la mayoría no son patógenos. El grupo constituye aproximadamente el 90% de los coliformes totales en las excretas humanas e incluye al género *Escherichia Coli* y algunas cepas de *Klebsiella Pneumoniae* (Jiménez, 2001).

Los coliformes fecales son microorganismos indicadores porque su presencia revela la contaminación del agua con heces fecales y, por lo tanto, la posible existencia de patógenos. Para realizar pruebas de laboratorio, se seleccionaron estas bacterias debido a que tiene una manipulación menos peligrosa, además de la poca factibilidad de utilizar directamente patógenos por la dificultad de su manejo, tiempo de incubación y por los costos del análisis (Jiménez, 2001). De acuerdo a esto, la presencia de coliformes fecales sugiere la existencia de otras bacterias, virus o protozoarios perjudiciales para el hombre, y existen dos técnicas para determinarlas: filtro de membrada y tubos múltiples. Los resultados de la técnica de filtros de membrana se expresan como unidades formadoras de colonia sobre 100 ml (UFC/100ml); y para el caso de la técnica de tubos múltiples, se informan como número más probable/100 ml (NMP/100ml) (Jiménez, 2001).

Las ventajas de este grupo como indicador son (Jiménez, 2001):

- El 95% de los coliformes fecales resultan positivos en la prueba de temperatura.
- Pueden estar ausentes si la contaminación no es de origen fecal.
- Sobreviven menos tiempo que los coliformes totales, por lo que, si se encuentran en concentraciones altas, hace suponer contaminación reciente.
- Propuesta de diseño de una planta de potabilización.
- Los procedimientos de laboratorio para su cuantificación son relativamente sencillos.

Sin embargo, no se debe excluir la posibilidad de seleccionar otro grupo de bacterias indicadoras en un cuerpo de agua en particular.

7.3.4 Procesos y operaciones unitarias de potabilización

Las operaciones y procesos unitarios de potabilización se pueden clasificar en procesos físicos, químicos y biológicos. Entonces se habla de operación unitaria cuando se hace tratamiento de tipo físico, tales como la sedimentación y la filtración; por su parte, un proceso unitario se constituye por tratamientos químicos y biológicos, ejemplos de estos son la coagulación, la floculación y la desinfección.

La determinación de cuáles operaciones y procesos unitarios se necesitan para el tratamiento de una fuente de abastecimiento, depende directamente de la calidad del agua tanto de la Fuente a tratar como de la calidad que se requiere obtener con el tratamiento. (Reynolds & Richards, 1996)

7.3.4.1 Aireación

Siguiendo a Romero 2006, es una operación unitaria de potabilización mediante el cual el agua y el aire entran en contacto para remover o modificar sustancias orgánicas volátiles (SOV). Entre las funciones más importantes de la delegación está la transferencia de oxígeno al agua para

aumentar el oxígeno disuelto en ella, disminuir concentraciones de dióxido de carbono y de ácido sulfhídrico, oxidar el hierro y el manganeso, entre otras funciones.

Para la purificación del agua se hace mediante la caída de agua o con aireadores manuales de hierro y manganeso. Entre el primer tipo se encuentran los cereales por aspersión, de cascada o estructuras escalonadas aireadores de bandejas múltiples. (Romero, 2006)

7.3.4.2 Mezcla rápida-coagulación

Es una operación unitaria empleada con el objetivo de dispersar de forma instantánea el coagulante en toda la masa de agua que se va a tratar. Esta operación debe ser lo más homogénea posible para desestabilizar todas las partículas presentes en el agua y optimizar así el proceso de coagulación. La eficiencia de este proceso depende de la dosificación del coagulante y de la turbulencia que se genere durante la mezcla rápida, pues esto garantizará una dispersión rápida y uniforme. (Romero, 2006)

La coagulación busca que las partículas suspendidas y coloides del agua se desestabilicen y se aglutinen para formar una rápida sedimentación del floc. Existen una gran variedad de coagulantes que se usan para la potabilización de agua, entre los más usados encuentran las sales trivalentes de aluminio. Sin embargo, en plantas de ablandamiento el coagulante usado es la cal pues produce un floc pesado con propiedades coagulantes del carbono de calcio e hidróxido de magnesio. (Reynolds & Richards, 1996)

En la purificación del agua los coagulantes más utilizados en el sulfato de aluminio, sulfato ferroso, sulfato férrico y cloruro férrico. (Reynolds & Richards, 1996)

7.3.4.3 Floculación

En este proceso unitario se aglomeran las partículas coaguladas en partículas floculantes. Para esto debe suministrarse un movimiento suave de las partículas coaguladas y de esta forma incrementar las colisiones entre ellas, sin llegar a romper los agregados formados. Este proceso se lleva a cabo en un tanque floculador con algún medio de mezcla suave y lenta, por lo que tiene un tiempo de retención relativamente prolongado; esta mezcla suave se puede efectuar mecánicamente usando rotores de paletas, que es la estrategia más usada. Estos tanques pueden ser de flujo horizontal o de flujo vertical, y están divididos por tabiques, baffles o pantallas, los cuales producen un movimiento suave al agua para generar el aglutinamiento de las partículas coaguladas. (Romero, 2006)

7.3.4.4 Sedimentación

La sedimentación es una operación que se desarrolla con el fin de remover las partículas suspendidas mediante la acción de la gravedad, también puede ser llamada como espesamiento o clarificación. La sedimentación se puede dar en estos dos casos, una es la sedimentación simple que se hace antes del tratamiento, es decir una pre-sedimentación y después segmentación de la coagulación y floculación. (Reynolds & Richards, 1996)

La pre-sedimentación se emplea para reducir la carga de sólidos sedimentables de la fuente hídrica de abastecimiento. No obstante, Existen los tanques desarenadores que también pueden cumplir esa función, ya que separan del agua cruda la arena y partículas gruesas en suspensión para evitar la generación de expósitos y las sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. Por su parte, la sedimentación luego de la coagulación y la floculación tiene como objeto la remoción de sólidos sedimentables producidos por el tratamiento químico. (Romero, 2006)

7.3.5 Plantas de potabilización

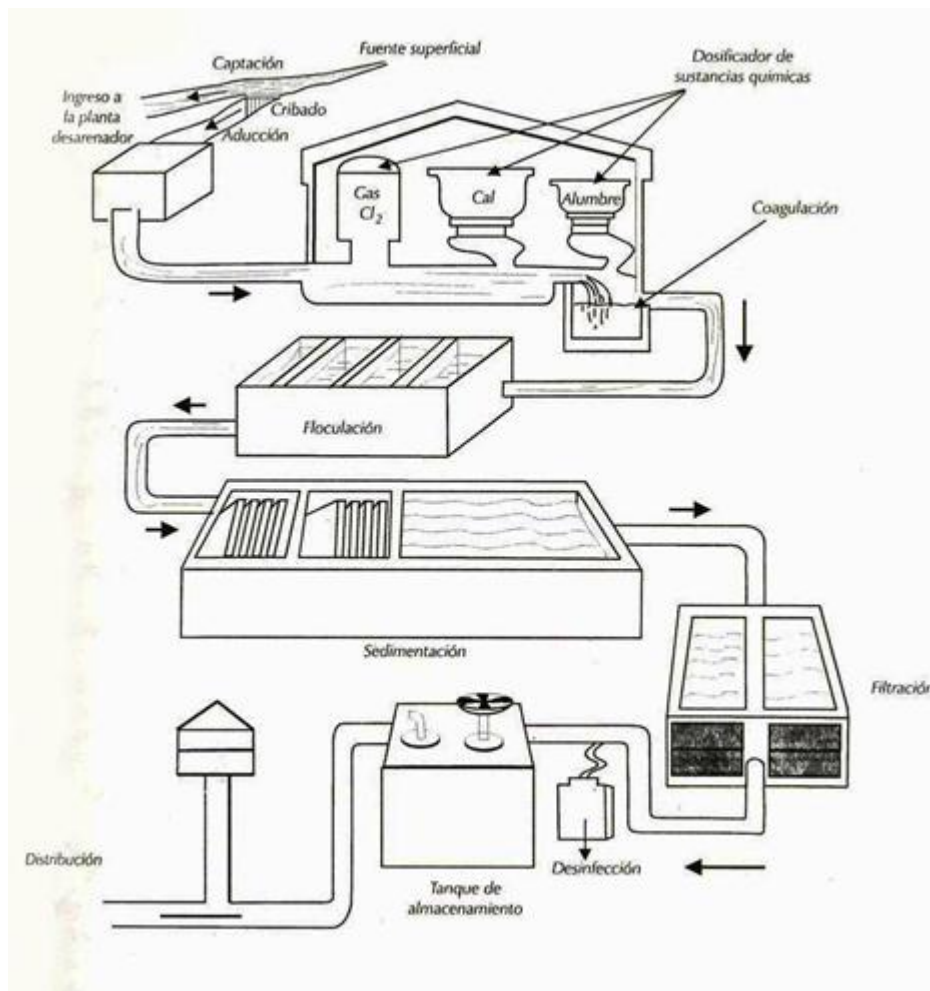
Existen diferentes plantas de Purificación de acuerdo a las características de acuerdo con lo que es agua cruda que se pretende tratar, entre ellas se encuentran las plantas convencionales para remoción de color, turbidez y microorganismos, plantas de ablandamiento, plantas de remoción de hierro y manganeso y plantas de filtración directa. No obstante, el diseño de la planta se hace de acuerdo a las características de la calidad del agua a tratar por lo que cada diseño es independiente. También se propone según la literatura distintas alternativas de tratamiento de acuerdo a las necesidades de la población a la cual se dirige, por ejemplo para poblaciones Rurales de comunidades pequeñas y medianas de los de los planes de desarrollo se presenta una alternativa de tratamiento de bajo costo y fácil mantenimiento de filtración de múltiples etapas, es cual se compone de tres componentes filtro grueso Dinámico, filtración gruesa y filtración lenta de arena, acompañados de un proceso de infección como barrera de seguridad final.

A continuación, se mostrarán las generalidades de los tipos de plantas de potabilización presentadas por Romero (2006) y también se presentan las plantas compactas que son otras alternativas para la purificación del agua y son de interés para el desarrollo del presente proyecto.

7.3.6 Planta convencional

Las plantas convencionales son aquellas que tiene los procesos y operaciones de tratamiento de forma secuencial, y como mínimo de estas se lleva a cabo las etapas de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. En la figura siguiente se muestra el proceso secuencial básico de una planta de potabilización convencional; no puedo arrancar en los casos del uso de bombas de carga baja y de carga alta, estos cumplen con las condiciones de requerimiento pues existen sistemas que pueden funcionar por la acción de la gravedad. (Romero, 2006)

Figura 1. Planta de tratamiento convencional



Fuente: Operación y mantenimiento de plantas de potabilización de agua- SENA, 2012.

7.3.7 Componentes de un sistema de Acueducto Veredal

Se presentan cada uno de los procesos unitarios que se requieren para un sistema de Acueducto Veredal:

7.3.7.1 Microcuenca

Es el área geográfica que debe protegerse ambientalmente para obtener el caudal necesario para abastecer el sistema de acueducto. (ISAGEN, 2010)

7.3.7.2 Captación

Es la obra hidráulica donde se capta el agua necesaria para abastecer el sistema de acueducto. Está comprendida por una presa para almacenar el agua, una rejilla para ingresar el agua a la presa y una caja de derivación que sirve para orientar el agua hacia el desarenador. En el

represamiento del agua se presenta un pretratamiento, dado que en el fondo de la presa queda parte de los lodos y las arenas que trae el agua desde su fuente. Este lugar es conocido también como bocatoma. (ISAGEN, 2010)

7.3.7.3 Aducción

Es la tubería que conduce el agua desde la captación hasta el tanque de almacenamiento, punto a partir del cual esta tubería toma el nombre de conducción. (ISAGEN, 2010)

7.3.7.4 Desarenador

Como su nombre lo indica es un tanque que sirve para acaparar la arena que naturalmente contiene el agua que viene de la fuente. (ISAGEN, 2010)

7.3.7.5 Conducción

Es comúnmente llamada tubería madre o principal, que se encarga de llevar el agua tratada, ya potable, a la red de distribución. (ISAGEN, 2010)

7.3.7.6 Filtración:

Es una operación mediante la cual se separan los sólidos de los líquidos a través de un medio o material poroso con el fin de remover partículas finas en dispersión tanto como sea posible. En los procesos de potabilización, la filtración debe remover la turbiedad para impedir la interferencia de este parámetro físico del agua en el proceso de desinfección, debido a que la presencia de partículas finas en el agua protege a los microorganismos de la acción desinfectante. (Romero, 2006)

Los filtros se pueden clasificar de acuerdo a los tipos de medios o lechos filtrantes que usan, Existen los filtros de un solo medio, Normalmente de arena o antracita triturada, los de doble medio, que combinan los dos anteriores materiales y los de múltiples lechos, que pueden llegar a incluir el granito. Otros medios porosos para los filtros rápidos pueden ser el carbón activado, la cáscara de arroz, la cáscara de coco quemado y molido y el pelo de coco, pero la arena es el más efectivo en el caso de los filtros lentos. (López, Guzmán, 2008)

En algunos casos, esta operación puede ser el único tratamiento cuando las aguas para abastecimiento son muy claras, en otros casos cuando el agua cruda tiene muy alta turbiedad es el proceso final del tratamiento. (López, Guzmán, 2008)

7.3.7.7 Desinfección

Este proceso consiste en la eliminación de los microorganismos patógenos para la salud humana que pueden incluir bacterias, virus, protozoos y parásitos. Normalmente los protozoos y parásitos son resistentes a la desinfección, pero no a otros tratamientos previos como la

coagulación, floculación y la sedimentación dónde son removidas y dichos procesos de operaciones funcionan adecuadamente.

Un desinfectante es eficaz si a concentraciones bajas, para las cuales no perjudica la salud humana, si es tóxico para los microorganismos presentes en el agua cruda. Además, el desinfectante debe ser persistente en el agua tratada para prevenir que los microorganismos vuelvan a proliferar en el sistema de distribución del agua potable. (Campos, 2000)

Dentro de los métodos para desinfectar el agua para abastecimiento se encuentran la cloración, Qué es el método de desinfección química más común debido a su bajo costo amplia disponibilidad y cuál usa cloro gaseoso o hipocloritos para matar los microorganismos patógenos. También se pueden usar ozono, aunque esté desinfectante no deja residuos duraderos para la desinfección a largo plazo, o cal clorada. Sin embargo, existen también métodos de desinfección física tales como el hervido del agua que busca llevar el agua a altas temperaturas para eliminar los microorganismos patógenos, también la desinfección mediante la exposición del agua radiación de luz ultravioleta, Qué es efectividad disminuyen aguas con alta turbiedad o con contenidos de nitrato sulfato y hierro. (López, Guzmán, 2008)

7.3.7.8 Tanque de Almacenamiento

Es la unidad que alberga el agua ya tratada. Sirve para garantizar el abastecimiento de agua en las horas pico, es decir, cuando la población tiene los mayores consumos. Su función es ofrecer el agua que se necesita durante las veinticuatro horas del día sin interrupciones ni bajas. (ISAGEN, 2010)

7.4 Marco territorial y demográfico

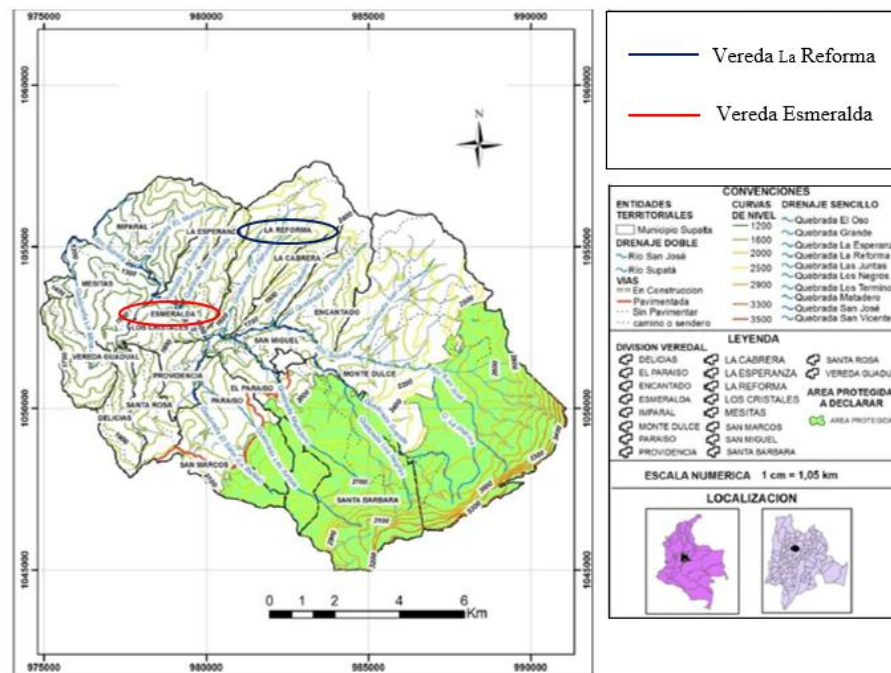
En este marco se presentan todas las generalidades desde el Municipio de Supatá y las veredas La Reforma y Esmeralda, donde se puede observar las características generales de aspectos de población, cobertura de suelo, clima, hidrografía y relieve.

