UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Saneamiento básico en áreas rurales de Colombia, caso de estudio veredas la Garrucha, Mina Rica y Lisboa del corregimiento de la Cristalina, Manizales - Caldas.

Brajhan Guzman Polo

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de ingeniería Química

Manizales, Colombia

2020

Saneamiento básico en áreas rurales de Colombia, caso de estudio veredas la Garrucha, Mina Rica y Lisboa del corregimiento de La Cristalina, Manizales – Caldas.

Brajhan Guzman Polo

Trabajo final presentado para optar al título de:

Magister en Ingeniería – Ingeniería Ambiental

Directora:

Adela Londoño Carvajal

Línea de Investigación:

Agua y saneamiento básico

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química

Manizales, Colombia

2020

A mis padres Albenis Polo y Albeiro Guzman, sin su ejemplo y ayuda constante posiblemente no sería la persona que soy hoy… Son ellos los que me han formado y dan fuerza para entregar todo por la construcción de un país.

"Cualquier ser humano, para serlo plenamente, debería ser libre y aspirar a la igualdad entre los hombres, ser solidario y respetar activamente su propia persona y las demás personas, trabajar por la paz y el desarrollo de los pueblos, conservar el medio ambiente y entregarlo a las generaciones futuras no peor de lo que lo hemos recibido…"

Adela Cortina

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Brajhan Guzman Polo

Brajhan Guzman Polo

Fecha 16/10/2020

Agradecimientos

A cada uno de los docentes que he tenido a lo largo de mi proceso formativo como Magister y en especial a la Docente Adela Londoño, directora de este trabajo y persona que siempre me ratifico el reto tan grande que tenemos como profesionales en la construcción de un país.

A la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, mi universidad, aquella que me puso a disposición sus instalaciones y la que me permitió conocer grandes profesionales en diferentes áreas del conocimiento que de alguna forma aportaron a mi formación.

A mis hermanas, Katherine y Jennifer Guzman Polo, dos mujeres que en sus diferencias siempre me dieron fuerza y enseñaron el verdadero valor de la amistad y lealtad.

A Ecoloma, empresa manizaleña que está dispuesta a colaborar con la población rural para la ejecución de una propuesta acá plasmada y al Señor Agustín Hidalgo por su disposición y colaboración en la recolección de información para el desarrollo de este documento.

A Lina, Sebastián, Kevin, y cada uno de mis amigos, aquellos que conocí en las aulas de clase y a los que este camino me llevó a conocer, gracias por sus consejos y ayudas, y por cada una de las experiencias inolvidables a lo largo de estos años.

Finalmente, a mí, por siempre confiar en mis capacidades a pesar de los inconvenientes y por las ganas de construir una Colombia más equitativa desde mis conocimientos.

Resumen

Este trabajo tiene como fin proponer una solución de agua y saneamiento básico para áreas rurales de Colombia, el cual se realizó en las veredas Lisboa, La Garrucha y Mina Rica, pertenecientes al corregimiento La Cristalina como caso de estudio; donde se evidenció que estas presentan inconvenientes en acceso al agua potable y el goce de saneamiento básico, aún contando con sistemas de tratamiento de agua residual y potable. Es por esta razón, que surgió la necesidad de generar una propuesta que solucione estos problemas, y además plantee un aprovechamiento adecuado de residuos sólidos generados, de forma que ayude a gozar de buena salud y un ambiente sano a los habitantes del corregimiento.

Por lo tanto, se plantea una estrategia metodológica con el objetivo de que los habitantes en cabeza de sus líderes sociales y en compañía de la Junta Administradora de acueducto, puedan hacer un seguimiento y mantenimiento de los sistemas existentes y un correcto aprovechamiento de residuos. Se proponen tres metodologías acordes a la población, para ser implementadas y garantizar un buen funcionamiento de los sistemas existentes, además se proponen alternativas de aprovechamiento de residuos.

Es de resaltar que estas propuestas tendrán un gran impacto con los pobladores cuando logren apersonarse y trabajar en comunidad para garantizar y promover una mejor calidad de vida para las presentes y futuras generaciones.

Palabras clave: Agua potable, saneamiento, residuos sólidos, población rural

Abstract

Basic sanitation for rural areas of Colombia, case study villages of La Garrucha, Mina Rica and, Lisboa of the hamlet La Cristalina Manizales - Caldas

The intention of this work is to propose a water solution and basic sanitation for rural areas of Colombia, which was carried out in the villages of Lisboa, La Garrucha, and Mina Rica, belonging to the hamlet La Cristalina as a case study. Where it was evinced that these presented issues of accessing drinking water and basic sanitation even though they have residual and potable water treatment systems. As a result, the necessity of a solution to these issues. Furthermore, propose an adequate use of the solid waste generated. Thus, I helped the inhabitants of the hamlet to enjoy good health and a healthy environment.

Therefore, a methodological strategy is proposed with the objective that the inhabitants, headed by their social leaders and the Aqueduct Administrative Board, can monitor and maintain the existing systems and the correct use of waste. Three methodologies are proposed according to the population, to be implemented and guarantee a good functioning of the existing systems, in addition to proposing alternatives for the use of waste.

It is noteworthy that these proposals will have a great impact on the inhabitants, when they appear and work in the community to guarantee and promote quality of life with the current and future generations.

Keywords: Drinking water, sanitation, solid wastes, rural population.