7.4.1 Generalidades del municipio de Supata.

El Municipio de Supatá se encuentra ubicado en el centro del Departamento de Cundinamarca y al Noroccidente de la Sabana de Bogotá, pertenece a la provincia del Gualivá y dista a 76 Kilómetros por vía del Distrito Capital. Limita con los municipios de Pacho, Vergara, Subachoque, La Vega y San Francisco, tiene una extensión total de 127.7 Km², una altitud entre 1.400 a 1.780 msnm y una temperatura media de 18 °C. (Alcaldía de Supata, 2016)

Las veredas de La Reforma y Esmeralda tienen un área territorial de 8.467 Km² y 3.683 Km² respectivamente ocupando un 9,8% del área total del municipio de Supatá, se encuentran en la parte noroccidental de la cabecera municipal y cuentan con una población total de 405 personas (Alcaldía Supata, 2016)

Figura 2. Mapa Municipio de Supatá



Fuente: (Tobón Martínez, 2017)

7.4.2 Población

El municipio de Supatá cuenta con una población de 5.036 habitantes, con una distribución de 1.546 personas que se encuentran en la cabecera municipal y 3.481 que están ubicados en la zona rural del municipio según las proyecciones hechas por el DANE para el año 2018. (DANE, 2018)

7.4.3 Cobertura de Uso del Suelo

El 99% del área municipal se cubre con cultivos, pastos, bosques, agua y rastrojo. Tan solo el 0,30% del área tiene uso urbano. Aproximadamente existen 128.600 m² en construcción. La vivienda tiene la mayor participación. Entre los cultivos de mayor importancia está el café, el pasto, la caña de azúcar, plátano y yuca. Se entiende como área en conflicto una determinada zona en la que según sus características biofísicas no corresponden al uso que se está dando en el momento, teniendo como consecuencia la destrucción o afectación irreversible del área. (Alcaldía Supatá, 2016)

7.4.4 Clima

Según la Alcaldía Supatá, 2016, un factor modificante del clima es la altura sobre el nivel del mar, principalmente sobre la temperatura del ambiente, motivo por el cual se ha clasificado por pisos térmicos de la siguiente manera:

- **Piso térmico cálido:** Con temperaturas de 28 °C en promedio, y alturas menores a 1.100 m.s.n.m.
- **Piso térmico templado:** Con temperaturas promedio de 18 °C - 24 °C, y alturas entre 1.100 y 2.000 m.s.n.m.
- **Piso térmico frío:** Con temperaturas promedio de 12 °C-17 °C y alturas entre 2.000 y 3.000 m.s.n.m.

7.4.5 Hidrografía

La hidrografía del municipio se presenta de acuerdo con la disposición del relieve, que ha dado lugar a la formación de numerosos arroyos y quebradas que desembocan en el río Supatá y forman parte de la cuenca del río negro, y esta a su vez forma parte de la gran cuenca del río Magdalena.

La subcuenca del río Supatá nace en los pies de la cuchilla del Tablazo en la vereda de Montedulce, aproximadamente a 2.850 m.s.n.m., es la mayor fuente hidrográfica del municipio y lo atraviesa de suroeste a noreste, siendo alimentado por 15 microcuencas que se describen a continuación:

- Lado Izquierdo:

1. Microcuenca de la quebrada de San José
2. Microcuenca de la quebrada de El Encantado
3. Microcuenca de la quebrada de La Cabrera
4. Microcuenca de la quebrada de La Reforma
5. Microcuenca de la quebrada de La Esperanza
6. Microcuenca de la quebrada del Muerto
7. Microcuenca de la quebrada del Grande

- Lado Derecho:

8. Microcuenca de la quebrada El Vejerón.
9. Microcuenca de la quebrada Oso
10. Microcuenca de la quebrada de Los Negros
11. Microcuenca de la quebrada del Horno
12. Microcuenca de la quebrada de Las Juntas
13. Microcuenca de la quebrada La Batea
14. Microcuenca de la quebrada de Catusuca
15. Microcuenca de la quebrada de Las Minas

También aparecen varias lagunas, de las cuales el mayor espejo de agua es la laguna de Hispania, ubicada en la Hacienda de este mismo nombre localizada en la vereda de Montedulce a 2.800 m.s.n.m. (Alcaldía Supatá, 2016)

7.4.6 *Relieve*

La geomorfología del municipio es el resultado de procesos evolutivos derivados de las características intrínsecas de las formaciones geológicas, de las condiciones topográficas imperantes y de los aspectos climáticos, sin desconocer los elementos externos. La abrupta topografía de la cuchilla del Tablazo ha derivado procesos geomorfológicos de coluvios, caracterizados por la presencia de grandes cantidades de piedra de diferentes tamaños, tanto en la falda como en el pie de este levantamiento orográfico.

La alta precipitación pluvial sumada a las fuertes pendientes, es responsable de la formación de aluviones. Aluviones con orientación oriente occidente y el depósito de gran cantidad de material pétreo, clasificado por tamaño según la distancia recorrida. (Alcaldía Supatá, 2016)

7.5 *Marco Institucional*

A continuación, se muestra una tabla con la descripción del marco institucional empezando por el nivel nacional, pasando por el regional y concluyendo con el local, mencionando cada uno de los entes involucrados y su función en lo que involucra temas desarrollados en este proyecto:

Tabla 1. Marco Institucional

Nivel	Entidad y/o Institución	Función
Nacional	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Establece las normas y regulaciones pertinentes para controlar la contaminación hídrica.
		Da instrucciones de cómo se debe realizar, manejar y controlar los sistemas de abastecimiento de agua potable.
	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico	Prepara proyectos de Ley, decretos y normas de calidad del servicio de acueducto.
		Fija tarifas e indicadores de gestión.
Departamental y/o Regional	Gobernación de Cundinamarca	Planificación, asistencia financiera, técnica y administrativa al municipio y empresas prestadoras.
	Corporación Autónoma Regional	Otorga concesiones, permisos, autorizaciones y licencias ambientales de proyectos de manejo y tratamiento de agua potable

		Evaluación control y seguimiento
		Evaluación y fomento a proyectos de manejo y tratamiento de agua potable
	Alcaldía Municipal	Invierte recursos de transferencias recibe gobierno en proyectos de saneamiento básico
	Junta de Acueducto Veredal	Encargada de la recuperación, conservación y protección de los recursos naturales de las microcuencas abastecedoras y áreas de servicio del sistema de abastecimiento de agua

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010)

7.6 Marco Legal

En la siguiente tabla se presenta el marco normativo en donde se describió cada una de las leyes y normas que se tuvieron en cuenta para la realización del proyecto:

Tabla 2. Marco Normativo

Norma	Título	Aplicabilidad
Decreto Ley 2811 de 1974 expedido por Presidencia de la República de Colombia	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente	Artículo 119. Tiene por objeto promover, fomentar, encauzar y hacer obligatorio el estudio, construcción y funcionamiento de obras hidráulicas para cualquiera de los usos de los recursos hídricos y para su defensa y conservación. Artículo 121. Las obras de captación de aguas públicas o privadas deberán estar provistas de aparatos y demás elementos que permitan conocer y medir la cantidad de agua derivada y consumida, en cualquier momento.
Ley 9 de 1979 del Congreso de Colombia	Código Sanitario Nacional	Título II: suministro de agua. Este título tiene como objeto eliminar y evitar la contaminación de agua mediante regulaciones en todas las fases desde la fuente de la cual se toma el agua hasta su disposición final.

Ley 99 de 1993 del Congreso de Colombia	Se crea el Ministerio del Ministerio de Ambiente y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.	Artículo 45-Parágrafo 2. Se entiende por saneamiento básico y mejoramiento ambiental la ejecución de obras de acueductos urbanos y rurales, alcantarillados, tratamientos de aguas y manejo y disposición de desechos líquidos y sólidos.
Decreto 1575 de 2007 del Ministerio de Protección Social	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.	Artículo 13. Índice de Riesgo Municipal por Abastecimiento de Agua para Consumo Humano. Es la ponderación de los factores de: 1. Tratamiento y continuidad del servicio de los sistemas de acueducto, y 2. Distribución del agua en el área de jurisdicción del municipio correspondiente, que pueden afectar indirectamente la calidad del agua para consumo humano y, por ende, la salud humana.
Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Se adopta el Reglamento Técnico para el sector de agua potable y Saneamiento Básico-RAS”.	ARTÍCULO 1. Adoptar el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS, para el desarrollo de sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico.
Acuerdo 20 del 15 de septiembre de 2015	Se ajusta el esquema de ordenamiento territorial del municipio de Supatá, Cundinamarca, de conformidad con la concertación CAR	ARTICULO 60. PLAN DEL SERVICIO PUBLICO DE ACUEDUCTO. El ente prestador del servicio de agua potable deberá garantizar la calidad en la prestación del servicio público y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios y demás habitantes del municipio.
Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.	Capítulo II: características físicas y químicas del agua para consumo humano. Capítulo III: características microbiológicas Capítulo IV: instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano

Fuente: (Autores, 2019)

8 Marco Metodológico

8.1 Desarrollo Metodológico

El enfoque metodológico para la formulación de los lineamientos socioambientales se define como mixto, puesto que se van a recopilar datos e información directamente con la comunidad y en la zona de estudio para poder dar cumplimiento de los objetivos propuestos.

Este proyecto tiene como enfoque el cuantitativo ya que se hizo una caracterización del agua en el área de estudio utilizando procedimientos estandarizados que llevan a interpretar los resultados y así dar una explicación de cómo estos encajan en el conocimiento del proyecto (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Batista Lucio, 2010).

Por otra parte se tiene un enfoque cualitativo debido que se realiza una recolección y análisis de datos de algunos referentes teóricos consultados como también llevando un trabajo en conjunto con la comunidad en la que se pudo evidenciar argumentos nuevos que se puedan fundamentar en dichas teorías consultadas previamente (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Batista Lucio, 2010), de esta manera; se presupone un diagnóstico de la situación socioambiental de los usuarios que sirven de referente para identificar la problemática con las cuales se dará desarrollo a los objetivos de este proyecto.

Por otra parte, el alcance del proyecto dependerá de la estrategia de investigación, los procedimientos y otros componentes del proceso siendo distintos en estudio con alcance exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo.

Para este proyecto que contiene los Lineamientos Socioambientales se definió un alcance descriptivo - exploratorio ya que, al tener información detallada del problema, se plantearon unos objetivos que permitieron dinamizar el estudio contemplando la recolección de datos, visita en campo, ingeniería conceptual y de prediseño como elementos básicos para solucionar el problema de los usuarios de las veredas La Reforma y Esmeralda.

8.2 Matriz Metodológica

En la tabla 3 se presenta la descripción de las actividades, técnicas e instrumentos que se utilizaron para el desarrollo de cada uno de los objetivos:

Tabla 3. Metodología de Investigación

Metodología de Investigación					
<i>Objetivo General</i>	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>Actividades</i>	<i>Técnicas</i>	<i>Instrumentos</i>	<i>Resultados</i>

Formular los lineamientos socio ambientales para la optimización del acueducto de las veredas “La Reforma y Esmeralda” en el municipio de Supatá Cundinamarca	Realizar un diagnóstico socioambiental del Acueducto Veredal	Visita técnica a la zona de estudio	Trabajo de campo	Bitácora de campo	-Identificación del cuerpo de agua que abastece a la comunidad - Identificación los procesos unitarios que componen el acueducto Veredal
		Selección de los parámetros de muestreo y de cantidad de puntos de recolección de muestras de agua	- Observación de las características de los procesos unitarios -Toma de muestra con la técnica simple y análisis de laboratorio	-Registro fotográfico -Documentos digitales y físicos -Aplicación de celular “Brújula”	- Toma muestra de agua y registro fotográfico - Análisis de las muestras en el laboratorio
		Identificación de la población y de componentes socioambientales	Revisión y recolección de las características generales de la zona de estudio	-Documentos digitales y físicos	Procesamiento estadístico en Excel y análisis de las encuestas
		Estructuración y aplicación de encuestas	- Identificación de temáticas para diseñar las encuestas -Encuesta personal usuarios acueducto Veredal	-Revisión bibliográfica -Encuestas -Recopilación de toda información tomada en campo -RAS 2017 -Decreto 1575 de 2007	

	Identificar los procesos unitarios requeridos para la optimización del acueducto de las veredas de La Reforma y Esmeralda	Identificación modelos o herramientas	-Análisis documental -Revisión bibliográfica	-Documentos bibliográficos -Matriz DOFA	-Selección de modelos o herramientas
		Aplicación de los modelos o herramienta de evaluación	Análisis conceptual	Registro documental escrito	Análisis de los modelos o herramientas aplicados
	Definir los lineamientos socioambientales que se deben aplicar para cada uno de los procesos unitarios	Análisis normatividad técnica	Consulta a la normativa	RAS 2017	- Especificaciones técnicas por proceso unitario a optimizar -Aplicación de ecuaciones
		Definición de elementos legales	Requerimientos técnicos y legales establecidos por la normatividad colombiana	Decreto 15175 de 2007	-Cumplimiento de requisitos legales -Realizar el diseño de los procesos unitarios necesarios para la optimización
		Análisis de aspecto socioambientales	Análisis de resultados de los dos primeros objetivos	-Base de datos Universidad El Bosque y Alcaldía de Supatá	Propuesta para el cuidado y mantenimiento del acueducto

Fuente:(Autores, 2019)

En las fuentes utilizadas para el desarrollo de este trabajo se manejó información primaria la cual se pudo obtener por medio de una visita de campo a las veredas La Reforma y Esmeralda con el fin de obtener el diagnóstico socioambiental. Para ello se realizaron encuestas a los usuarios que se hacen parte de la Junta Veredal con el propósito de identificar criterios asociados a la calidad de vida y del agua que están consumiendo.

Por otra parte, se utilizó información secundaria de orden bibliográfico tomada de bases de datos de la Universidad, así como medios tanto virtuales como físicos, en las que se tuvo en cuenta monografías,

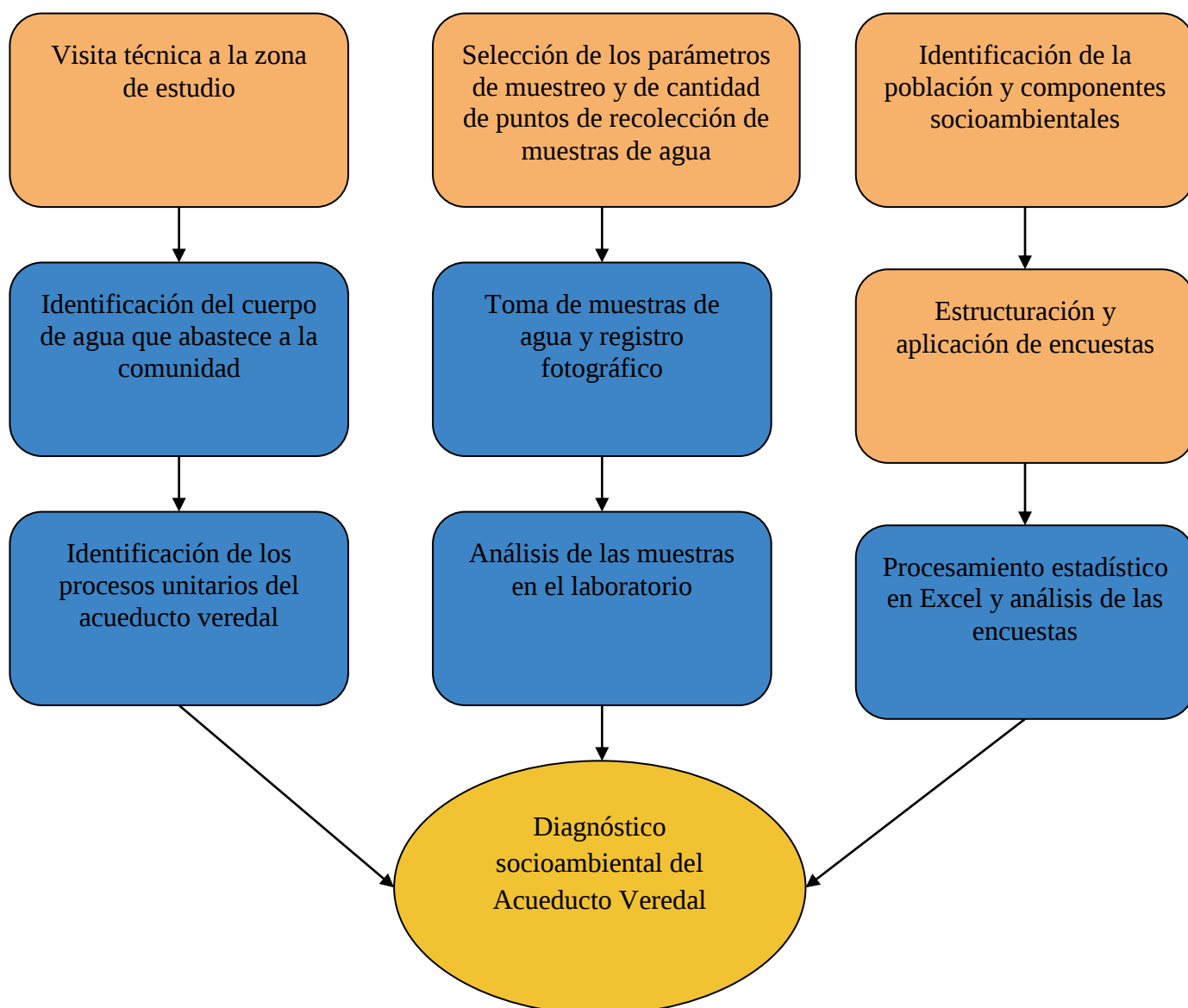
artículos, actas de conferencias y sitios web de instituciones nacionales e internacionales rectoras en el tema.

8.3 Metodología por Objetivos Específicos

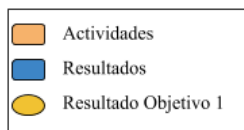
Se presenta una descripción detallada paso a paso de la metodología por cada objetivo específico que se plasmó para de esta manera lograr los resultados de este trabajo.