Contenido

Pág.
Resumen ..... **IX**
Lista de figuras ..... **XIII**
Lista de tablas ..... **XIV**
Lista de Símbolos y abreviaturas ..... **XV**
Introducción **1**
Planteamiento del problema **5**
Corregimiento la Cristalina **8**
1. Objetivos **13**
1.1 Objetivo general 13
1.2 Objetivos específicos 13
2. Agua potable y saneamiento básico **15**
2.1 Factores que intervienen en el saneamiento básico 15
2.1.1 Agua potable 15
2.1.2 Agua Residual 16
2.1.3 Residuos sólidos 18
2.2 Avances en agua potable y saneamiento básico 19
2.2.1 Agua potable y saneamiento básico en el mundo 20
2.2.2 Agua potable y saneamiento básico en Colombia 22
2.3 Marco normativo colombiano de agua y saneamiento 24
2.4 Instituciones de apoyo y gestión de recursos 29
3. Metodología **31**
4. Propuesta de abastecimiento de agua potable **35**
4.1 Descripción de la FiME 37
4.1.1 Filtro Grueso Ascendente en Capas 39
4.1.2 Filtro Lento en Arena 40
4.2 Metodología de seguimiento y evaluación de la FiME 43
4.2.1 Cálculo de caudal 43
4.2.2 Consideración para el dimensionamiento de las unidades de filtración 44
4.2.3 Propuesta de seguimiento y evaluación de la FiME 46
4.3 Mantenimiento de la FiME 50
4.3.1 Filtro Grueso Ascendente en Capas 50
4.3.2 Filtro Lento en Arena 51
4.4 Recomendaciones de operación y mejoramiento 53
4.4.1 Sistema de desinfección 54
4.4.2 Seguimiento de variables 55
4.4.3 Cambio del material filtrante 56
4.5 Importancia de la PTAP existente 56
5. Propuesta para el manejo de las aguas residuales **59**
5.1 Descripción de los sistemas 59

5.1.1 Sistema de cribado....60
5.1.2 Trampa de grasas....61
5.1.3 Tanque Séptico....62
5.1.4 Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)....62
5.1.5 Disposición del efluente....63
5.2 Mantenimiento del sistema....63
5.2.1 Inspección general....64
5.2.2 Cribado....65
5.2.3 Trampa de grasas....65
5.2.4 Tanque séptico....65
5.2.5 Filtro anaerobio de flujo ascendente....66
5.2.6 Campo de infiltración....67
5.2.7 Disposición final de lodos....67
5.3 Implementos de seguridad requeridos en el mantenimiento....68
6. Propuesta de manejo de residuos sólidos....69
6.1 Importancia de separación en la fuente....70
6.2 Compostaje....71
6.2.1 Compostera individual....71
6.2.2 Compostera comunitaria....73
6.3 Aprovechamiento de material plástico....75
6.4 Lista de recolectores....76
7. Conclusiones y recomendaciones....79
A. Anexo: Resumen de actividades con periodicidad y tabla de tomas de datos..81
B. Anexo: Poster pedagógicos....87
C. Anexo: carta de apoyo Ecoloma....89
Bibliografía....91

Lista de figuras

Pág.
Figura 7-1: Mapa de problemas del corregimiento la Cristalina 7
Figura 1-2: Mapa de los corregimientos de Manizales..... 8
Figura 2-1: Esquema convencional de un sistema de potabilización 16
Figura 2-2: Esquema centralizado de PTAR..... 17
Figura 2-3: soluciones individuales y colectivas para población rural 18
Figura 2-4: Clasificación física de los residuos 19
Figura 2-5: Avance en agua y saneamiento para la población rural y urbana..... 22
Figura 4-1: Esquema del sistema de acueducto del corregimiento..... 35
Figura 4-2 Tratamiento primario y tanque el faro 36
Figura 4-3: Secuencia de una FiME 37
Figura 4-4: Foto de la FiME del corregimiento..... 38
Figura 4-5 Unidades de la PTAP 39
Figura 4-6: Esquema isométrico de un FGAC 40
Figura 4-7: Filtro lento en Arena del corregimiento 41
Figura 4-8: Esquema isométrico de la FLA..... 42
Figura 4-9: Kit de piscina para seguimiento de variables..... 55
Figura 5-1: Secuencia de un sistema séptico 60
Figura 5-2: Esquema de un sistema séptico..... 60
Figura 5-3: Corte trasversal de un sistema séptico..... 64
Figura 6-1: Secuencia para la separación en la fuente. 69
Figura 6-2: Clasificación de los residuos según su procedencia..... 70
Figura 6-3: Compostera casera 72
Figura 6-4: Compostera comunitaria 75

Lista de tablas

Pág.
Tabla 1-1: Equipamiento del corregimiento la cristalina 9
Tabla 2-1: Marco normativo de agua y saneamiento básico para el sector rural. 24
Tabla 2-2: Puntaje de los parámetros del IRCA 27
Tabla 2-3: Puntaje de riesgo del IRCA 28
Tabla 4-1: Resumen del cálculo de caudal..... 43
Tabla 4-2: Parámetros de calidad para el agua..... 44
Tabla 4-3: Estratificación del lecho del FGAC 45
Tabla 4-4: Características del lecho del FLA..... 46
Tabla 4-5: Parámetros de diseño de una FiME 48
Tabla 4-6: Recomendaciones para la estratificación de un lecho en un FGAC 48
Tabla 4-7: Recomendaciones de diseño de un FGAC y una FLA 48
Tabla 4-8: Ecuaciones de diseño 49
Tabla 4-9: Resumen de la unidad de desinfección..... 54
Tabla 6-1: Relación carbono nitrógeno de diferentes residuos orgánicos..... 73
Tabla 6-2: Lista de compradores de material reciclable 76

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI
A	Área	m^2
Q	Caudal	m^3/s – l/s
UFC	Unidades formadoras de colonia	UFC/100 ml
UPC	Unidades platino cobalto para color en agua potable	
Cu	Coeficiente de uniformidad	Adimensional

Abreviaturas

Abreviatura	Término
STAP	Sistema de tratamiento de agua potable
PTAR	Planta de tratamiento de agua residual
PTAP	Planta de tratamiento de agua potable
AR	Agua residual
IRCA	Índice de Riesgo por Calidad de Agua
QMD	Caudal Máximo Diario
NTU	Unidades nefelométricas de turbidez
FiME	Filtración en Múltiples Etapas
min	Minutos
VAR	Válvula de Apertura Rápida
JAA	Junta Administradora de Acueducto
FLA	Filtro lento en arena
FGAC	Filtro grueso ascendente en capas

Introducción

El saneamiento básico es conocido como la forma por medio de la cual se mejoran las condiciones sanitarias de una población, para garantizar fuentes y sistemas de abastecimiento de agua potable para uso doméstico y consumo humano, lograr una disposición adecuada de las aguas utilizadas en los hogares y en las actividades agropecuarias e industriales, así como una correcta disposición de los residuos sólidos generados en las poblaciones. Los residuos pueden ser clasificados en sólidos, líquidos y gaseosos. El residuo líquido es en esencia el agua que se desecha luego de ser usada en cualquier actividad doméstica, industrial o de agricultura. Los residuos generados en los quehaceres del hogar (lavado de ropa, cocción de alimentos, descargas de baños, entre otros), en oficinas (descargas de baños y cocinetas), y en establecimientos comerciales (descarga de los baños) son denominados aguas residuales domésticas (ARD) (Lizarazo & Orjuela, 2013).

Cuando las poblaciones crecieron los ríos comenzaron a utilizarse simultáneamente como fuente de abastecimiento y como medio de transporte de desechos domésticos e industriales, el saneamiento era casi nulo lo que dificultó notablemente el suministro de agua potable (Sanchez, 1994). Así mismo, al realizar un vertimiento sin tratar, a un cuerpo de agua, se producen cambios en sus características (mal sabor, mal olor, incremento o descenso de temperatura, etc.), lo que ocasiona efectos negativos sobre el ecosistema acuático y terrestre del cuerpo receptor; estas alteraciones traen consigo consecuencias como la disminución de la fauna y flora, y la imposibilidad de usar el recurso hídrico en diferentes actividades productivas. Paralelamente causan diversas enfermedades en los humanos como cólera, tifoidea, disenterías, fiebre amarilla y/o enfermedades diarreicas agudas (Sanchez, 1994), como consecuencia de la contaminación causada por actividades antrópicas y consumo directo de agua cruda.

Debido a esto, las poblaciones que no cuentan con sistemas de saneamiento básico o estos no presentan óptimas condiciones de operación, exhiben indicadores desfavorables de desarrollo, como lo reveló la organización panamericana de la salud en el 2011. Además, esta falencia genera morbi-mortalidad para menores de cinco años; si se contara con sistemas idóneos y en buen funcionamiento, se podría reducir hasta un 80% las enfermedades y muertes relacionadas con el agua, teniendo así un aumento en la calidad de vida, y así favorecer el desarrollo del capital humano y el crecimiento económico de una región (Organización panamericana de la salud, 2011).

A través de los años ha sido notable la brecha en el acceso a servicios de saneamiento del sector rural frente al sector urbano. Se estima que hay más de tres habitantes de áreas rurales sin servicio por cada habitante de zonas urbanas sin servicio; a lo anterior es necesario adicionarle la emigración de personas de la zona rural a la zona urbana lo que genera un aumento de los habitantes en este último sector sin servicio (Organización Mundial de la salud & UNICEF, 2007).

En el presente documento se analiza el caso de tres veredas del Corregimiento la Cristalina pertenecientes al municipio de Manizales, Caldas, Las cuales cuentan con sistemas de tratamiento para agua potable y soluciones individuales y colectivas para la depuración de las aguas grises y negras generadas por la población. En el análisis se incluye el estado actual de los sistemas de depuración y la calidad de agua entregada a la población mediante el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA), donde se asignan puntajes de riesgo acorde a características físicas, químicas y microbiológicas del agua (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018). Con base en lo anterior se evidenció un IRCA de 76% (Alcaldía de Manizales, 2017), el cual representa un riesgo alto por ingesta de esta agua, y los sistemas de tratamiento de agua residuales presentan falencias en el mantenimiento o inexistencia de este por largos periodos de tiempo, ocasionando colmatación y reboses en las unidades de saneamiento existentes.

Con relación a lo mencionado, surge la necesidad de gestionar y proponer alternativas para mejorar y corregir el funcionamiento de los sistemas de tratamiento de agua potable y aguas residuales existentes en el corregimiento la Cristalina, lo cual implica aplicar conocimientos de ciencia e ingeniería para eliminar y controlar la contaminación que estas aguas contienen, teniendo como objetivo final, no solo aportar a mejorar la calidad

de vida de los habitantes, si no al bienestar de la población y a la preservación del medio ambiente. Las soluciones plateadas en este trabajo fueron establecidas bajo lineamientos conceptuales y de revisión bibliográfica, que basados en información secundaria y disponible en los entes gubernamentales se plantearon las alternativas de mejora para los componentes de agua potable, agua residual y disposición de basuras. Lo anterior debido a las limitaciones de la emergencia sanitaria desatada por la COVID-19, que impidieron un acercamiento con la comunidad.