8.3.1 Objetivo específico 1. Realizar un diagnóstico socioambiental del Acueducto Veredal

Figura 3. Metodología Objetivo Especifico 1



Fuente: Autores



Con esta metodología se dio desarrollo al diagnóstico socioambiental del Acueducto de las veredas La Reforma y Esmeralda que previamente se estudió por medio de documentos digitales para conocer las generalidades tales como cobertura de uso del suelo, clima, hidrografía y relieve; después de identificar las problemáticas a las que se enfrenta esta comunidad se dio desarrollo a metodología con una visita técnica el día 22 de marzo de 2019 en las horas de la mañana de 8:00 am - 1:00 pm identificando los procesos unitarios del acueducto, el cuerpo de agua que abastece a esta comunidad y la infraestructura del acueducto, adicionalmente se hizo observación de los aspectos sociales y ambientales no solo del área de estudio sino de la población que allí habita como un determinante más para el análisis de la calidad de vida.

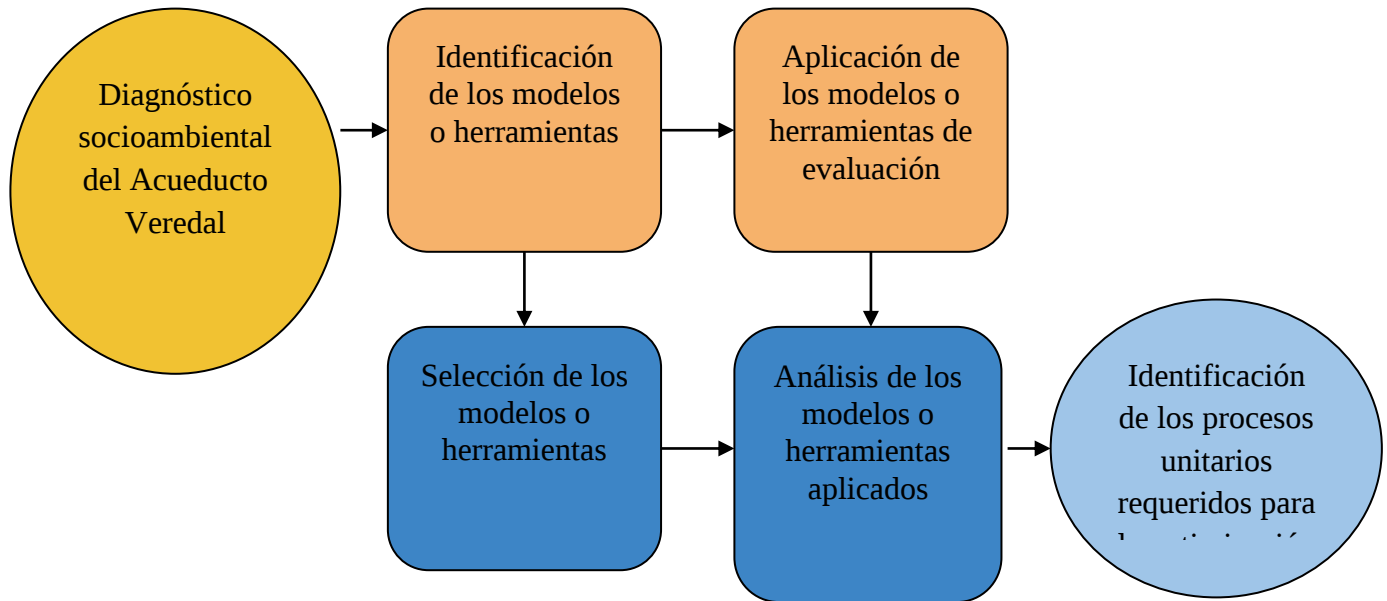
Comenzó la visita técnica teniendo contacto previo con el fontanero del Acueducto Veredal Sr. Gonzalo Espinosa quien brindó la información de la historia de la conformación del acueducto en 1992 hasta la fecha. Se inició el recorrido desde La Quebrada San Facundo donde se tomaron registros fotográficos hasta alcanzar el punto de la bocatoma donde se tomó la primera muestra de agua simple en un volumen de 1.5 Litros. En la medida que se avanzaba en el recorrido y se identificaban viviendas, se procedía con la anuencia del usuario a aplicar la encuesta. Estas actividades se repitieron hasta llegar al punto de distribución del agua del Acueducto Veredal.

Para el diseño de la encuesta se tuvo en cuenta la población en función del área, los determinantes sociales, ambientales y económicos, como también la calidad del agua, la infraestructura, calidad de servicio y las actividades que tienen la Junta Veredal como lo es la rendición de cuentas.

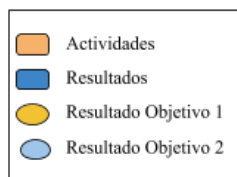
Luego se desarrolló la toma de muestras de agua donde se tuvo en cuenta el “Manual de Instrucciones para la Toma, Preservación y Transporte de Muestras de Agua de Consumo Humano para Análisis de Laboratorio” del 2011 del Instituto Nacional de Salud, en el que se definió el tamaño de la muestra, número de muestras, parámetros de analizar, el procedimiento operativo el cual fue simple y manual, para luego su almacenamiento y transporte. Las muestras fueron preservadas como lo exige la norma y entregadas al laboratorio HidroLab, firma que hizo el análisis de los parámetros. Obtenidos los resultados de las muestras de agua, encuestas y registro fotográfico se dio desarrollo a este primer objetivo específico.

8.3.2 Objetivo específico 2. Determinar los procesos unitarios requeridos para la optimización del acueducto de las veredas de La Reforma y Esmeralda

Figura 4. Metodología Objetivo específico 2



Fuente: (Autores, 2019)



Para el segundo objetivo se tuvo en cuenta la metodología de la figura anterior, comenzando con el diagnóstico socioambiental del Acueducto Veredal dando una base para realizar una identificación de modelos y herramientas que fueran aplicables a este proyecto, como la matriz DOFA, la cual es una herramienta que ayudó a diagnosticar y analizar Debilidades, Fortalezas, Oportunidades y Amenazas, identificando los factores sociales y ambientales, resultando estrategias y acciones, de esta manera permitió la identificación de los procesos unitarios requeridos para la optimización del sistema de acueducto veredal.

El desarrollo de esta herramienta se basó en dos etapas: en primera parte se lista los factores en cada componente de la matriz, para la priorización de estas, luego realizar una lluvia de ideas y finalmente una decantación y priorización de los factores más relevantes o significantes para el Acueducto Veredal (Universidad Nacional de Colombia, 2012).

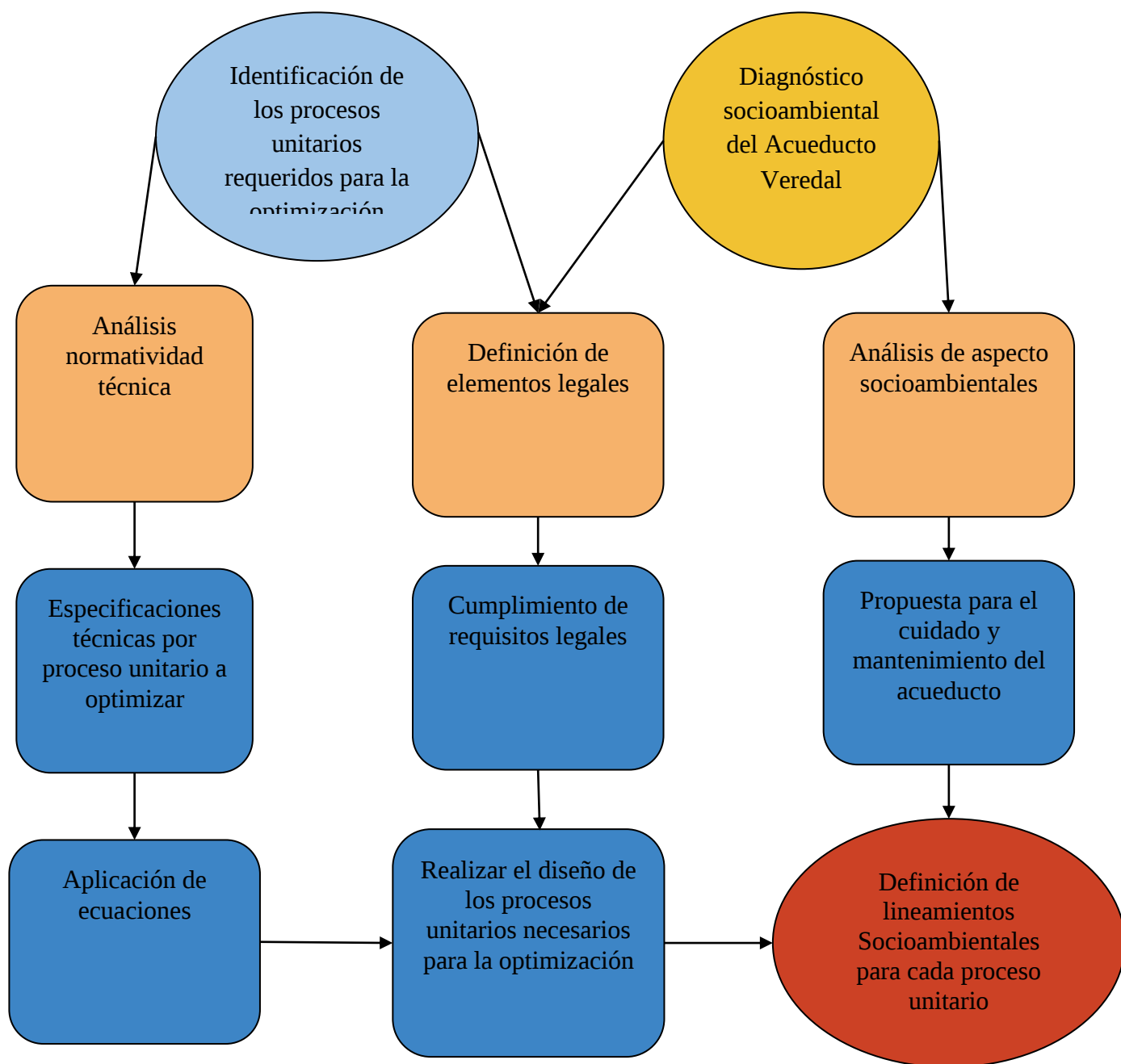
En el segundo paso se presentó la generación de las estrategias y acciones con base en el enfrentamiento por pares de los factores:

- Estrategias y Acciones FO: Conducentes al uso y potencialización de las fortalezas internas de una organización con el objeto de aprovechar las oportunidades externas.

- Estrategias y Acciones DO: Dirigidas a mejorar cada una de las debilidades utilizando las oportunidades identificadas.
- Estrategias y Acciones DA: Conducentes a minimizar los peligros potenciales en el sector donde nuestras debilidades se encuentran con las amenazas.
- Estrategias y Acciones FA: Dirigidas a Estrategias para prevenir el impacto de las amenazas identificadas utilizando las fortalezas existentes en la organización.

8.3.3 *Objetivo específico 3. Definir los lineamientos socioambientales que se deben aplicar para cada uno de los procesos unitarios*

Figura 5. Metodología Objetivo específico 3



Fuente: (Autores, 2019)



La metodología del tercer objetivo se muestra en la figura 5, con la que se llevó a cabo la definición de los lineamientos socioambientales a aplicar para cada uno de los procesos unitarios para la

optimización del acueducto veredal; Con base en el resultado de los dos primeros objetivos, se establecieron definiciones legales por la normatividad colombiana para cada uno de los procesos unitarios con el fin de que el acueducto veredal las cumpla y así obtener los requisitos legales para representar ante la autoridad ambiental la solicitud de concesión de aguas. Para la parte técnica se tuvo en cuenta la Resolución 0330 Reglamento del sector de agua potable y saneamiento básico - RAS 2017, estableciendo las especificaciones técnicas que deben cumplir cada uno de los procesos unitarios del sistema de acueducto a optimizar, también se aplicaron ecuaciones de cálculo para el prediseño de los procesos que no se encuentran en el sistema de potabilización actual.

Para el aspecto socioambiental se tuvo en cuenta en diagnóstico inicial del primer objetivo y la visita técnica que se realizó donde se propuso el cuidado y mantenimiento de cada uno de los procesos unitarios. Todo lo anterior se hizo con el fin de realizar los lineamientos socioambientales por proceso unitario que falta en este momento en el acueducto de las veredas de La Reforma y Esmeralda para realizar la posterior optimización del sistema y así poder garantizar agua de calidad y mejorar la calidad de vida de las personas presentes en el área de estudio.

A continuación, se tienen en cuenta las ecuaciones necesarias para conocer el agua que se será tratar para el consumo humano, estos corresponden a: proyección, dotaciones de agua y el prediseño del desarenador. con las que se llevaran a cabo los lineamientos socio ambientales para las veredas.

- Proyección de población

Para lograr dar desarrollo a los lineamientos del acueducto de las Veredas La Reforma y Esmeralda se tuvo en cuenta el Método Geométrico que se establece en la Resolución 0330 Reglamento del sector de agua potable y saneamiento básico que para este caso es una población de complejidad baja representada en el número de habitantes que en este caso son 384 personas representadas en 96 usuarios también este nivel de complejidad se ve representado en las actividades económicas en donde esa parte de la región se dedica a la ganadería y la caficultura; otro de los aspectos correspondientes es el social ya que esa zona no cuenta con buena infraestructura vial y no tiene cubiertas en su totalidad los servicios como lo son el agua potable, servicio de alcantarillado; teniendo en cuenta esto se presenta el método geométrico basado en las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1. Método geométrico para proyección de población

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

Donde:

r = Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

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

Puc = Población correspondiente al último año proyectado.

Tuc = Año correspondiente al último año proyectado.

Tf = Año al cual se quiere proyectar la información.

Para la tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 2. Tasa de crecimiento anual

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\left(\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}} \right)} - 1$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

P_{uc} = Población correspondiente al último año proyectado.

P_{ci} = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

T_{uc} = Año correspondiente al último año proyectado.

T_{ci} = Año correspondiente al censo inicial con información.

- Caudal de diseño

Para los caudales de diseño de cada uno de los procesos unitarios del sistema de acueducto, es dependiendo de las variaciones diarias y horarias que se puedan presenten, se establecen en la siguiente tabla:

Tabla 4. Caudales de Diseño

COMPONENTE	CAUDAL DE DISEÑO
Captación fuente superficial	Hasta 2 veces QMD
Captación fuente subterránea	QMD
Desarenador	QMD
Aducción	QMD
Conducción	QMD
Tanque	QMD
Red de Distribución	QMD

Fuente: (RAS, 2017)

- Dotación neta

Esta se determina haciendo uso de la información histórica de los consumos de agua potable de los usuarios, disponible por parte de la persona prestadora de servicio en este caso la Junta del Acueducto Veredal, los datos tienen que ser consistentes. En todos los casos, se deberán utilizar un valor de dotación que no supere los máximos establecidos en la siguiente Tabla:

Tabla 5. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida

Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida	Dotación neta máxima (L/hab*día)
>2000 m.s.n.m	120
1000 - 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente: (RAS, 2017)

- Cálculo de dotación bruta

La ecuación 3 se llevará a cabo para el diseño de cada uno de los procesos unitarios que conforman el sistema de acueducto veredal que se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 3. Cálculo de dotación bruta

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

Dónde:

d_{bruta} = Dotación bruta

d_{neta} = Dotación neta

%p = Pérdidas máximas admisibles El porcentaje de pérdidas máximas admisibles no deberá superar el 25%

- Cálculo de demanda

Para darle desarrollo a la proyección de la demanda de agua, en las veredas La Reforma y Esmeralda, la persona prestadora de servicio en este caso la Junta de Acueducto Veredal debe contar con datos de demanda de los últimos 10 años con una frecuencia bimestral, ya que con esta información se debe hacer un análisis estadístico detallado con el fin de encontrar la curva que mejor ajuste de crecimiento de la demanda de agua en ese periodo (RAS, 2017)

- Caudal medio diario

Es el caudal calculado para la población de las veredas teniendo en cuenta la dotación bruta asignada, corresponde al promedio de los consumos diarios de caudal en un periodo de un año, se calcula teniendo en cuenta la siguiente ecuación (RAS, 2017):

Ecuación 4. Calculo caudal medio diario

$$Q_{md} = N^{\circ} \text{ habitantes} * d. \text{ bruta}$$

Dónde:

Q_{md} = Caudal medio diario

d_{bruta} = Dotación bruta, dada en Litros/hab*día. En esta ecuación 86.400 representa el número de segundos en el día.