Planteamiento del problema

En los últimos años han empezado a tomar fuerza dos términos muy importantes: **agua potable y saneamiento básico.** Términos que, si se cumplen y garantizan a una población, ayudan a cerrar brechas de pobreza y desigualdad. Estos términos hacen referencia a tener agua en óptimas condiciones y que no pongan en riesgos la salud humana. El acceso a buen saneamiento está ligado con la disposición adecuada y sanitaria de excretas y residuos sólidos.(Organización Mundial de la salud, 2018)

Cabe resaltar que el agua es un recurso natural valioso para la salud humana, la seguridad alimentaria, la erradicación de la pobreza y muchos aspectos que son tenidos en cuenta en el desarrollo sostenible. Sin embargo, como muchos recursos naturales se ve amenazada por factores de contaminación, lo cual limita su uso y hace complejo su tratamiento. Además, Las Naciones Unidas mencionan en su informe de los Objetivos de Desarrollo sostenible del año 2019 que, si bien se ha aumentado la cobertura de agua potable y saneamiento, aún existen millares de personas sin esta condición y principalmente están ubicados en las zonas rurales de los territorios. (Organización de las Naciones Unidas, 2019)

La calidad de agua es un factor primordial para determinar si se goza de agua potable y de esta forma ayuda a evidenciar factores de riesgo para la salud humana. Colombia con ayuda del Instituto Nacional de Salud (INS) hace seguimiento en todo el territorio al IRCA y da a conocer la calidad del agua que está tomando la población y en su último informe (2018) el municipio de Manizales presenta que el IRCA promedio para el sector urbano y rural es de 18.5%, presentando un nivel de riesgo medio y siendo impactado directamente por el IRCA rural del municipio, puesto que el área urbana presentó un Índice de Riesgo de 1.27 y es un agua sin riesgo al ser bebida. La zona rural presentó un índice de riesgo alto, con una puntuación de 45% de índice de Riesgo por Calidad de

Agua y que esta puede presentar riesgo alto para salud al ser tomada. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2019)

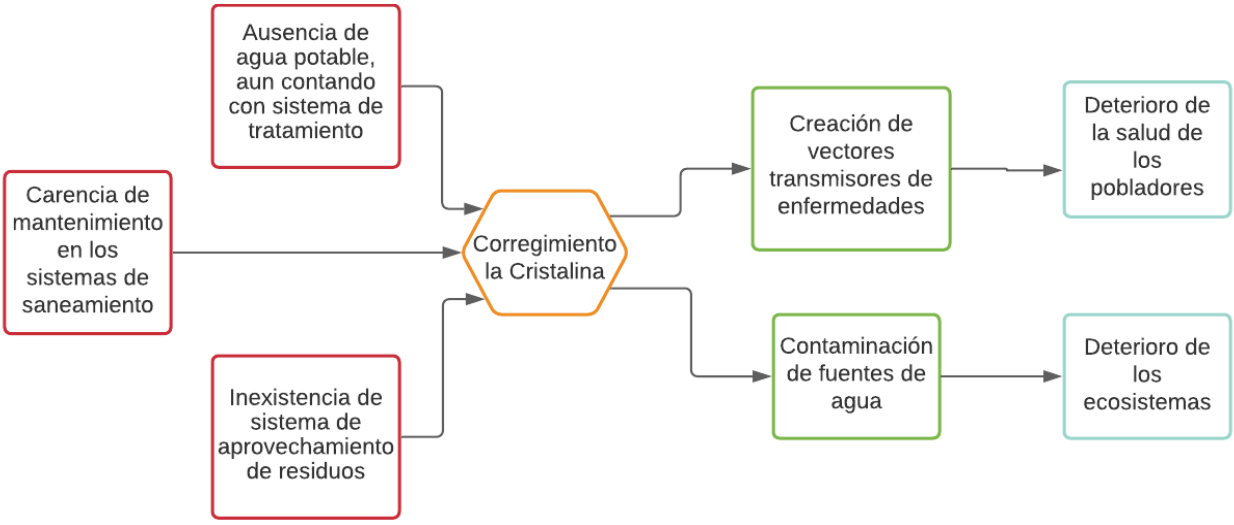
A continuación, se narrará una de las llamadas sostenidas con el señor Agustín Hidalgo, en donde él comenta el estado actual de las veredas en el campo de agua potable y saneamiento básico. El señor Agustín cumple funciones de fontanero y operario de la Junta Administradora del Acueducto y que presta el servicio de acueducto para las veredas de Mina Rica, La Garrucha y Lisboa, del corregimiento la Cristalina del municipio de Manizales.

Don Agustín empieza comentado el olvido en el que se encuentran las veredas por el gobierno local en este ámbito, menciona que desde hace más de 10 años él no conoce inversiones, ni asesorías para mejorar sus sistemas de tratamiento de agua potable y agua residual, menciona que fueron instalados los sistemas y se olvidaron por completo. Ligado a esta problemática menciona para el sistema de tratamiento de agua potable (STAP) cuenta con unas cámaras de filtración de grava, las cuales hacen que el agua salga más limpia al finalizar, adicionalmente es enfático en que no realizan desinfección al agua tratada y que en algún momento le dijeron que tenía - “esos bichos que los pueden enfermar”-, seguramente hacían alusión a presencia de coliformes en el agua tratada. Adicionalmente, en cuanto a saneamiento básico menciona que se tienen tres plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), una para cada vereda y supone que solo una de estas funciona adecuadamente, ya que las dos restantes siempre presentan derrames y que es por falta de mantenimiento, el cual no saben hacer de forma adecuada y no pueden pagar a una empresa externa que lo haga. Finalmente, el manejo de residuos sólidos se hace principalmente por recolección del carro compactador semanalmente los jueves y en algunas ocasiones aprovechan los residuos orgánicos generados en las fincas y casas como abono.

La Alcaldía de Manizales en su Plan de Ordenamiento Territorial 2017-2031 pone en evidencia la necesidad de las tres veredas, para garantizar agua potable y saneamiento básico, ya que muestra que el IRCA para el acueducto de la Cristalina es de 76.5%, un índice alto y que afecta directamente la salud de los pobladores. Además, comenta que el corregimiento cuenta con tres sistemas para tratar parte de las aguas residuales

generadas en las veredas, las cuales no están en correcto funcionamiento. (Alcaldía de Manizales, 2017)

Figura 7-1: Mapa de problemas del corregimiento la Cristalina



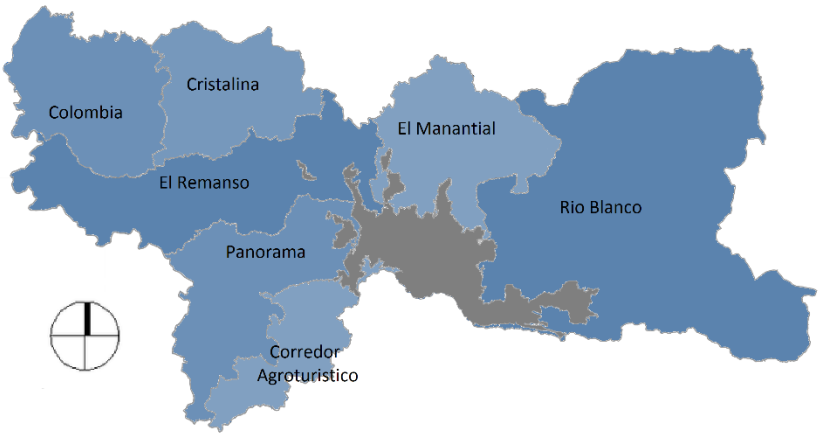
Finalmente se evidencia que las tres veredas pertenecientes al corregimiento la Cristalina, presentan inconvenientes en acceso al agua potable y el goce de saneamiento básico, aún contado con un sistema de tratamiento de agua potable y de igual forma no se da una disposición adecuada de las aguas residuales (AR) por mal manejo de los sistemas con los que cuentan actualmente, es por esta razón que surge la necesidad de generar una propuesta que solucione estos problemas, junto con un aprovechamiento adecuado de residuos sólidos, ayudando a mejorar la salud y la calidad de vida de los pobladores del corregimiento y disminuyendo la contaminación de los ecosistemas.

Corregimiento la Cristalina

El corregimiento la cristalina es uno de los 7 corregimientos que tiene el municipio de Manizales, el cual se encuentra ubicado al noroccidente de la cabecera Municipal aproximadamente a 26.7 kilómetros en la vía que comunica Manizales-Anserma, y está compuesto por las veredas de Lisboa, La Garrucha, Fonditos, Guineo, Tarroliso, Mina Rica, El Cascarero.

La llegada al corregimiento tiene un recorrido que toma 45 minutos desde el centro de la ciudad; ésta limita al Norte y al Oriente con el municipio de Neira, al occidente con el corregimiento Colombia y al sur con el corregimiento Remanso. Entre sus principales vías de acceso, se cuenta la vía Antigua a Anserma por el sitio denominado la Quiebra de Vélez, así mismo estas vías conducen del Alto Lisboa hacia Fonditos, en un trayecto de 3.7 kilómetros (Alcaldía de Manizales, 2013).

Figura 1-2: Mapa de los corregimientos de Manizales



Fuente: Disponible en la web

El desarrollo del corregimiento es rectilíneo, enmarcado por toda la cima (filo) de la montaña a lado y lado de la carretera, es un punto de encuentro para la comercialización del café. El nombre de una de sus veredas se debe a que anteriormente se obligaba el transporte del agua para el consumo en tinajas o "garruchas", debido a la inexistencia en el momento del acueducto veredal (Alcaldía de Manizales, 2020).

Por otra parte, las grandes lomas montañosas de la topografía se convierten en una limitante para la construcción de vivienda e infraestructura de servicios básicos, así como de espacios públicos y recreativos ya que gran parte del corregimiento está rodeado por grandes montañas. Es por esto por lo que su potencial se encuentra en el paisaje, pues se constituye en una de las características principales, otorgándole al sitio vistas magníficas y lejanas a 360°. Así mismo, la temperatura del corregimiento la cristalina ronda los 21.7 grados centígrados.

La población del corregimiento la cristalina es cercana a los 1430 habitantes entre las veredas la Garrucha, Lisboa, Mina Rica y Fonditos, teniendo en cuenta que en época de cosecha este número de habitantes tiende a duplicarse, ya que la principal actividad que desarrollan sus habitantes es la agrícola, pues el área de influencia es casi exclusivamente cafetera, por lo tanto, la actividad económica de la población de la zona en su mayoría se encuentra enfocada al sector agrícola (Alcaldía de Manizales, 2020).

Tabla 1-1: Equipamiento del corregimiento la cristalina

Equipamiento	Cantidad	Vereda(s)
Salud (Centros de salud)	2	Alto Lisboa, La Garrucha
Instituciones Educativas	6	El Guineo, Arabia, Lisboa, Mina Rica, Tarroliso, Fonditos
Equipamiento de culto	1	La Garrucha
Equipamiento recreativo y deportivos	1	La Garrucha

Equipamiento de seguridad (estación de policía)	1	Alto Lisboa
Sede comunal	4	Alto Lisboa, Tarroliso, Mina Rica, Garrucha.

Fuente:(Alcaldía de Manizales, 2017)

El corrimiento en cuando al aprovisionamiento de servicios públicos cuenta con lo siguiente:

Acueducto: Este fue construido por el comité de Cafeteros, va paralelo a la vía de la cabecera municipal. Las fuentes abastecedoras son la quebrada La Gregorita del municipio de Neira y la quebrada la Cristalina, y la primera de estas presenta problemas de deforestación. El acueducto cuenta con 4 bocatomas de fondo desde las cuales, el agua es conducida por tubería, al desarenador, de allí sale para el sistema de tratamiento y finalmente es conducida a las viviendas con un paso previo por varios tanques abastecedores. (Alcaldía de Manizales, 2013).