- Caudal máximo diario

Este caudal máximo diario QMD hace referencia al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un periodo de un año. Se calcula con la siguiente ecuación

Ecuación 5. Calculo de caudal máximo diario

$$QMD = Q_{md} * k_1$$

Dónde:

QMD = Caudal máximo diario

Q_{md} = Caudal medio diario

k_1 = Coeficiente de consumo máximo diario

El coeficiente de consumo máximo diario k_1 , se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los datos registrados en un periodo mínimo de un año. El valor de coeficiente de consumo máximo diario k_1 será 1,30 (RAS, 2017)

- Prediseño del desarenador

Ecuación 6. Calculo área del desarenador

$$A = \frac{Q}{q}$$

Dónde:

A = Área desarenador
 Q = Caudal de diseño
 q = Carga o caudal unitario

Para el cálculo de la velocidad de agua se manejó un criterio de diseño de Arturo L.(1990) en el que $V_a/V_0=4$ en el que se despeja la velocidad del agua (V_a), con esto tener una remoción del 80 % en el desarenador, la ecuación queda de la siguiente manera:

Ecuación 7.Cálculo de velocidad del agua

$$V_s = 4V_0$$

Dónde:
 V_a = Velocidad del agua dentro del desarenador
 V_0 = Velocidad inicial

Según el criterio de diseño de Arturo L (1990), $V_h/V_0 = 15$, de esta ecuación se despeja V_h para obtener la siguiente ecuación:

Ecuación 8.Cálculo velocidad horizontal del agua

$$V_h = 15 \cdot V_0$$

Dónde:
 V_h = Velocidad horizontal
 V_0 = Velocidad inicial

Para el tiempo de sedimentación según Arturo L., (1990) es:

Ecuación 9. Cálculo tiempo de sedimentación

$$t_o = L/V_h$$

Dónde:
 t_o = Tiempo de sedimentación
 L = Longitud del desarenador
 V_h = Velocidad horizontal

Para hallar la profundidad del desarenador siendo h o según Arturo L., (1990) se calcula:

Ecuación 10. Cálculo profundidad del desarenador

$$h_o = V_0 \cdot t_o$$

Dónde:

h_o = Profundidad del desarenador

V_o = Velocidad inicial

t_o = Tiempo de sedimentación

Para calcular el volumen del sedimentador según Arturo L., (1990) se calcula mediante la ecuación:

Ecuación 11. Cálculo volumen del sedimentador

$$Vols = B * L * h_o$$

Dónde:

$Vols$ = Volumen del sedimentador

B = Ancho del desarenador

L = Longitud del desarenador

h_o = Profundidad del desarenador

Para comprobar el tiempo de sedimentación (t_o) Arturo L., (1990) sugiere la siguiente ecuación:

Ecuación 12. Cálculo comprobación del tiempo de sedimentación

$$t_o = Vols / Q$$

Dónde:

t_o = Tiempo de sedimentación

$Vols$ = Volumen del sedimentador

Q = Caudal de diseño

Para hallar la velocidad de sedimentación de la partícula (V_{sp}) se toma en cuenta que el material a retirar son arenas de diferentes tamaños, se toman partículas más finas con un diámetro mínimo de 0,05 mm (Tamayo et al., 2014); el peso específico de la partícula 2,65 g/cm^3 (Arturo L., 1990), la temperatura media del agua tomada en campo fue 17,3° C por esto el peso específico del agua es 1,00 g/cm^3 y la viscosidad cinemática es 1,0618 x 10⁻² cm²/s.

Ecuación 13. Cálculo velocidad de sedimentación de la partícula

$$V_{sp} = \frac{(V_s - r) \times d^2 \times g}{18 \times \mu}$$

Dónde:

V_{sp} = Velocidad de sedimentación

v_s = Densidad de la partícula de arena

r = Densidad del agua

d = Diámetro de la partícula de arena
 g = Aceleración de la gravedad
 μ = Viscosidad cinemática del agua

Para calcular la velocidad de suspensión según Arturo L., (1990) se usa la siguiente ecuación:

Ecuación 14. Cálculo velocidad de suspensión

$$V_k = \sqrt{\frac{8k}{f}} * g * (V_s - 1) * d^2$$

Dónde:

V_k = Velocidad de suspensión
 k = Constante 0.04 adimensional
 f = Constante 0,03 adimensional
 g = Aceleración de la gravedad
 v_s = Densidad de la partícula de arena
 d = Diámetro de la partícula de arena

Para el volumen de lodos, las pendientes según Arturo L., (1990) quedan iguales a:

Ecuación 15. Cálculo pendiente de volumen de lodos

$$a) \frac{0,3}{1/3L} = 9\%$$

$$b) \frac{0,30}{\frac{2}{3L}} = 4,5\%$$

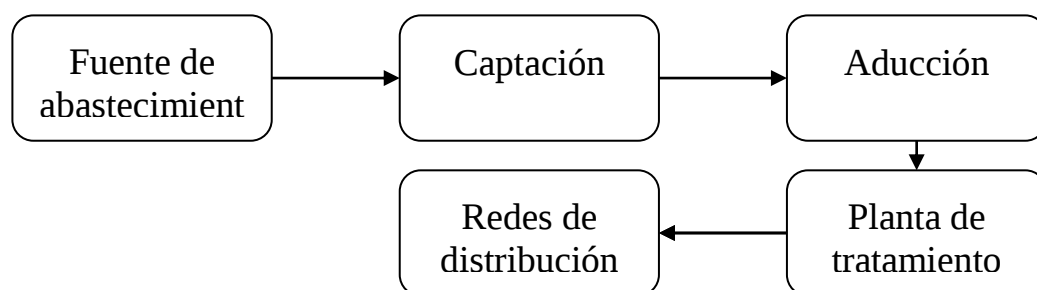
9 Resultados, Análisis y Discusión del Trabajo de Investigación por Objetivos

Para el desarrollo de cada uno de los objetivos en donde se presenta resultados, análisis y discusión.

9.1 Resultado Objetivo Especifico 1. Realizar un diagnóstico socioambiental del Acueducto Veredal

Este ítem se desarrolla en tres partes comenzando por la descripción del sistema, siguiendo con la interpretación de los resultados de laboratorio de las muestras de agua y finalizando con la evaluación de la encuesta:

Figura 6. Descripción del sistema de abastecimiento de agua del acueducto veredal



Fuente: (Autores, 2019)

En la figura 6. se muestra la descripción del sistema de abastecimiento del acueducto para las veredas de La Reforma y Esmeralda, donde se puede observar los diferentes procesos unitarios que lo integra. En la siguiente tabla se refleja la descripción de cada proceso unitario del acueducto acompañado de un registro fotográfico e interpretado con base en la vista técnica con miras a obtener el diagnóstico del sistema.

Tabla 6. Resultados del Diagnóstico del Acueducto Veredal

Proceso Unitario	Descripción-Estado Actual	Fotografía
<i>Fuente de abastecimiento</i>	La fuente abastecedora del sistema de acueducto veredal está localizada a los 2.080 m.s.n.m en la vereda La Reforma. El acueducto no cuenta con concesión de aguas por parte de la Autoridad Ambiental. El nacimiento se evidencia reforestado con especies tales como roble, eucalipto, chirco y lancillo y en su área de influencia se desarrolla la actividad ganadera donde la población y/o propietarios de los predios tienen adaptado bebederos para estos animales de pastoreo y ordeño	 Fuente: (Autores, 2019)

<i>Captación</i>	La captación de agua se realiza a través de una bocatoma transversal construida en concreto y adosada en ella una rejilla en acero. El mantenimiento es manual, actividad que hace semanalmente el fontanero del acueducto retirando los sólidos gruesos. Para efectos de minimizar la degradación de la materia orgánica por contacto de hojas, trozos de madera, etc. en el punto de captación, se instaló una malla (polisombra) entre los árboles y el cuerpo de agua. El flujo de agua desde la bocatoma a los tanques de almacenamiento es a gravedad y en tubería PVC de $\varnothing 2''$, en una longitud de 500 m	 Fuente: (Autores, 2019)
<i>Tanques de almacenamiento</i>	Un tanque de almacenamiento con una capacidad de 87.5 m³ surte a la población. El material de construcción es en concreto reforzado, dispone de una válvula en HF de $\varnothing 2''$ para la limpieza. No dispone de equipos que controlen el nivel de entrada ni salida del agua	 Fuente: (Autores, 2019)

Planta de tratamiento	Esta planta de tratamiento cuenta con sedimentador, floculador filtrador y tanques de desinfección, pero estos procesos no son utilizados por el acueducto.	 Fuente: (Autores, 2019)
Red de distribución	Está compuesta por una tubería principal en PVC $\varnothing 2''$ hasta reducir a $\varnothing 1''$. La longitud de red domiciliaria de las veredas es de 5.250 m. igualmente en PVC y diámetros de $\varnothing 1/2''$.	 Fuente: (Autores, 2019)
- Medidores	Cada vivienda dispone de medidor de agua para efectos de hacer control del agua contabilizada y realizar el cobro por el servicio de suministro de agua	 Fuente: (Autores, 2019)

Fuente: (Autores, 2019)

A partir de lo anteriormente expuesto y soportado en la visita técnica queda claro que no se cuenta con un acueducto veredal dotado con la infraestructura técnica exigida en la reglamentación vigente: RAS-2017, toda vez que adolece de desarenador y una electrobomba que permita el funcionamiento del sistema. En materia de tubería de distribución se precisa que a la fecha se encuentra en mantenimiento y cambio de tramos que han cumplido su vida útil. Se suma a lo anterior, que el acueducto de las veredas La Reforma y Esmeralda no disponen de concesión de agua lo que significa el inadecuado manejo ambiental de la fuente de abasto y la no posibilidad de acceder a recursos económicos y financieros por parte del estado en virtud a dicha ilegalidad. Adicionalmente, el nacimiento de agua al localizarse en un predio privado hace que al dueño se le cobre el impuesto predial con sobrecosto generando una controversia social entre éste, el municipio y los usuarios toda vez que es el propietario quien acarrea con esta erogación de su propio pecunio.

Revisados los documentos disponibles en archivos de la Junta de Usuarios, se observó que la tarifa bimestral es de \$ 10. 000.00 por un consumo de hasta 40 m³ y de superar este volumen, se incrementa en \$500.00 por cada metro adicional, pero no existe un estudio tarifario que soporte el monto que se cobra.

La visita técnica permitió observar afectación por actividades antrópicas sobre la microcuenca abastecedora; la cual parece ser una problemática a nivel nacional, ya que según (Orozco Gómez, 2009) en su trabajo sobre “Lineamientos ambientales para la gestión de los acueductos rurales de Pereira”, argumenta por parte de los poseedores o propietarios de predios abastecedores de agua el desarrollo de actividades productivas en sus inmediaciones sin considerar la importancia de proteger los recursos naturales y las áreas forestales protectoras y por lo tanto; la no realización de prácticas de conservación de las microcuencas abastecedoras. Consecuencia de esta práctica recae directamente sobre la calidad del agua brindada a la comunidad ya que al desarrollarse diferentes actividades sobre el cuerpo de agua o en inmediaciones del mismo se deterioran las características físicoquímicas y organolépticas del agua cruda haciendo la inviable para el consumo humano y en consecuencia incrementando los costos en tratamiento.

Otro punto a tener en cuenta es que la administración del acueducto veredal está conformado por una sola persona denominado fontanero que cumple con realizar las funciones de operación, mantenimiento y toma de registro de medidores que es necesario para el funcionamiento del sistema de acueducto veredal, además de eso esta persona no cuenta con alguna capacitación para la operación técnica de los procesos, por lo tanto, el fontanero hace esas labores mediante sus conocimientos de plomería (Ávila Iglesias & Parada Niño, 2018).

9.1.1 Análisis de muestras de agua y comparación con la normatividad colombiana

Con base en las muestras tomadas durante la visita técnica y en los parámetros escogidos se presentan los resultados del agua recolectada en el área de estudio realizados por el laboratorio HidroLab presentados en los anexos 1,2,3, también se encuentra el método usado en la medición de cada uno de los parámetros, las unidades, el valor máximo permisible establecido por Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Desarrollo Sostenible) con el fin de analizar la calidad de agua que les está llegando a los usuarios del acueducto veredal.

Tabla 7. Resultado Análisis muestras de agua

Datos de la Muestra	
Fecha toma de muestra:	2019-03-22
Hora toma de la muestra	10:00 am
Sitio de muestreo	Quebrada San Facundo, Tanques de almacenamiento, Casa de usuario.

Tipo de muestreo				Simple			
Tipo de muestra				Agua superficial			
Resultados de Laboratorio							
Resultados fisicoquímicos							
Parámetro	Método aplicado	Unidades	Valor máximo aceptable normatividad Res. 2115 de 2008	Resultado Quebrada San Facundo	Resultado Tanques de almacenamiento	Resultado casa de usuario	Límite de cuantificación Decreto 1575 de 2007(LC M)
Alcalinidad	Método Titulo métrico	mg/L CaCO ₃	200	89	72	69	6
Cloruros	Método Argento métrico	mg/L Cl	250	54	29	27	4
Color aparente	Método de comparación visual	UPC	15	27	18	16	5
Conductividad	Método laboratorio	micro siemens/cm	1000	86	68	74	0,1
Dureza total	Método Titulo métrico	mg/L CaCO ₃	300	104	84	82	5
Fosfatos	Método ácido Ascórbico	mg/L PO4-3	< 0,5	0,09	0,09	0,08	0,05
Hierro total	Método Fenantrolina	mg/L Fe	0,3	1,0	0,2	0,2	0,1
Nitratos	Método Espectrofo	mg/L NO ₃	10	2,0	1,3	1,4	1

	tométrico Ultravioleta						
Nitritos	Método Colorimétrico	mg/L NO ₂	0,1	0,09	0,09	0,09	0,07
Olor	Método Organoléptico	Cualitativo	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	N/A
Ph	Método Electrométrico	Unidades de pH	6,5-9,0	6,8	6,8	6,7	0,001
Temperatura	Método de laboratorio	°C	Analizar y reportar	17,3	17,4	17,1	N/A
Turbiedad	Método Nefelométrico	UNT	<2	3,2	1,5	1,4	0,02
Sulfatos	Método Turbidimétrico	mg/L SO ₄ ⁻²	250	54	52	49	10

RESULTADOS

Resultados Microbiológicos

Parámetro	Método aplicado	Unidades	Valor máximo aceptable normatividad	Resultado Quebrada San Facundo	Resultado Tanques de almacenamiento	Resultado casa de usuario	Límite de cuantificación (LCM)
Coliformes totales	Sustrato definido	NMP	Ausencia	698	658	468	1
E-Coli	Sustrato definido	NMP	Ausencia	154	<1	<1	1

Fuente: Reporte de Laboratorio HidroLab, 2019

El agua que está suministrando a los usuarios del acueducto de las veredas La Reforma y Esmeralda se encuentra en estado regular según los análisis realizados por el laboratorio HidroLab, en los resultados fisicoquímicos los parámetros que superaron los límites permisibles establecidos por el Ministerio de la Protección Social a través del Decreto número 1575 de 2008 fueron color aparente, hierro total y turbiedad y para los resultados microbiológicos en donde se evaluaron coliformes totales existiendo presencia significativa en los tres puntos de muestreo; otro ítem a evaluar fue la presencia de *E. Coli* en donde se encontró que presentan una gran cantidad de unidades, esto hace que sea necesario la optimización del sistema de acueducto con el fin de mejorar la calidad del agua y de vida de las personas residentes en ésta zona.

Los coliformes totales presentes en las muestras de agua indican la contaminación bacteriana reciente y constituye un indicador de degradación de los cuerpos de agua, también suele ser indicador de contaminación bacteriana debido a que estos son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal, permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas y se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección. Estas bacterias constituyen aproximadamente el 10% de los microorganismos intestinales de los seres humanos; Los microorganismos que conforman el grupo de los coliformes totales son: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Edwardsiella* y *Citrobacter*. (Arcos, et al, 2005).

Para los datos de *E. Coli* según (Olivas, et al, 2011) estos sirven como guía para determinar la calidad microbiológica de cuerpos de agua superficiales, haciendo referencia al agua de río, cuyo conteo puede indicar reciente contaminación fecal del agua de diferentes fuentes y que, además puede contener otros patógenos. Aunque *E. Coli* no cause enfermedad, su importancia radica en que es un organismo indicador y señala el riesgo de otros organismos peligrosos que pudieran estar presentes en el agua, debido a la contaminación fecal. Estas bacterias del tracto intestinal no suelen sobrevivir en el medio acuático, debido a que están sometidas a un estrés fisiológico y pierden gradualmente la capacidad de producir colonias en medios diferenciales y selectivos. Su velocidad de mortalidad depende de la temperatura del agua, los efectos de la luz solar, las poblaciones de otras bacterias presentes, y la composición química del agua. (Arcos, et al, 2005)

Al tener una presencia alta de estas bacterias en el agua que se abastece a la comunidad se requiere realizar un proceso de desinfección. Además de este tratamiento, se propone realizar sedimentación y filtración, pues es sabido que los coliformes se resguardan en las partículas sólidas presentes en el agua y si se reducen dichas partículas se logra dejar descubiertos los coliformes totales para la etapa de desinfección (Ramos, et al, 2002).

Los parámetros fisicoquímicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca de los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico. (Orozco et al.,2005).

Estos 3 parámetros fisicoquímicos de turbiedad, color aparente y hierro total presentan una relación en cuanto que el color del agua por causas como descomposición de la materia, materia orgánica del suelo, clima (épocas de lluvia) están asociadas a la elevación del parámetro turbidez, por otro lado la

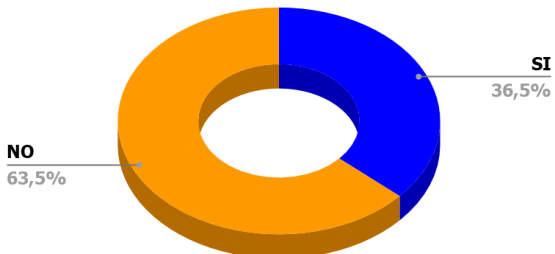
descomposición de la materia orgánica también está asociada a la presencia de hierro cuyo parámetro también excede los límites permisibles establecidos por el Ministerio de la Protección Social a través del Decreto número 1575 de 2007 (Estupiñán Torres & Ávila de Navia, 2010). Debido a lo anterior se determina que los procesos de aireación, coagulación y sedimentación son necesarias en la planta de tratamiento para remover las excedencias de los valores dados en las muestras de laboratorio obtenidas anteriormente.