El corregimiento cuenta con un sistema de acueducto principal conocido por el nombre del mismo corregimiento y que surte a las veredas de Lisboa, Mina Rica y la Garrucha. El sistema de tratamiento existente es una planta de filtración en múltiples etapas (FiME) con una capacidad de 14.5 L/s, compuesta de tres cámaras, una ascendente en filtro grueso y dos filtros lentos en arena, además cuenta con 4 bocatomas de fondo con sus respectivos permisos de captación y seguido de un desarenador antes de llegar a la FiME (Alcaldía de Manizales, 2017)

Alcantarillado: No existe alcantarillado para el corregimiento, la disposición de aguas residuales funciona por medio de pozos sépticos para pequeñas aglomeraciones de viviendas o un pozo para cada una. Además, las escuelas y colegios tienen tanques sépticos los cuales se encuentran obstruidos y se rebosan. En general los sistemas de tratamiento de las aguas residuales del corregimiento están constituidos por tres tratamientos anaerobios (sistema séptico) que atienden un 47% de la población, un 48% de la población cuenta con sistemas sépticos en sus casas como solución individual a las

aguas producidas y el 5% restante no tiene manejo de Aguas residuales (Alcaldía de Manizales, 2017).

Aseo: Para la disposición final de residuos sólidos la empresa EMAS S.A. se encarga de un 78% de los residuos generados y el restante 22% no se conoce su proceso de disposición, el carro recolector visita la zona rural una vez a la semana. La disposición final de los residuos sólidos consiste en sacar semanalmente la basura para que el carro compactador haga la recolección, así mismo no se tiene un sistema de separación en la fuente (Alcaldía de Manizales, 2017).

Finalmente se puede evidenciar que las veredas de Mina Rica, La Garrucha y Lisboa del corregimiento cuentan con unas alternativas de saneamiento básico que provén al corregimiento mayor calidad de vida, pero que por diversos motivos estas no funcionan de manera adecuada lo cual genera que el agua que estas personas consumen no sea apta para este fin y puedan poner sus vidas en riesgo sanitario y además al no poder tratar de forma eficiente sus aguas residuales ocasiona factores de riesgo de contaminación ambientales, es por esta razón que en este trabajo se plantean soluciones para poder lograr saneamiento en cuanto al agua potable, tratamiento de aguas residuales y manejo adecuado de residuos sólidos (basuras) para que esta población pueda gozar de condiciones óptimas de calidad de vida, en cuanto a saneamiento se refiere.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Proponer una solución de saneamiento básico para áreas rurales de Colombia, caso de estudio Veredas Lisboa, La Garrucha y Mina Rica, pertenecientes al corregimiento la Cristalina, municipio de Manizales – Caldas.

1.2 Objetivos específicos

- Presentar una evaluación de la alternativa de abastecimiento de agua potable.
- Plantear una propuesta para el manejo de aguas residuales del área rural.
- Proponer un plan de manejo de residuos sólidos para la población.

2. Agua potable y saneamiento básico

Definir este tema en muchas ocasiones puede causar ambigüedad debido a la cantidad de términos que están inmersos en este. Para este caso se decidió tomar la definición desde la carencia, analizando cuándo no se cuenta con saneamiento básico y para esto se tendrá en cuenta lo propuesto por Castro y Pérez (2009), en su documento Saneamiento rural y salud, Guía para acciones a nivel local:

La carencia de agua potable en cantidad, calidad, continuidad y a un costo adecuado, así como la disposición inadecuada de excretas y de residuos sólidos, además de perjudicar la calidad de vida y las condiciones de producción, afectan la integridad de las cuencas hidrográficas en general y de las fuentes de agua en particular. Dicho deterioro, unido a la carencia de agua potable crean ambientes insalubres que propician las enfermedades y disminuyen la productividad de la población (Castro & Pérez, 2009).

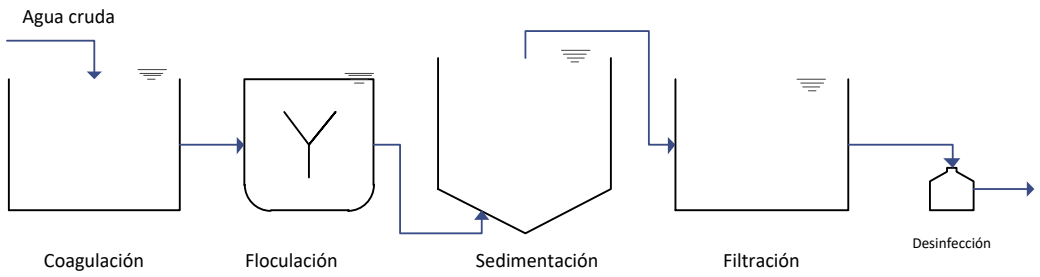
2.1 Factores que intervienen en el saneamiento básico

2.1.1 Agua potable

El agua potable es aquella que puede ser “bebible”, es decir el agua que puede ser consumida por una población y no representa riesgo para la salud por presencia de contaminantes. El término potable es aplicado al agua cruda que ha sido tratada para consumo humano y cumple unos estándares de calidad determinados por autoridades locales e internacionales (Romero, n.d.). La legislación colombiana propuesta por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en la resolución 0330 de 2017 plantea un factor diferenciador en las tecnologías aplicadas a la potabilización del agua y son caracterizadas por:

- Sistemas convencionales: En esta categoría se especifica que un sistema de tratamiento de agua convencional, para obtener agua potable, es aquel tren de procesos de tratamientos fisicoquímicos bien conocidos y utilizados en la práctica. Generalmente se refiere a procesos de tratamiento que están integrados por unidades de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y por último la unidad de desinfección. Esta última etapa se caracteriza por darle condiciones de ausencia de microorganismos patógenos que puedan poner en riesgo la salud de la población. Este sistema también es conocido como tratamiento físico químico convencional.

Figura 2-1: Esquema convencional de un sistema de potabilización



- Sistemas no convencionales: Dentro de esta categoría están inmersos todos los sistemas usados para la potabilización de agua que requieren más conocimientos técnicos para su diseño, operación y/o mantenimiento, adicionalmente presentan mayor costo de inversión y sostenimiento. En esta categoría se pueden resaltar procesos de filtración mediante membranas, procesos térmicos, procesos de oxidación avanzada, adsorción con carbón activado entre otras.

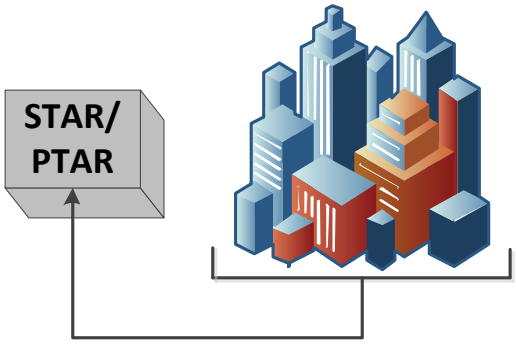
2.1.2 Agua Residual

Las aguas residuales, son las aguas vertidas luego de ser usadas en los hogares, áreas urbanas, agropecuarias e industriales; éstas pueden ser clasificadas según su procedencia: si estas son de hogares o zonas urbanas residenciales, se les conoce como aguas residuales domésticas (ARD), y si provienen de algún proceso industrial, son conocidas como aguas residuales no domésticas (ARnD) (Resolución 0330, 2017, Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio). Teniendo en cuenta que las aguas residuales

presentan una composición alterada según su procedencia, es necesario plantear sistemas de tratamiento para disminuir o eliminar la presencia de compuestos contaminantes en estas. Los sistemas que se pueden usar para el tratamiento de efluentes de ARD se pueden clasificar de la siguiente manera:

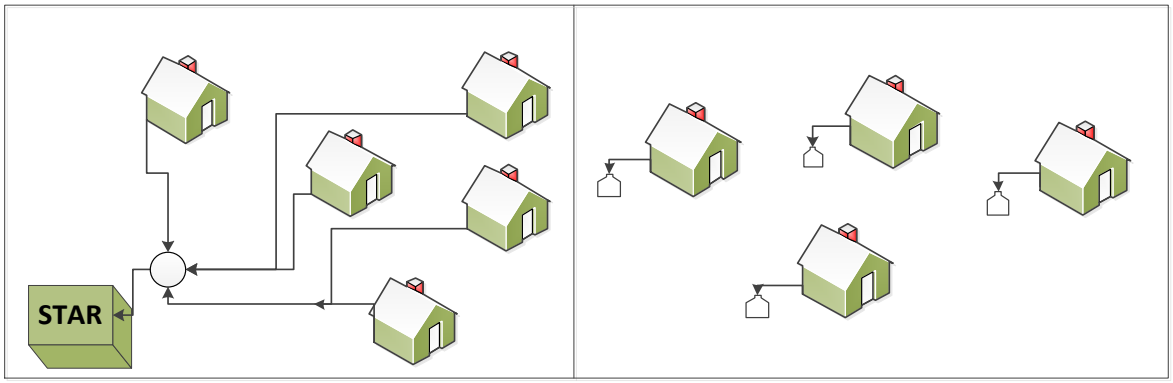
- Sistemas centralizados: Este tipo de sistemas consiste en conducir todas las aguas residuales producidas por una población, mediante sistemas de alcantarillado, hacia una única planta de tratamiento. Se caracterizan por ser sistemas robustos y con necesidades técnicas especializadas. Dentro de esta clasificación se pueden tener reactores aerobios (lodos activados), reactores anaerobios, lagunas aerobias, anaerobios y/o facultativas, entre otros. (Resolución 0330, 2017, Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio).

Figura 2-2: Esquema centralizado de PTAR



- Sistemas descentralizados: La descentralización consiste en proponer soluciones individuales a un grupo pequeño de viviendas para el tratamiento de las aguas residuales. Son muy usados para el tratamiento de ARD generadas en áreas rurales de Colombia y en esta clasificación se pueden evidenciar los tratamientos como: pozos sépticos, filtros anaerobios de flujo ascendente, campos de infiltración, humedales, entre otros. (Resolución 0330, 2017; Resolución 0844, 2018. Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio).