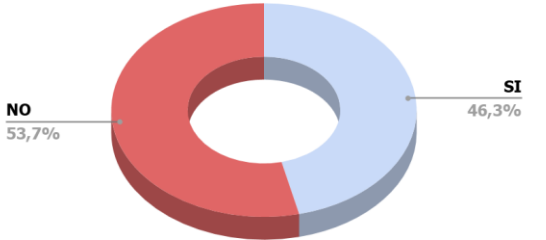
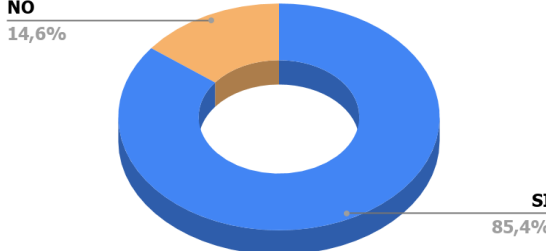
9.1.2 Encuesta diagnóstica para los usuarios de la red de abastecimiento de agua en las veredas La reforma y Esperanza en el municipio de Supatá Cundinamarca.

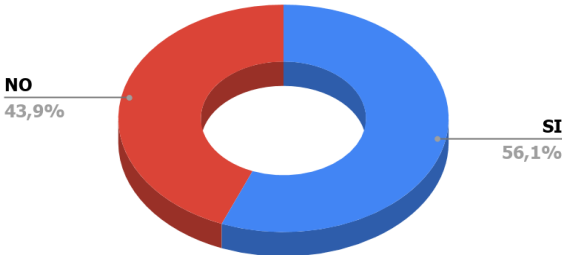
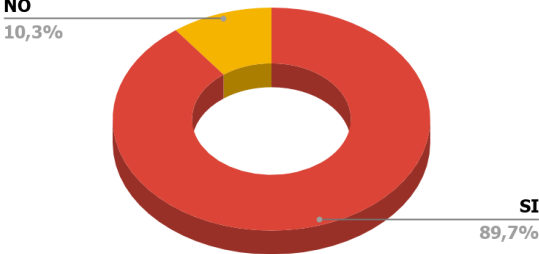
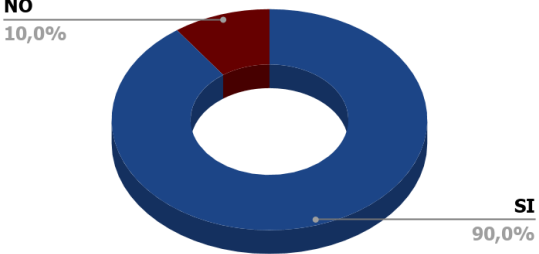
La encuesta se realizó en las dos veredas anteriormente mencionadas y se entrevistaron a los usuarios de esta comunidad para determinar las necesidades que presentan por el suministro de agua sin tratar y también de la relación que estas personas tienen con la Junta de Acueducto Veredal y las entidades estatales en temas de rendición de cuentas y educación ambiental. Estas encuestas fueron diseñadas para que su respuesta fuera cerrada de SI o NO; se presentan en el **anexo 4**.

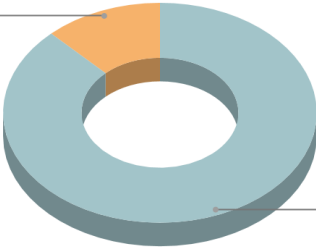
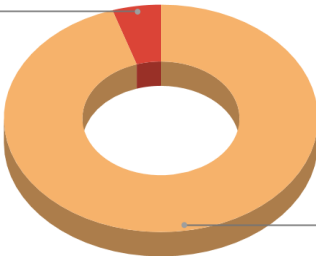
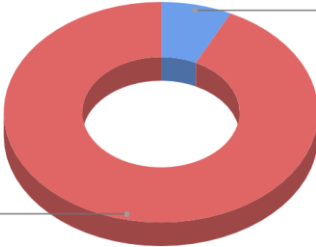
En las gráficas se presenta el análisis de las encuestas que se le realizaron a 41 usuarios de 96 que son en total, pudiendo identificar la inconformidad de los usuarios respecto a la calidad del agua y a la prestación del servicio. Los resultados fueron los siguientes:

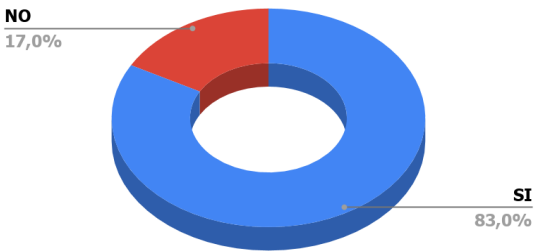
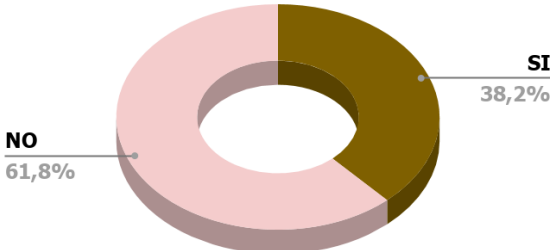
Tabla 8. Resultados de Encuesta

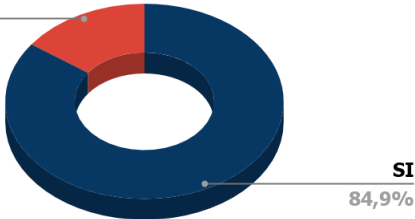
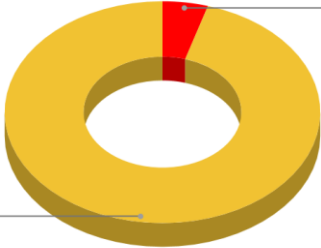
Resultados de la Encuesta		
Pregunta	Resultado	Análisis
Pregunta 1: ¿Cree usted que la calidad de agua que ofrece el sistema de abastecimiento veredal es bueno?	 NO 63,5% SI 36,5%	La mayoría de las personas de esta zona considera que el agua que ofrece el sistema de abastecimiento veredal no es buena para el consumo, pero también en un nivel considerable (15 usuarios) manifestaron que la calidad del agua hasta el momento no los ha afectado y califica como bueno su estado

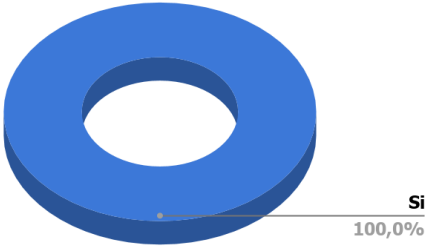
Pregunta 2: ¿Usted o su familia han sufrido enfermedades diarreicas o dolencias gastrointestinales al consumir agua del sistema de abastecimiento?	 <table><tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>NO</td><td>53,7%</td></tr><tr><td>SI</td><td>46,3%</td></tr></table>	Respuesta	Porcentaje	NO	53,7%	SI	46,3%	La mayoría de las personas encuestadas manifestaron que hasta el momento no han sufrido de alguna enfermedad relacionada con el consumo de agua, por otra parte un 46,3% han sufrido problemas gastrointestinales por consumir agua ya que en épocas de lluvia toma un a café y con algunos sedimentos; este tipo de enfermedades se encuentra presente en muchos de los hogares de la zona de estudio por la falta de agua de calidad afectando notablemente a los niños
Respuesta	Porcentaje							
NO	53,7%							
SI	46,3%							
Pregunta 3: ¿Le parece adecuado el valor que se está cancelando mensualmente por el consumo del agua?	 <table><tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>NO</td><td>14,6%</td></tr><tr><td>SI</td><td>85,4%</td></tr></table>	Respuesta	Porcentaje	NO	14,6%	SI	85,4%	El costo de agua a los usuarios de la zona en un 85,4% les parece adecuado ya que se hace bimestral es de \$10.000 COP y lo que equivale a 40m³ y de ahí en adelante se paga \$500 COP por cada metro cúbico que se consume, en muchas ocasiones esta dotación de agua es más que necesaria para los habitantes del área y no se llega a pagar más del valor mínimo establecido por la Junta de Acueducto Veredal, el 14,6% de los usuarios manifestaron que el valor no les parece adecuado toda vez que son las personas que no viven diariamente en la zona si no que están presentes para algunos fines de semana o alguna pequeña actividad económica que no requieren de agua por método de riego como lo son los cultivos como el café, la naranja, el limón entre otras
Respuesta	Porcentaje							
NO	14,6%							
SI	85,4%							

Pregunta 4: ¿Cree usted que la infraestructura del acueducto veredal se encuentra en buen estado en este momento?	 <table><tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>SI</td><td>56,1%</td></tr><tr><td>NO</td><td>43,9%</td></tr></table>	Respuesta	Porcentaje	SI	56,1%	NO	43,9%	El 56,1% de las personas que se benefician con el sistema de abastecimiento de agua no tienen conocimiento del estado actual de las instalaciones haciendo que se piense que lo que se encuentra en este momento es bueno y que se podría seguir viviendo sin realizar algún cambio en el sistema de acueducto que se tiene y seguir consumiendo el agua que actualmente es repartida a las personas de esa zona
Respuesta	Porcentaje							
SI	56,1%							
NO	43,9%							
Pregunta 5: ¿Cuenta usted en su hogar con infraestructura necesaria para la adecuada prestación del servicio?	 <table><tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>SI</td><td>89,7%</td></tr><tr><td>NO</td><td>10,3%</td></tr></table>	Respuesta	Porcentaje	SI	89,7%	NO	10,3%	Un 89,7% de los usuarios cuentan con todo el sistema de tuberías y distribuidores del agua para realizar sus diferentes actividades diarias, también todos los usuarios cuentan con medidores para hacer la respectiva facturación por parte de la tesorera encargada y que recibe los datos del fontanero quien realiza la inspección de los medidores, otro dato que refleja esta gráfica es que un 16,3% no cuenta con la infraestructura adecuada por cuestiones económicas
Respuesta	Porcentaje							
SI	89,7%							
NO	10,3%							
Pregunta 6: ¿Conoce las actividades desarrolladas por la Junta de Acueducto Veredal?	 <table><tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>SI</td><td>90,0%</td></tr><tr><td>NO</td><td>10,0%</td></tr></table>	Respuesta	Porcentaje	SI	90,0%	NO	10,0%	El 90% de los usuarios siempre están presentes en todas las reuniones de la Junta de Acueducto Veredal, que se realiza dos veces al año y en las cuales se les da a conocer a la población involucrada las actividades realizadas o que se van a realizar, posteriormente para que ellos lo tengan en cuenta para cumplir con lo establecido y organizarse según las actividades programadas, también hacen una rendición de cuentas
Respuesta	Porcentaje							
SI	90,0%							
NO	10,0%							

Pregunta 7: ¿Conoce las actividades en las que se invierte el dinero que se recauda por la prestación del servicio de acueducto?	 NO 12,2% SI 87,8%	En las reuniones semestrales hechas por la junta de acueducto veredal, un 87,8% de los usuarios tienen conocimiento del estado de cuenta de lo que genera las actividades que se realizan como lo son el cobro por servicios, las instalaciones que se realizan a los nuevos usuarios y también se tienen en cuenta los gastos hechos durante esos 6 meses como lo son los pagos al fontanero y los materiales que el debe utilizar para el mantenimiento y mejoramiento de las instalaciones del acueducto y para las instalaciones de los nuevos puntos del sistema de abastecimiento.
Pregunta 8: ¿Cree usted que es importante hacerle una mejora al sistema de acueducto veredal que se tiene en este momento?	 NO 5,0% SI 95,0%	Un 95% de la comunidad sabe que, aunque cuentan con un sistema de abastecimiento eficiente también creen que este se puede mejorar al convertirlo en un acueducto legal haciendo que el agua que consuman sea apta y para eso tienen en cuenta que se debe trabajar en el mejoramiento de las instalaciones presentes, contando con unos procesos de potabilización adaptado a lo establecido por la ley y que beneficie a los usuarios de las veredas de La Reforma y Esmeralda
Pregunta 9: ¿Ha visto participación de las entidades municipales para apoyar el adecuado funcionamiento del acueducto veredal?	 NO 92,7% SI 7,3%	El 92,7% de los usuarios encuestados expresaron la ausencia por parte de las entidades municipales, pero concuerdan en que para lograr el mejoramiento del acueducto se debe de trabajar en conjunto de la comunidad y de las entidades estatales como lo hicieron cuando se construyó la primera parte del acueducto que es lo que se está presente actualmente. Aduce la comunidad que estas entidades deberán estar

		pendientes de las obras que se vayan a realizar y también con colaboración financiera para poder ejecutar el proyecto de optimización del sistema de acueducto.
Pregunta 10: ¿Usted como usuario brinda alguna clase de apoyo para el adecuamiento del sistema de acueducto Veredal?	 NO 17,0% SI 83,0%	El 83% de los usuarios están pendientes de las reuniones establecidas por la junta de acueducto veredal y de la realización de los pagos correspondientes por el servicio de agua lo cual hace que se presenten pocos problemas entre los encargados del manejo del acueducto y las personas que hacen parte de la red de distribución, haciendo que se presente un buen ambiente en relación a rendición de cuentas y transparencia
Pregunta 11: ¿Usted sabe cuáles son los beneficios de consumir agua potable?	 NO 61,8% SI 38,2%	Estos conocimientos para un 38,2% de la comunidad no son precisos, ya que desconocen los beneficios que tiene el consumo de agua potable debido a que nunca han tenido charlas al respecto del tema, el 38,2% dicen saber sobre los beneficios por medio de familiares o por algunas charlas que han tenido no precisamente en las veredas que han realizado entidades como la CAR en donde hacen énfasis en el cuidado de las fuentes hídricas con el fin de no contaminarlas y seguir contando con ellas en un futuro y que el tratamiento sea más eficiente al contar con contaminantes de fácil remoción y que se puedan hacer con un tratamiento convencional primario

Pregunta 12: ¿Estaría dispuesto a dar un aporte económico para mejorar el Acueducto y con esto tener mejor calidad de vida?	 NO 15,1% SI 84,9%	Un 84,9% está de acuerdo con dar un aporte económico para mejorar el acueducto ya que ven algunas falencias en el servicio y poner en marcha la planta de tratamiento de las veredas de La Reforma y Esmeralda la comunidad sabe que mejorará su calidad de vida ya que cuentan con agua apta para el consumo y para realizar todo tipo de actividades sin preocuparse por presentar alguna enfermedad de tipo gastrointestinal o que tengan compuestos que dañen los procesos de las actividades económicas que se realizan en la región, por otro lado un 15,1% por falta de ingresos no cuentan con la capacidad económica de brindar este aporte a la Junta de Acueducto Veredal
Pregunta 13: ¿Considera que es necesario contar con más personal a parte del fontanero para las labores de mantenimiento y mejoramiento del acueducto?	 SI 4,7% NO 95,3%	El 95,3% declaró que no es necesario más personal a parte del fontanero quien es el encargado de todas las funciones de mantenimiento y limpieza del acueducto, así como también de realizar los respectivos registros de los contadores de todos los puntos de abastecimiento que tienen los usuarios y quien pasa la información a los contadores quienes realizan la facturación del sistema del acueducto y las personas están de acuerdo en que siempre se cuente con un fontanero que este pendiente de todo lo anteriormente mencionado para contar con este servicio sin presentar ningún inconveniente y ningún sobrecargo a la facturación

Pregunta 14: ¿Cree usted que deberían hablar sobre el cuidado de la fuente abastecedora de agua en su comunidad?	 Si 100,0%	El 100% de los usuarios creen que se deben realizar más charlas por parte de las entidades estatales en donde inviten a la comunidad a preservar los recursos hídricos de la zona para poder contar con ellas siempre y que se cuente con este servicio tan importante como lo es el agua
---	--	--

Fuente: (Autores, 2019)

En relación con las encuestas se puede ver que los usuarios tienen poco conocimiento con respecto a los beneficios de consumir agua potable ya que nunca les han dado capacitaciones, el PNUD tiene como objetivo agua limpia y saneamiento en el que quiere garantizar el acceso universal al agua potable segura y asequible para todos en 2030, con lo cual es importante realizar en primera instancia inversiones adecuadas para infraestructura, proporcionando instalaciones sanitarias y fomentar prácticas de higiene en todos los niveles, manteniendo a toda la población informada de la importancia de tener este recurso en la mejor calidad posible, de igual manera mitigar el derroche de agua, proteger las fuentes de abastecimiento y conservar los bosques, montañas, humedales, ríos y quebradas (PNUD,2015). Ya que es un tema que preocupa a muchos de los usuarios por motivos de salud, desarrollo económico y calidad ambiental de los ecosistemas, es por esto que usuarios están dispuestos a una colaboración tanto de mano de obra como económica.

En cuanto a la calidad del agua se expresa que no es mala pero aún así se puede mejorar mediante la optimización del sistema de acueducto veredal, toda vez que los usuarios manifestaron que en ninguna época del año les hace falta el recurso hídrico y que es en épocas de lluvia donde hay días que llega el agua con un color café, la cual se abstienen de consumir, asimismo se tiene en cuenta que el acceso al agua potable y saneamiento básico se considera un derecho que se encuentra ligado con otros como la vida, la dignidad humana y la salud. Siendo estos elementos fundamentales para el desarrollo y la dignidad de las personas (CONPES 3810, 2014).

9.2 Resultado Objetivo Especifico 2. Identificar los procesos unitarios requeridos para la optimización del acueducto de las veredas de La Reforma y Esmeralda

Con el fin de desarrollar el segundo objetivo se tuvo en cuenta una matriz DOFA para identificar la situación actual del acueducto con el fin de determinar los procesos unitarios que hacen falta para que el acueducto veredal de las veredas La Reforma y Esmeralda un sea legal ante las autoridades y así poder abastecer de agua de calidad a los usuarios presentes en la zona.

A continuación, se presenta la matriz DOFA como resultado del diagnóstico inicial realizado según consulta bibliográfica y visita de campo:

Tabla 9. Matriz DOFA

Oportunidades	Amenazas
- Sistema comunitario organizado entorno al acueducto veredal - Conocimiento de las propias falencias en la prestación del servicio de acueducto veredal - Reconocimiento de las fortalezas del contar al menos, con un sistema de acueducto veredal que, si bien tiene deficiencias, también tienen avances estructurales de procesos unitarios que contribuyen en la optimización del sistema de acueducto. - La Junta de Acueducto Veredal es un modelo para seguir para las demás juntas por su organización contando con ser la primera vereda que cuenta con infraestructura para realizar el proceso de potabilización de aguas - Se han generado mecanismos de participación en la Junta de Acueducto Veredal - Las veredas de La Reforma y Esmeralda podrán ser los primeros en contar con un acueducto legal en la zona rural del municipio de Supatá. - Articular los entes estatales con la comunidad en general, haciendo parte del trabajo que se está realizando junto con la Universidad El Bosque -Mejorar la calidad de vida de los usuarios del acueducto veredal - Aprovechamiento del recurso hídrico - Recuperación de cuencas	- Al haber sequía el caudal de la fuente de abastecimiento baja y por momentos el agua no alcanza a llegar a las partes más altas -No se han podido realizar nuevas redes de distribución porque algunos dueños de los predios no dan autorización de hacer las respectivas conexiones para beneficio de los nuevos usuarios -Se presenta ganadería cerca de la fuente de abastecimiento lo cual puede traer contaminación hídrica -Incremento del costo en la facturación por usuario debido al tratamiento que se le haría al agua - Dilación estatal frente a los compromisos nacionales e internacionales de garantizar calidad de vida a través del uso, abasto y distribución de agua potable para la comunidad
Fortalezas	Debilidades

-Cuentan con la infraestructura necesaria para realizar el mejoramiento del proceso de potabilización -Cuentan con una Junta de Acueducto Veredal organizado - La Junta de Acueducto Veredal cuenta con el apoyo de la comunidad para la realización del mejoramiento del sistema de abastecimiento - Abundancia del recurso hídrico - Áreas de nacimiento de agua - Hay una creciente iniciativa en algunos usuarios para ser miembros de la Junta de Acueducto Veredal para reactivar las mesas trabajo - Reconocimiento de la comunidad de su capacidad de gestión a través de la Junta de Acueducto Veredal	- No se puede realizar el proceso de potabilización debido a que la bocatoma no se encuentra en una mayor altura a la planta de tratamiento y el caudal no alcanza los niveles para realizar el tratamiento a gravedad - Falta de presupuesto para realizar las adecuadas mejoras al sistema de acueducto -La fuente de abastecimiento no cuenta con concesión de aguas por parte de la CAR - Ausencia por parte de La Autoridad Regional y de la Alcaldía de Supatá -Por parte de la comunidad hay desinterés en cuanto a los beneficios que traería el consumo de agua potable -Nunca se ha utilizado el sistema de potabilización existente en la zona de estudio -El sistema no cuenta con desarenador -No se cuenta con bomba eléctrica para que llegue el agua a la planta de tratamiento
---	--

Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2012)

Tabla 10. Análisis cruzado para el desarrollo de estrategias

Factores	Oportunidades	Amenazas
Fortalezas	- Con la implementación de un desarenador y una bomba eléctrica se puede dar un mejoramiento al sistema de acueducto veredal - Optimizar el sistema de abasto con la participación de la Junta de Acueducto Veredal - Incentivar a los usuarios para la generación y discusión de propuestas y planes de acción por parte de la Junta de Acueducto Veredal - Hacer una alianza con la CAR para el aprovechamiento y conservación del recurso hídrico ya que se encuentra en abundancia	-Realizar actividades donde se reúna aportes económicos para lograr el mejoramiento del sistema de potabilización así se reducen los costos de inversión para los usuarios - Hacer alianzas entre los usuarios para lograr tener un acueducto veredal con mayor extensión y puedan verse beneficiados más usuarios -Promover la generación de proyectos que involucren la conservación ambiental de la zona de estudio en conjunto con la CAR
	-Con los lineamientos socioambientales se puede hacer una mejora al sistema de potabilización, implementando los	- Proporcionar el surgimiento y la consolidación de líderes en la Junta del Acueducto Veredal que promuevan las mejoras

Debilidades	procesos unitarios que están en ausencia y teniendo un sistema técnico regido por la norma -Promover conciencia ambiental en las reuniones de la Junta de Acueducto Veredal, solidaridad comunitaria y gestión en materia de conservación de recursos naturales	- Dar a conocer los beneficios del consumo de agua en buenas condiciones a los usuarios - Promover la adopción de buenas prácticas agrícolas para reemplazar la ganadería
--------------------	--	--

Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2012)

Con el desarrollo de la matriz DOFA se logró la identificación de las falencias a las que se encuentra el Acueducto Veredal y los procesos unitarios que están en ausencia como lo es el desarenador y una bomba eléctrica, lo que hace no tener un funcionamiento óptimo para el sistema de potabilización, esta matriz tuvo desarrollo por medio del diagnóstico inicial del primer objetivo.

De acuerdo con el análisis de la matriz, el acueducto de las veredas La Reforma y Esmeralda presentan varias fortalezas las cuales permiten aumentar la optimización de sistema de acueducto, pues existe interés y conocimiento sobre la necesidad de realizar cambios estratégicos en los procesos unitarios con el fin de aumentar el desempeño del sistema para sus usuarios desarrollando alianzas estratégicas entre los usuarios y las autoridades pertinentes como lo son la CAR y la Alcaldía Municipal de Supatá. Por otra parte, se identificaron las debilidades, entre las que se encontró el abandono del funcionamiento del sistema de potabilización desde sus inicios teniendo toda la infraestructura para tener un sistema de calidad, entre otras, poniendo en riesgo la salud de los consumidores y afectando su calidad de vida.

También se hizo posible identificar las oportunidades que presenta del sistema donde se han generado mecanismos de participación en la Junta de Acueducto Veredal en donde se pueden dar desarrollo al aprovechamiento y conservación del recurso hídrico, debido a que la abundancia en la zona es alto donde se encuentra áreas de nacimiento de agua, lo que permitiría el mejoramiento del sistema de potabilización, asimismo; las amenazas puede ser controladas por medio de los lineamientos planteados en este proyecto que busca la optimización del sistema en conjunto con los usuarios e implementación de los procesos unitarios que no se encuentran actualmente en el Acueducto Veredal.

9.3 Resultado Objetivo Especifico 3. Definir los lineamientos socioambientales que se deben aplicar para cada uno de los procesos unitarios

Tabla 11. Lineamientos socioambientales

Lineamientos socioambientales			
Procesos unitarios	Legal	Técnico	Socioambiental

Fuente de abastecimiento	Decreto 1076 de 2015: Concesión de aguas	Según el RAS 2017 el caudal necesario para el abastecimiento de agua a la planta de tratamiento debe ser 2 veces el QMD, por lo que este cumple con la norma ya que el QMD es de 0,062 m ³ /s, dato obtenido mediante la realización del aforo cuyo resultado arrojó un caudal medio de 0,0150 m ³ /s, cumpliendo con el parámetro establecido por el RAS	-Plan de reforestación y protección para el área productora de agua -Plan de generación de un proyecto de ahorro y uso eficiente del agua para los usuarios del acueducto
Captación	Decreto 1076 de 2015: Concesión de captación (concesión de aguas)	Reubicación bocatoma que garantice en lo posible el suministro de agua por gravedad para la población en estudio	Mantenimiento de la captación existente y acciones participativas para la localización de una captación de agua que suministre el caudal con miras a la confiabilidad de un suministro en condiciones de continuidad y calidad
Desarenador	Ley 142 de 1994: sobre los servicios públicos domiciliarios	Diseño desarenadores que mejoren la calidad del agua de abasto	Mantenimiento de desarenadores para garantizar la calidad hídrica
Planta de tratamiento	Ley 142 de 1994: sobre los servicios públicos domiciliarios	Equipos de bombeo que sostengan la cabeza hidráulica necesaria para surtir de agua a la comunidad más distal del punto de captación	-Capacitación al fontanero sobre el mantenimiento de la planta de tratamiento y equipo de bombeo

Tanque de almacenamiento	Ley 142 de 1994: sobre los servicios públicos domiciliarios	Cumple con lo establecido por el artículo 79 RAS 2017	-Plan de capacitación en el manteniendo de tanques de almacenamiento
Redes de distribución	Ley 142 de 1994: Concesión de conducción de aguas (Concesión de aguas)	Cumple con lo establecido con el artículo 56 RAS 2017	-Adecuación y mantenimiento de redes de distribución de agua potable
Medidores	Ley 142 de 1994: sobre los servicios públicos domiciliarios	Cumple con lo establecido por el artículo 73 RAS 2017	Mantenimiento macromedidores

Fuente: (Autores, 2019)

Se presenta el desarrollo de las ecuaciones de proyección de población, tasa de crecimiento anual, dotación bruta y caudales mínimos y máximos diarios para la PTAP de las veredas de La Reforma y Esmeralda.

Ecuación 1. Método geométrico para proyección de población

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

$$Pf = 384(1+0.035)^{2045-2019}$$

$$Pf = 939,24 \approx 940 \text{ habitantes}$$

$$\frac{384}{96} = 4 \text{ personas por usuario}$$

$$940 * 4 = 3.760 \text{ personas para el año 2045}$$

Ecuación 2. Tasa de crecimiento anual

$$r = \left(\frac{Puc}{Pci} \right)^{\left(\frac{1}{Tuc-Tci} \right)} - 1$$

$$r = \left(\frac{384}{371} \right)^{\left(\frac{1}{2018-2017} \right)} - 1$$

$$r = 0,035$$

Ecuación 3. Cálculo de dotación bruta

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

$$d_{bruta} = \frac{110 \frac{L}{hab * dia}}{1 - 0}$$

$$d_{bruta} = 110 \frac{L}{hab * dia}$$

Ecuación 4. Cálculo caudal medio diario

Qmd= N° habitantes *d. bruta

$$Qmd = 3.760 * 110 \frac{L}{hab * dia}$$

$$Qmd = 413,6 \text{ L/día}$$

Ecuación 5. Cálculo de caudal máximo diario

QMD=Qmd * k1

$$QMD = 413,6 \text{ L/día} * 1,30$$

$$QMD = 537,680 \text{ L/día}$$

$$537,680 \frac{L}{dia} * \frac{1m^3}{1.000 L} * \frac{dia}{86.400 s} = 62,2 \times 10^{-4} \approx 0,0062 \text{ m}^3/s$$

A continuación, se presenta cada proceso unitario con los ítems legal, técnico y socioambiental establecidos a través de la normativa nacional para el adecuado funcionamiento del sistema de acueducto veredal:

Procesos unitarios

- **Fuente de abastecimiento:**

Para la parte legal, esta fuente hídrica no cuenta con concesión de aguas por parte de la CAR.

Concesión de aguas: Es el modo de adquirir el derecho a usar o aprovechar las aguas de uso público para garantizar la conservación y manejo adecuado de las aguas y sus cauces. Se asegura el uso racional del agua, de manera tal que esta se pueda aprovechar y distribuir equitativamente a los habitantes de una región, pues se tiene en cuenta la oferta de agua existente y la demanda, además de prevenir posibles conflictos entre los usuarios. La entidad encargada de recibir y otorgar solicitudes para concesión de aguas superficiales es la autoridad ambiental competente que para este caso es la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR

La concesión de aguas se tramita a través de la Dirección Regional de la CAR correspondiente, sede central o accediendo a la página web de la Corporación www.car.gov.co. Se descarga y

diligencia el Formulario Único Nacional de Solicitud de Concesión de Aguas Superficiales, adjuntando los documentos solicitados.

Se radica la solicitud (Formulario Único Nacional de Concesión de aguas superficiales y anexos) junto con los documentos requeridos por la Institución ante la dirección regional correspondiente o en la sede central de la CAR. **(anexo 5)**

Además, deben entregarse los siguientes documentos como anexo a la solicitud:

- Documentos que acrediten la personería jurídica del solicitante Sociedades: certificado de existencia y representación legal (expedición no superior a tres (3) meses). Juntas de Acción Comunal: Certificado de existencia y representación legal o del documento que haga sus veces, expedición no superior a tres (3) meses).
 - Calidad en la que actúa el solicitante: Propietario del inmueble: certificado de tradición y libertad (expedición no superior a tres (3) meses). Tenedor: prueba idónea que lo acredite como tal y autorización del propietario o poseedor. Poseedor: prueba adecuada que lo acredite como tal.
 - Poder debidamente otorgado cuando se actúe por medio de apoderado. •Censo de usuarios para acueductos veredales y municipales.
 - Información sobre los sistemas para la captación, derivación, conducción, restitución de sobrantes, distribución y drenaje, y sobre las inversiones, cuantía de las mismas y término en el cual se van a realizar.
 - Autorización sanitaria favorable, emitida por la autoridad sanitaria departamental competente, en los casos requeridos.
 - Costo del proyecto, obra o actividad (Acuerdo CAR vigente)
-
- Dentro de la parte técnica según el RAS 2017, para el caudal de diseño de la captación de fuentes superficiales será hasta 2 veces el QMD, para este caso de estudio es de 0,124 m³/s, pero el excedente debe devolverse a la fuente como se realiza en tiempos de lluvia.
 - Para el desarrollo del ítem de lineamientos socioambiental se tiene un plan de reforestación y protección para el área productora de agua y un plan de generación de un proyecto de ahorro y uso eficiente del agua para los usuarios del acueducto.

Tabla 12 . Plan de reforestación y protección para el área productora de agua

Proyecto 1: Plan de reforestación y protección para el área productora de agua
--

Objetivo	-Recuperar zonas de regulación y producción de agua tales como páramo, subpáramo y sitios de recarga de acuíferos. -Mejorar la calidad y aumentar la cantidad del recurso hídrico disponible para el consumo humano y otros usos, que contribuyan al desarrollo de la vereda.		
Meta	Para el año 2020 el acuífero tendrá una barrera viva con especies de plantas nativas		
Actividades	Reforestación de la cuenca hidrográfica		
Acciones	Se debe realizar la reforestación con especies nativas de la zona, con el fin de mantener el equilibrio ecológico y garantizar la continua recolección natural de agua. Se recomiendan las siguientes especies vegetales, ya que estas se encuentran en la zona:		
	Nombre general	Nombre científico	
	Aliso	Alnusacuminata	
	Chusque	ChusqueaScandens	
	Rodamonte	Escalloniomyrtilloides	
	Borrachero	Datura affinis	
	Higuerón	Oreopanaxbogotense	
	Estas especies se pueden conseguir en un vivero, o se puede sacar la semilla directamente de los especímenes existentes en la zona.		

Fuente: Autores, 2019

Tabla 13 .Generación de un proyecto de ahorro y uso eficiente del agua para los usuarios del acueducto

Proyecto 2: Generación de un proyecto de ahorro y uso eficiente del agua para los usuarios del acueducto	
Objetivo	-Gestionar un proyecto de ahorro y uso eficiente del agua -Implementación de los usuarios de actividades de uso eficiente y ahorro del agua.
Meta	-Gestionar recursos para ejecutar proyecto de ahorro y uso eficiente del agua -Para el año 2021 un 40% de los usuarios implementen en sus hogares acciones de uso eficiente y ahorro del agua
Actividades	Generar una propuesta para incentivar en los usuarios el uso eficiente y ahorro del agua
Acciones	-Gestionar ante diferentes entes (Alcaldía Local, ONG) los recursos para la implementación de actividades de ahorro y uso eficiente del agua por parte de los

usuarios
-Implementación de actividades de ahorro y uso eficiente del agua en los usuarios

Fuente: Autores, 2019

- **Captación:**

- En cuanto a la parte legal del permiso de captación está previsto en el Código Nacional de los Recursos Naturales Decreto ley 2811 de 1974, Decreto 1541 de 1978, en la Ley 142 de 1994 y en el Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Sostenible
- Según el RAS 2017 para cauces pequeños la mejor forma de realizar la captación es a través de toma de dique en donde se debe estabilizar el nivel de la fuente mediante un dique de represamiento construido transversalmente. Para cumplir con la norma se debe de reubicar la bocatoma a un lugar más elevado evitando el agua llegue con suficiente presión para realizar el debido funcionamiento de la planta de tratamiento.
- Para el mantenimiento y operación de la captación incluye principalmente, el manejo de válvulas o compuertas, la calibración de vertederos, sistemas de medición de canales y el mantenimiento preventivo y el correctivo de este importante componente.

Para practicar el mantenimiento preventivo se recomienda según (ISAGEN, 2010) lo siguiente:

- Mantener reforestadas las áreas adyacentes a la fuente de agua para proteger el cauce en su recorrido, con la siembra de árboles nativos.
- Proteger el área de la bocatoma con una cerca para impedir el ingreso de animales o de personas ajenas al sistema.
- Limpiar permanentemente los materiales extraños que impiden el buen funcionamiento de la estructura.
- Verificar el buen funcionamiento de las válvulas y compuertas.
- Verificar que la estructura no presente fugas.
- Evitar el ingreso de aguas superficiales después de realizada la captación de la fuente. Si es necesario, reforzar el drenaje.
- Revisar el estado de la pintura de los elementos metálicos expuestos.
- Limpiar la rejilla de captación por lo menos una vez a la semana.

Para practicar el mantenimiento correctivo se recomienda según (ISAGEN, 2010) lo siguiente:

- Reparar los daños en la estructura
- Reponer las tapas sanitarias
- Reparar las válvulas, compuertas y vertederos
- Modificar los defectos de construcción
- Limpiar y desinfectar.

- **Desarenador:**

- En el caso que se requiera el uso de un desarenador, éste debe instalarse en el primer tramo de la aducción, lo más cerca posible a la captación de agua, de acuerdo con las condiciones topográficas y geológicas de la zona. Preferiblemente, los desarenadores deben ser del tipo auto limpiante (López, 2003). Los desarenadores deben contener canales o pasos directos para su operación mientras se efectúa el mantenimiento, usual en casos de los niveles de complejidad del sistema bajo y medio (López, 2003).
- Desarrollo de las ecuaciones para el prediseño del desarenador

Ecuación 6. Calculo área del desarenador

La estructura de remoción de arenas se realiza a partir de las siguientes ecuaciones:

Para realizar el dimensionamiento del desarenador se debe tener en cuenta que se asume una carga de $75 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, se dice que la carga (q) es igual a caudal/área por tanto según Arturo L., (1990), la velocidad inicial (V_o) se calcula a partir de:

$$V_o = 75 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día} * \frac{1 \text{ día}}{86.400 \text{ s}}$$

$$V_o = 0,000866 \text{ m/s} = 0,08668 \text{ cm/s}$$

Para realizar el diseño del desarenador atendiendo las recomendaciones del RAS 2017, según lo establecido en el Artículo 47, se realiza el cálculo del caudal de diseño, siendo este hasta dos veces el caudal máximo diario para fuentes superficiales. Luego:

$$QMD = 0,0062 \text{ m}^3/\text{s} * 2 = 0,0124 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para calcular el área del desarenador siendo:

$$A = \frac{Q}{q}$$

$$A = \frac{0,0124 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{75 \text{ m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}} * 86400 \text{ s}$$

$$A = 14.28 \text{ m}^2$$

Teniendo en cuenta que A es el área del desarenador y que el área es igual a longitud por ancho según Arturo L., (1990), para desarenadores se tiene una relación de 3:1.

$$A = L * B$$

$$A = B * 3B$$

$$A = 3B^2$$

A partir de la ecuación anterior se despeja B siendo este igual $\sqrt{\frac{A}{3}}$

$$B = \sqrt{\frac{14.28 \text{ m}^2}{3}}$$

$$B = 2,18 \text{ m} \approx 2,5 \text{ m}$$

Si la relación del desarenador para el diseño es igual 3:1 entonces:

$$L = 3B$$

$$L = 3 * 2,5 \text{ m} = 7,5 \text{ m}$$

Para una remoción del 80% en el desarenador y manejando un criterio de diseño según Arturo L., (1990), $V_s/V_o=4$ por tanto despejando la velocidad del agua:

Ecuación 7. Cálculo de velocidad del agua

$$V_s = 4V_o$$

$$V_s = 4 * 0,08668 \text{ cm/s}$$

$$V_s = 0,347 \text{ cm/s}$$

Si V_h/V_o es igual a 15 por criterio de diseño según Arturo L., (1990), despejando V_h :

Ecuación 8. Cálculo velocidad horizontal del agua

$$V_h = 15 * V_o$$

$$V_h = 15 * 0,08668 \text{ cm/s}$$

$$V_h = 1,3002 \text{ cm/s}$$

Para el tiempo de sedimentación según Arturo L., (1990) es:

Ecuación 9. Cálculo tiempo de sedimentación

$$t_o = L/V_h$$

$$t_o = \frac{750 \text{ cm}}{1,3002 \text{ cm/s}}$$

$$t_o = 576,8 \text{ seg} \approx 577 \text{ seg}$$

$$t_o = 577 \text{ seg} * \frac{1 \text{ hora}}{3.600 \text{ seg}} = 0,16 \text{ horas}$$

Para hallar la profundidad del desarenador sienta h_o según Arturo L., (1990) se calcula:

Ecuación 10. Cálculo profundidad del desarenador

$$h_o = V_o * t_o$$

$$h_o = 0,08668 \text{ cm/s} * 577 \text{ seg}$$

$$h_o = 50 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

$$h_o = 70 \text{ cm} = 0,7 \text{ m}$$

Para calcular el volumen del sedimentador según Arturo L., (1990) se calcula mediante la ecuación:

Ecuación 11. Cálculo volumen del sedimentador

$$Vols = B * L * h_o$$

$$Vols = 2,5 \text{ m} * 7,5 \text{ m} * 0,7 \text{ m}$$

$$Vols = 13,125 \text{ m}^3$$

Para comprobar el tiempo de sedimentación (T_o) Arturo L., (1990) sugiere la siguiente ecuación:

Ecuación 12. Cálculo comprobación del tiempo de sedimentación

$$t_o = Vols / Q$$

$$t_o = \frac{13,125 \text{ m}^3}{0,0124 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$t_o = 1.058 \text{ seg} = 18 \text{ min}$$

Ecuación 13. Cálculo velocidad de sedimentación de la partícula

$$V_{sp} = \frac{(V_s - r) \times d^2 \times g}{18 \times \mu}$$

$$V_{sp} = \frac{(2,65 \text{ g/cm}^3 - 1,00 \text{ g/cm}^3) \times (0,005 \text{ cm})^2 \times 981 \text{ cm/s}^2}{18 \times 1,0618 \times 10^{-2} \text{ cm/s}^2}$$

$$V_{sp} = 0,21 \text{ cm/s} \approx 0,0021 \text{ m/s}$$

Para calcular la velocidad de suspensión según Arturo L., (1990) se usa la siguiente ecuación:

Ecuación 14. Cálculo velocidad de suspensión

$$V_k = \sqrt{\frac{8k}{f}} * g * (V_s - 1) * d^2$$

$$V_k = \sqrt{\frac{8 * 0,04}{0,03}} * 981 \text{ cm/s}^2 * (2,65 \text{ g/cm}^3 - 1) * (0,005 \text{ cm})^2$$

$$V_k = 9,29 \text{ cm/s}$$

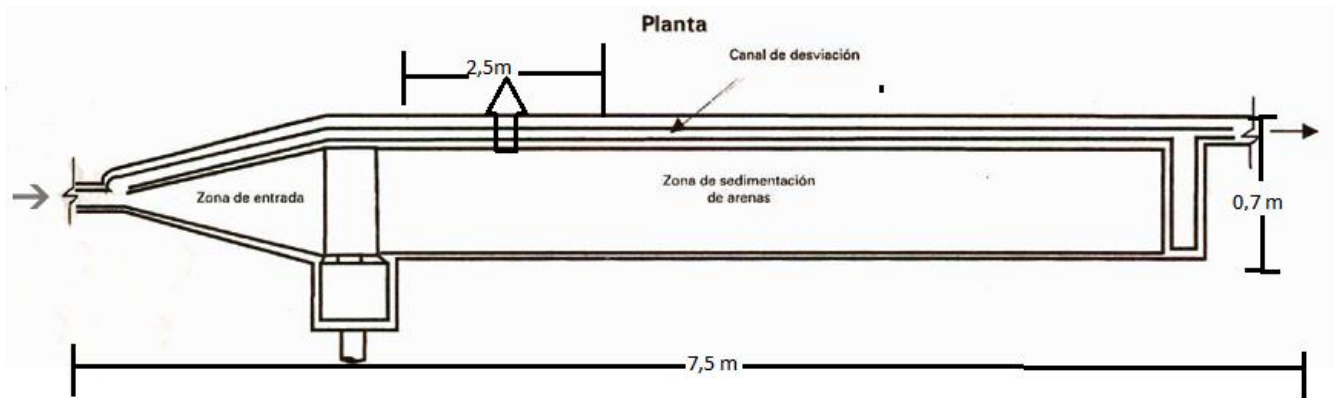
Se adopta un valor de $X_s = 0,30 \text{ m}$ como profundidad máxima para el volumen de lodos, las pendientes según Arturo L., (1990) quedan iguales a:

Ecuación 18. Cálculo pendiente de volumen de lodos

$$a) \frac{0,3}{1/3L} = 9\%$$

$$b) \frac{0,30}{\frac{2}{3L}} = 4,5\%$$

Figura 7 . Dimensionamiento desarenador



Fuente: (Autores,2019)

- El mantenimiento de los desarenadores incluye actividades periódicas que consisten principalmente en el drenaje y evacuación de sedimentos acumulados en el fondo de la unidad.

La evacuación de los sedimentos que se depositan en el fondo de la unidad será cada 6 u 8 semanas dependiendo de la calidad del agua cruda y del volumen del tanque. Si el agua es muy turbia la remoción de sedimentos se debe realizar con mayor frecuencia.

Según (ISAGEN, 2010) el mantenimiento de los desarenadores se debe hacer de la siguiente manera:

Tabla 14 . Actividades de mantenimiento desarenador

Actividad	Acciones claves
- Lavado de la unidad	Cerrar la válvula de entrada al tanque.

- Cortar el flujo de agua hacia el tanque	
Limpieza cámara de entrada	Desprender el material adherido en el fondo y en las paredes de la cámara, utilizando escobilla con cerdas de material sintético.
Limpieza de cámara de sedimentación	- Abrir la válvula de drenaje para la evacuación de lodos y dejar evacuar toda el agua y sedimentos. - Con palas, cubetas, baldes, tablas y carretilla, remover los sedimentos del tanque, empujándolos hacia el drenaje y llevándolos fuera del lugar. Raspar el fondo del tanque y dejarlo completamente limpio. - Si hubiera una bomba y manguera, rociar los sedimentos del fondo. - Enjuagar completamente el tanque antes de restaurar su funcionamiento.
Limpieza cámara de salida	- Desprender el material adherido al fondo y paredes de la cámara.
Poner en funcionamiento	- Cerrar los drenajes y abrir las válvulas para llenar el tanque. - Una vez limpio el tanque debe volver a sus funciones en cuanto sea llenado. Esto debe ser entre 4 a 6 horas, dependiendo del volumen del tanque.

Fuente: Autores, 2019

Es importante no realizar los cortes de suministro en horas de máxima demanda. Generalmente, se realizan de medio día a media tarde. Se deberá advertir a los usuarios sobre los cortes de agua, así estos pueden regular su consumo durante el periodo de corte.

Otros mantenimientos que deben realizarse con periodicidad son según (Isagen, 2015) los siguientes:

- Engrasado de los dispositivos de apertura de compuertas (mensualmente).
- Pintado de elementos metálicos con pintura anticorrosiva (semestralmente).
- Inspección minuciosa de la unidad, resane de deterioros en la estructura, reparación o cambio de válvulas y compuertas (manualmente).

● **Tanques de almacenamiento**

Según lo establecido por el RAS 2017, la planta de tratamiento que se encuentra en el acueducto veredal de las veredas de La Reforma y Esmeralda cumple con los siguientes requisitos:

1. Los tanques funcionan hidráulicamente con esquema de mezcla tipo FIFO lo primero que entra es lo primero que sale, garantizando que el agua circule en su interior y evita zonas muertas.
2. Las esquinas de los tanques deben proyectarse achaflanadas.
3. Los tanques cuentan con sistemas de renovación de aire con el fin de contener el oleaje interno que se puede producir en un evento sísmico. En todo caso como mínimo se deben tener un borde libre de 0.3 m. Cuenta con elementos de ventilación contando en todo momento con sistemas que impiden la entrada de sustancias contaminantes o vectores.
4. La tubería de salida está ubicada de tal manera que, para niveles mínimos de operación, no se generen vórtices, ni entrada de aire a la red, ni se permita la resuspensión de sedimentos.
5. El tanque de almacenamiento cuenta con una pendiente en el fondo que facilita la ocasión de los lodos y las labores de limpieza.
6. El terreno sobre el cual están contruidos los tanques de almacenamiento cuenta con un sistema de drenaje.
7. Cuentan con un sistema de alivio con el fin de evacuar excesos.
8. Cada uno de los módulos en los que está dividido un tanque de almacenamiento cuenta con una entrada para facilitar el ingreso del operario.

Para el mantenimiento preventivo de los tanques de almacenamiento según (Isagen,2015) se recomienda:

- Mantener limpia y protegida del ingreso de personas ajenas al sistema el área cercana al tanque.
- Proteger las tuberías de rebose y ventilación con una tela para evitar el ingreso de insectos.
- Limpiarlos y desinfectarlos periódicamente.
- Verificar el estado de las tapas de ingreso, accesorios de ventilación y de la estructura misma completa.

Para practicar el mantenimiento correctivo, es necesario:

- Reparar la estructura cuando se haya dañado
- Reparar o reponer las tuberías, válvulas y accesorios
- Reponer las tapas sanitarias
- Limpiar y desinfectar periódicamente los tanques, como se explica a continuación:
 1. Póngase botas, casco y guantes para la limpieza y desinfección de los tanques.
 2. Aliste cepillos, escobas, baldes, rodillos, bombas aspersores o cualquier otro elemento que necesite.

3. Cierre totalmente la entrada de agua al tanque y abra la salida para que se desocupe.
4. Retire con cuidado la tapa de inspección. Si no tiene tapa, se recomienda construirla.
5. Si el tanque es oscuro, utilice lámparas de batería o linternas.
6. Ingrese al tanque cuando el nivel de agua sea bajo, es decir, de 20 a 30 centímetros. A este nivel cierre la salida y abra el desagüe.
7. Remueva el material de sedimentación (barro) que se encuentra en el fondo del tanque, utilizando escobas y recipientes para extraer el material.
8. Cepille el piso y las paredes del agua
9. Para la desinfección utilice una solución dorada de 150 a 200 ppm, preparada así: en un recipiente de 20 litros adicione una cucharadita de cloro en polvo y mezcle totalmente. Déjela en reposo durante 10 minutos. Humedezca el rodillo con la solución de cloro y páselo por las paredes como si estuviera pintando. También puede utilizar escobas o cepillos. Deje actuar la solución durante cuatro horas.
10. Enjuague las paredes y el fondo del tanque utilizando una manguera a presión o baldes: deseche estas aguas de lavado a través del desagüe.
11. Retire todo el material que utilizó en la limpieza del tanque.
12. Cierre el desagüe y permita nuevamente la entrada del agua
13. Verifique el cloro residual, que puede ser hasta de 5ppm.
14. Abra la válvula que da acceso a la red de distribución.
15. Vuelva a lavar y a desinfectar el tanque preferiblemente cada seis meses, o por lo menos, una vez al año.

- Planta de tratamiento

- Según lo establecido por el RAS 2017, el número de bombas en la estación de bombeo debe tener la capacidad para impulsar el caudal máximo diario que en este caso es de 537,680 L/día que permita llegar el agua con buena presión para desarrollar los procesos unitarios para la potabilización de agua.
- Para el mantenimiento de la operación de la planta consiste principalmente en el manejo de válvulas y compuertas y la calibración de vertederos y los sistemas de medición que contiene.

Para realizarle mantenimiento preventivo a la planta según (ISAGEN, 2010), se requiere:

- Limpiar y desinfectarla
- Pintar los elementos expuestos
- Verificar el funcionamiento de las válvulas y las compuertas
- Verificar la colmatación de la unidad.

Para realizar mantenimiento correctivo, se debe:

- Reparar estructuras y reponer las tapas sanitarias dañadas o ausentes.
- Reparar las válvulas, las compuertas y los vertederos
- Modificar los defectos de construcción
- Reponer los medios filtrantes cuando su vida útil haya terminado.
- Limpiar y desinfectar la planta periódicamente.

- Dentro de las actividades de mantenimiento preventivo de los equipos de bombeo deber realizarse con mínimo la inspección general, la verificación de los niveles de vibración de los equipos, la limpieza lubricación, alineación de componentes y verificación del estado accesorios y las instalaciones eléctricas conforme al manual de mantenimiento definido por la persona prestadora del servicio.

Mensualmente se calcula el consumo energía eléctrica en un sistema de bombeo el cual estará dando la potencia demandada promedio durante las horas de operación una alteración de los registros indicará que se requiere mantenimiento.

● **Redes de distribución:**

- En la parte legal de este proceso este está dentro de la concesión de aguas para abastecimiento doméstico en donde se requiere de derivaciones y por lo tanto un sistema de conducción para cumplir poder distribuir el agua a los usuarios del acueducto.
- Según establece el RAS 2017 para proyectos rurales el diseñador debe proyectar líneas de conducción que garanticen presiones dinámicas en las viviendas, generando una repartición de caudales uniforme mediante cámaras o estructuras distribuidoras que permitan la entrega de un mismo caudal domiciliar, independiente de la cota en la cual se encuentre la vivienda.

Tanto la línea de impulsión como la conducción y las redes se operan con el manejo y la regulación de diversas válvulas, equipos a los que también debe practicarse mantenimiento preventivo y correctivo.

Para practicar el mantenimiento preventivo según (ISAGEN, 2010), se recomienda:

- Verificar el funcionamiento de las válvulas y los accesorios móviles.
- Revisar el estado de las cajas de las válvulas, limpiarlas en su interior, drenar el interior en caso de presentar inundación, despejar las tapas de basuras y plantas que estén obstruyendo la línea de impulsión, la conducción y las redes.
- Revisar el estado de la pintura de los elementos.
- Mantener limpio el sitio de instalación de la tubería para facilitar la inspección y el descubrimiento de anomalías que se presentan en el proyecto.

Para practicar el mantenimiento correctivo se recomienda:

- Reparar tuberías, válvulas y accesorios deteriorados.
- Cubrir de tierra las tuberías expuestas para evitar roturas.

- Encerrar las tuberías que crucen caminos o vías, como mínimo por un (1) metro de profundidad, para evitar roturas.

- **Medidores:**

- Según la Resolución CRA 151 de 2000 en donde se presenta la regulación integral de los servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo; establece que todas las personas prestadoras del servicio de acueducto tienen que tener instalados medidores con el fin de cuantificar el consumo de agua y poder dar el valor de la facturación del consumo hecho.
- Según el RAS 2017, todos los medidores deben estar pre-equipados con sistemas que permitan instalar posteriormente sistemas de lectura remota del volumen de agua consumido.

Las personas prestadoras del servicio de acueducto deben definir las acciones y su periodicidad, orientadas a verificar el adecuado funcionamiento de los medidores, atendiendo las particularidades de su sistema, con base en estudios técnicos. "Para garantizar el cumplimiento de lo establecido en el inciso 3 del artículo 144 de la Ley 142 de 1994, todas las personas prestadoras del servicio de acueducto deberán adoptar sistemas de información, que les permitan llevar y actualizar el catastro de medidores, de conformidad con lo establecido para el efecto por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

El costo de la revisión del equipo de medición será asumido por el prestador cuando surja de la necesidad de verificar su buen funcionamiento por iniciativa de este y/o cuando se derive de desviaciones significativas asociadas al funcionamiento del equipo. "Por su parte, el costo de las revisiones será asumido por el suscriptor o usuario cuando éstas no estén asociadas a desviaciones significativas y sean solicitadas por alguno de estos".

Sólo será posible la reposición, cambio o reparación del medidor por decisión del prestador, cuando el informe emitido por el laboratorio debidamente acreditado indique que el instrumento de medida no cumple con su función de medición.

- Para la reparación y mantenimiento de medidores se deberá realizar programas de mantenimiento y reparación de los medidores en sus instalaciones, siguiendo las normas técnicas de los fabricantes, y en especial la Norma Técnica Colombiana NTC 1063-3 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC. Las demás personas prestadoras de servicio deben realizar convenios con otras empresas prestadoras de servicios que posean talleres de medidores, certificados por la Superintendencia de Industria y Comercio, o con el fabricante, a fin de garantizar su mantenimiento y reparación. Todas las personas prestadoras de servicios deben tener sistemas de información manuales o sistematizados, que les permitan llevar el catastro de medidores, para garantizar que los mismos se revisan, reparan o reemplazan por lo menos cada 3.000 metros cúbicos de marcación.

Mediante la identificación de los procesos unitarios que tienen fallas en el sistema de acueducto ya sea porque estos no están presentes o porque nunca se han utilizado; se realizaron anteriormente los

lineamientos socioambientales con el fin del acueducto veredal de las veredas de La Reforma y Esmeralda disponga de una buena calidad de agua para abastecer a los usuarios presentes en esta zona. Con el desarrollo de los objetivos se pudo identificar que se encuentra fallas en 3 procesos unitarios primordiales para el buen funcionamiento del acueducto y estos sistemas son: La fuente de abastecimiento o microcuenca, el desarenador y el funcionamiento de la planta de tratamiento.

Con respecto a la fuente de abastecimiento, se identificó que la Quebrada San Facundo no cuenta con concesión de aguas por parte de la CAR lo cual hace que este acueducto prácticamente sea ilegal por lo que esta agua no se podría usar, adquirir o aprovechar con el fin de abastecer a esta comunidad presente ya que si se sigue utilizando el agua de esta forma la autoridad ambiental podría iniciar un procedimiento sancionatorio ambiental establecido en la Ley 1333 de 2009 como lo son:

- Decomiso preventivo de productos, elementos, medios o implementos utilizados para cometer la infracción.
- Multas diarias hasta por cinco mil (5.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.
- Revocatoria o caducidad de licencia ambiental, autorización, concesión, permiso o registro.
- Demolición de obra a costa del infractor.
- Trabajo comunitario según condiciones establecidas por la autoridad ambiental.
- Cierre temporal o total del acueducto veredal.

Para lograr el caudal mínimo diario en la fuente de abastecimiento en temporadas de sequía se tiene que disponer de otra fuente de agua como lo es el chorro de la finca El Madrigal que se encuentra en predios del señor Enrique Rodríguez y que permite la disposición de estas aguas para no dejar sin agua a ningún miembro de la Junta de Acueducto Veredal y así tener una buena continuidad del servicio.

El prediseño del desarenador se hizo en base en lo establecido por el RAS 2017 realizando un dimensionamiento apropiado con lo que el acueducto veredal necesita, debido a que en este momento no se cuenta con un desarenador dentro de los procesos unitarios necesarios para el adecuado funcionamiento del acueducto veredal, ya que este proceso es muy importante en la remoción de arenas y otros sedimentos que pueden hacer que el proceso de potabilización no se haga de una forma correcta por lo que el agua suministrada en este momento no llega los hogares en la calidad esperada.

Para el funcionamiento de la planta de tratamiento se deben instalar sistemas de bombeo que permitan que llegue el caudal necesario para realizar los procesos de coagulación o mezcla rápida, filtración que puede ser lenta o rápida y desinfección que se desarrollan en esta etapa del sistema de acueducto, otra de las soluciones es la reubicación de la captación (bocatoma) ya que esta se encuentra en un lugar muy bajo con respecto a la planta de tratamiento lo cual hace que el agua no llegue con suficiente presión para lograr el caudal mínimo que se debe tener para la realización de este proceso que además es muy importante para el tratamiento del agua, además de eso debe hacerse el proceso de dosificación del cloro para el procesos de desinfección ajustando el tiempo de contacto necesario según las condiciones de la planta potabilizadora. No obstante, a pesar de obtener mejores resultados, este tipo de práctica es muy común, aunque no es muy recomendable ya que se pueden formar compuestos como mono cloraminas que pueden generar intoxicaciones y afectar la salud de la población (Corona-Vásquez, Rennecker, Driedger y Mariñas, 2002).

Los procesos de coagulación y filtración se constituyen como operaciones críticas no solo para la remoción del material coloidal sino para la eliminación de microorganismos sobre todo en la eliminación de Ooquistes de *Cryptosporidium* (Huck et al., 2002) ya que la desinfección en las dosis habituales no es suficiente para eliminar los entero parásitos y en especial los ooquistes de *Cryptosporidium*; en el proceso de coagulación es posible eliminar quistes y ooquistes entre el 90% y el 95% (Gray, 1996) por esto las etapas previas adquieren especial significado proporcionando la denominada “barrera múltiple” (OPS, 1996) impidiendo que estos microorganismos lleguen al agua de bebida.

10 Conclusiones

- Con el diagnóstico del estado actual del Acueducto de las veredas “La Reforma y Esmeralda”, se logró identificar que cuenta con un sistema de tratamiento, pero sus condiciones no son favorables con respecto a la infraestructura debido a que desde 1992 año en el que se construyó nunca se ha puesto en funcionamiento y al pasar los años su deterioro ha sido notorio, como también los costos de servicio son bajos lo cual no es suficiente para el mantenimiento y optimización del Acueducto Veredal.
- Al tener este acueducto veredal sin procesos para el tratamiento de potabilización representa riesgos para la salud de las personas que se abastecen de este, por la presencia de elementos fisicoquímicos y microbiológicos como se evidenció anteriormente en los análisis de aguas realizados por el laboratorio Hidrolab.
- Al dar conocimiento a los usuarios sobre el cuidado del ambiente, especialmente al cuidado de las áreas productoras de agua se puede minimizar los impactos y dar permanencia del recurso hídrico en la zona.
- Es de gran importancia hacer alianzas entre los usuarios del acueducto, como también con la autoridad ambiental la CAR y la Alcaldía Municipal de Supatá para desarrollo a los lineamientos propuestos.
- En relación a la calidad del agua los resultados fisicoquímicos los parámetros que superaron los límites permisibles establecidos por el Decreto número 1575 de 2008 fueron Color Aparente con 27 UPC, Hierro Total con 0,3 mg/L Fe y Turbiedad con 3,2 UNT y para los resultados microbiológicos con más presencia fueron Coliformes totales con 698 NMP, lo cual poniendo en marcha la optimización y dando una buena operación al sistema se pueda asegurar el suministro de agua potable a la comunidad.
- Con la optimización del acueducto de las veredas de La Reforma y Esmeralda es probable que se aumente el costo del valor en la facturación por los costos en los productos utilizados para el tratamiento del agua, así como también de los procedimientos que se deben hacer para adecuar la planta, pero todo esto se verá recompensado en el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios del acueducto.

11 Recomendaciones

- Teniendo en cuenta la desinformación de la comunidad se debería dar conocimiento a la población sobre el cuidado del medio ambiente, especialmente el cuidado de las áreas productoras de agua se puede asegurar un impacto favorable a largo tiempo de la permanencia del recurso hídrico en la zona y los beneficios que estos cuidados trae para el ambiente y su bienestar.
- Es importante buscar el apoyo económico de los diferentes sectores públicos y privados incluyendo a los usuarios. Asimismo, se requiere realizar las gestiones gubernamentales, en este caso con la alcaldía municipal.
- Se deben desarrollar nuevos estudios de la quebrada San Facundo, para tener la certeza de cuál es la oferta y demanda hídricas para poder asignar prioridades a los distintos usos que tiene la fuente hídrica, aunque el abastecimiento de agua potable es la prioridad principal para la demanda de las aguas superficiales en el país, tal como lo dicta la Ley 99 de 1993 en su artículo 1°
- Para el adecuado manejo del sistema de acueducto veredal se recomienda realizar el mantenimiento de los procesos unitarios según lo establecido anteriormente en el desarrollo del objetivo número 3.
- Una vez puesto en marcha los lineamientos socioambientales, se recomienda a la Junta de Acueducto Veredal un adecuado manejo y operación de cada uno de los procesos unitarios y equipos para lograr el funcionamiento adecuado y tener agua potable para los usuarios.

12 Referencias Bibliográficas

- Alcaldía de Supata. (2012). Esquema de ordenamiento Supata. “Prosperidad y desarrollo social para Supatá 2012-2015) Recuperado el 26 de agosto de 2017.
- Alcaldía Municipal de Supatá. (2016). *Plan de Desarrollo 2016-2019*. Recuperado el 10 de febrero de 2019.
- Arcos, M., Ávila, S., Estupiñán, S. y Gómez, A. (2005). “Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua”. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Facultad de Ciencias de la Salud. Bogotá, Colombia
- Arturo, L. (1990). “*Diseño básico de acueductos y alcantarillados*”. Universidad EAFIT. Bogotá, Colombia.
- Avila Iglesias, N., & Parada Niño, D. (2018). *PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN TÉCNICO-AMBIENTAL PARA EL ACUEDUCTO REGIONAL ARABIA EN EL MUNICIPIO DE VIOTÁ, CUNDINAMARCA*. Bogota: Universidad El Bosque.
- Cabrera, N (2015). *Propuesta para el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua para los habitantes de la vereda “el tablón” del municipio de Chocontá*. Bogotá D.C.: ECAPMA.
- Cárdenas., I. Y. (2000). *TRATAMIENTO DE AGUA: COAGULACIÓN FLOCULACIÓN*. Lima: SEDAPAL.
- Campos, I. (2000). *Saneamiento ambiental*. San José: Universidad Estatal a distancia.
- Cartagena, U. P. (2010). *Análisis de agua plantas de tratamiento*. Medellín.
- Castillo Mahecha, C. S. (2009). *EVALUACIÓN DE LA DOTACIÓN PARA EL DISEÑO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS PARA MUNICIPIOS COLOMBIANOS TOMANDO COMO BASE BÚSQUEDA EL MUNICIPIO DE MUZO*. Bogotá: Universidad de la Salle.
- CONPES 3810 (2014). *POLÍTICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN LA ZONA RURAL*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Corcho Romero, F., & Duque Serna, J. I. (2006). *ACUEDUCTOS, TEORÍA Y DISEÑO*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Corona-Vásquez, B., Rennecker, L., Driedger, M. y Mariñas, J. (2002). “*Sequential inactivation of Cryptosporidium parvum oocysts with chlorine dioxide followed by free chlorine or monochloramine water*”. Vol. 36. 88-178
- Correa, R. F. (2005). *Valoración económica de ecosistemas estratégicos asociados a fuentes hídricas que abastecen acueductos veredales*. San José: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal.

- DANE, (2016). Necesidades básicas insatisfechas. Tomado de http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=231&Itemid=66
- DANE. (2018). Proyección por Municipios. Bogotá: DANE.
- Estupiñán Torres, S. M., & Ávila de Navia, S. L. (2010). *Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del*. Bogotá: NOVA - Publicación Científica EN CIENCIAS BIOMÉDICAS.
- FUSADES. (2011). *AGUA Y CALIDAD DE VIDA*. Salvador: Iniciativa Thinktank.
- Garcia, L. C. (2015). *Propuesta de diseño de una planta de potabilización para la zona veredal del municipio de Apulo, Cundinamarca – Colombia*. Bogotá: Universidad El Bosque.
- Gobernación de Cundinamarca acuerdo N° 20 de 2016. Diagnostico esquemas de ordenamiento territorial de los municipios del departamento, de conformidad con la concertación CAR. Supata, septiembre 15 de 2016.
- Gray, N. (1996). “*Calidad del agua potable. Problemas y soluciones*”. Zaragoza, España. 49-258
- Harris, D. C. (2003). *Análisis Químico Cuantitativo*. Nueva York: Reverté.
- Henry, G., & Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. Segunda edición. México D.F: Prentice Hall.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Batista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Huck, P., Coffey, B., Emelko, M., Maurizio, D., Slawson, R., Anderson, W. y Melia, C. (2002). “Effects of filter operation on *Cryptosporidium* removal”. *AWWA. Vol. 94. 97-111*
- Idaho Department of Health and Welfare. (2009). El Hierro: en su agua del pozo. Idaho: Bureau of Community and Environmental Health.
- ISAGEN. (2010). *Manual para el manejo de un acueducto veredal*. Granada, Antioquia: CEAM.
- Jiménez, B. E. (2001). *La Contaminación Ambiental en México: Causas, efectos y tecnología*
- Junta Acueducto Veredal La Reforma y Esmeralda, (2017). Documentos juntas acueducto veredal, Supatá.
- López Guzmán, D.R. (2008). *Diseño de planta piloto en el laboratorio nuevo de Ingeniería Ambiental- Universidad El Bosque*. Bogotá D.C: Universidad El Bosque
- López, R. (2003). “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados”. Bogotá, Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería
- McFarland, M. L., & Dozier, M. C. (2001). *Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso*. Texas: Cooperativa de Texas, Sistema Universitario Texas A&M.
- Manahan, S. E. (2007). *Introducción a la química ambiental*. México D.F: Reverté Ediciones.
- MAVDT- Ministerio de ambiente, v. y. (2010). *Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico*. Bogotá.: Viceministerio de ambiente.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2010). *Guía Ambiental de Formulación de Planes de Pretratamiento de Efluentes Industriales*. Recuperado el 17 de septiembre de 2018
- Mora, D. (2009). *Agua*. San José, C.R: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Olivas Enriquez, E., Florez Margez, J. P., Serrano Alamillo, M., Soto Mejia , E., Iglesias Oliva , J., Salazar Sosa, E., & Fortis Hernandez , M. (2011). *Indicadores fecales y patógenos en agua descargada al Río Bravo*. Mexico D.C: Terra Latinoam.

- Organización Panamericana para la Salud (OPS). (1996). *“La calidad del agua potable en América Latina. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química”*. Washington, D.C., USA. ILSI Press. 25-232
- Orozco, C., Pérez, A., Gonzales, M. N., Rodríguez, F., Alfayate, J., Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química., Tercera edición, Thomson Editoriales Spain Paraninfo, S.A., 2005.
- Orozco Gomez, I. E. (2009). *Lineamientos ambientales para la gestión de los acueductos rurales de Pereira*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Pérez, I. J. (2001). *TRATAMIENTO DE AGUAS*. UNIVERSIDAD NACIONAL - FACULTAD DE MINAS.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2015). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Obtenido de Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
- Ramos, R., Sepúlveda, R., & Villalobos, F. (2002). El agua en el medio ambiente: Muestreo y análisis. Mexicali: Plaza y Valdés. Universidad Autónoma de Baja California.
- Resolución 0330 de 2017. “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS”. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Bogotá.
- Reynolds, T., & Richards, P. (1996). *Unit operations and processes in environmental engineering*. Boston: PWS Publishing Company.
- Romero, J. (2006). Purificación del agua. *Escuela colombiana de ingeniería*.
- Sanabria, A. (2010). *GESTIÓN ORGANIZATIVA Y ADMINISTRATIVA PARA LA OPERACIÓN ACUEDUCTOS*. Panamá: Fundación para el Desarrollo Integrado Sostenible.
- SENA. (2012). Operación y mantenimiento de plantas de potabilización de agua. Bogotá
- SUAREZ, D. S. (2006). *CONDUCTIVIDAD ELECTRICA POR EL MÉTODO ELECTROMÉTRICO EN AGUAS*. Bogotá: IDEAM.
- Tobón Martínez, M. A. (2017). *DECLARATORIA DE AREAS PROTEGIDAS REGIONALES EN EL TERRITORIO CAR (SUPATÁ - CUNDINAMARCA)*. Bogotá: UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES U.D.C.A
- Toro, C. G. (2011). *Monitoreo de la calidad de agua- Temperatura*. Puerto Rico: Recinto Universitario de Mayagüez.
- Universidad del Valle. (2018). *AGUA. CONFERENCIA DE AGUA, JUSTICIA AMBIENTAL Y PAZ*. Cali: Cinara.
- Universidad Nacional de Colombia. (2012). *Análisis DOFA*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- URZÚA, A. (2010). Calidad de vida relacionada con la salud: Elementos conceptuales. *Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile*, 358 - 365.
- Valtueña, J. A. (2001). Enciclopedia de la Ecología y la Salud. España: Biblioteca Educación y Salud, SAFELIZ, S.L.
- Voluntarios de Cuerpo de Paz. (2010). *Manejo de Acueductos Rurales*. Panamá.