Figura 2-3: soluciones individuales y colectivas para población rural

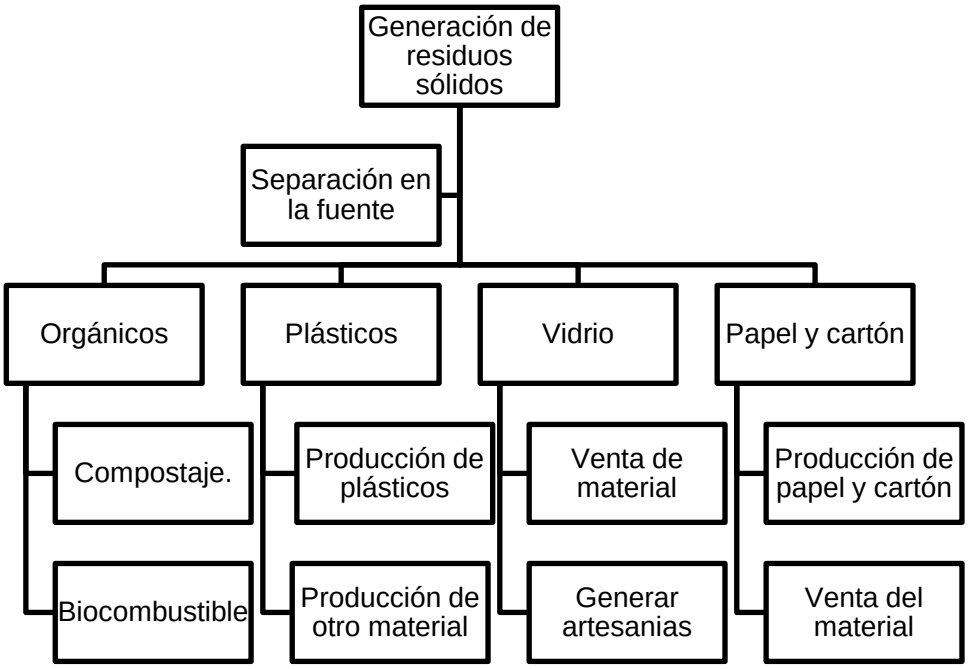


2.1.3 Residuos sólidos

Los residuos sólidos son todos los materiales que cumplen un ciclo y son descartados por la población, considerados por sus productores como inservibles, desechables o indeseables, y generalmente se presentan en estado sólido; los residuos que genera una población son bien conocidos como basura y están constituidos principalmente por objetos de uso diario de la población que se utilizan y luego se desechan, como los envases, residuos de poda de jardines, muebles, ropa, sobras de comida, papeles, electrodomésticos, entre otros. (Londoño et al., 2014).

Los residuos pueden ser clasificados de diferentes maneras, una de ellas es según su composición física, en donde se puede catalogar por, residuos orgánicos, papel y cartón, plástico, textiles, madera, metales, vidrio, y otros. Además, pueden ser clasificados según su composición química, manejo, disposición, riesgos potenciales y/o origen. La forma más usada para clasificar los residuos sólidos o basuras, como suelen ser llamados en el territorio nacional, es la clasificación física. (Londoño et al., 2014).

Figura 2-4: Clasificación física de los residuos



Modificado de: (Londoño et al., 2014)

Es necesario resaltar que muchos de los residuos generados por una población pueden ser aprovechados de diferentes maneras y lograr que se reincorporen al ciclo económico y productivo de forma eficaz; la Figura 2-4 muestra posibles usos que se le pueden dar a cada tipo de residuo, siempre y cuando se haga una adecuada separación en la fuente de los desechos. También al ser aprovechado puede dejar de ser un residuo y convertirse en insumos de valor agregado a la población que se encargue de trabajarlos y/o procesarlos y no solo generar beneficios económicos, sino también sanitarios y ambientales.

2.2 Avances en agua potable y saneamiento básico

Los avances en saneamiento básico se empiezan a seguir de forma conjunta a nivel internacional, luego de una asamblea de las Naciones Unidas decretaron o crearon la necesidad mundial de ponerse metas en diferentes aspectos de gran relevancia y que ayudan a vencer la lucha contra el hambre y la desigualdad; es por esta razón que se crean los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) para el año 2000. Estos están compuestos por 8 objetivos principales e interrelacionados que fueron medidos durante

15 años consecutivos, donde mostraban los avances en temas de erradicación del hambre, prevención de enfermedades, sostenibilidad ambiental y entre otros que eran considerados prioridad para lograr desarrollo regional y mundial. (United Nations Development Programme, 2020a).

El ODM número 7, era aquel que relacionaba todos los temas medioambientales que afectan al mundo entero y dentro del cual se buscaba aumentar la cobertura en abastecimiento de agua potable y la cobertura de tratamiento adecuado de los residuos generados. La meta para el 2015 era que el 91% de la población mundial contarà con agua potable y aumentarà considerablemente la cantidad de personas que tuvieran instalaciones sanitarias. Finalmente, para el año 2012 se planeó una restructuración en estos objetivos en donde se busca el desarrollo sostenible de las poblaciones y enfrentar diferentes problemáticas mundiales; para el 2015 se lanzan los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que buscan poner fin al hambre, la protección del planeta y el goce de paz para el 2030. (United Nations Development Programme, 2020a, 2020b).

En los ODS en el objetivo 6 se enfoca exclusivamente en abordar el tema de agua y saneamiento básico, “asegurar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”, y es considerado un eje central para enfrentar problemáticas de contaminación, sostenibilidad ambiental y social, como la disminución de enfermedades hídricas, que estará relacionado directamente con garantizar condiciones de salubridad a la población atendida. (Herrera, 2019).

2.2.1 Agua potable y saneamiento básico en el mundo

La mayoría de los países del mundo han empezado a trabajar para emprender ese camino hacia el desarrollo sostenible enmarcado actualmente por los ODS y empezando desde el siglo pasado cuando se propusieron objetivos para mejorar calidad de vida y prevenir enfermedades con los ODM.

Los retos asumidos en los ODM en agua y saneamiento establecen que para el 2015, el ochenta y ocho por ciento de la población mundial accediera a fuente de agua apta para su consumo y reducir en un 50% la población sin acceso a servicios básicos, como la

disposición adecuada de residuos y excretas. En el 2015 la Organización Mundial de la Salud en unión con la UNICEF publican el informe denominado “25 años, Progresos en materia de saneamiento y agua potable: actualización para el 2015 y la evaluación de los Objetivos de Desarrollo del Milenio”, en este se evidencia que en términos globales se ha cumplido el objetivo planteado en cuanto a agua potable, pero en comparación con la cobertura a saneamiento básico quedó faltando un esfuerzo para lograr ese 77% propuesto como meta para el 2015.

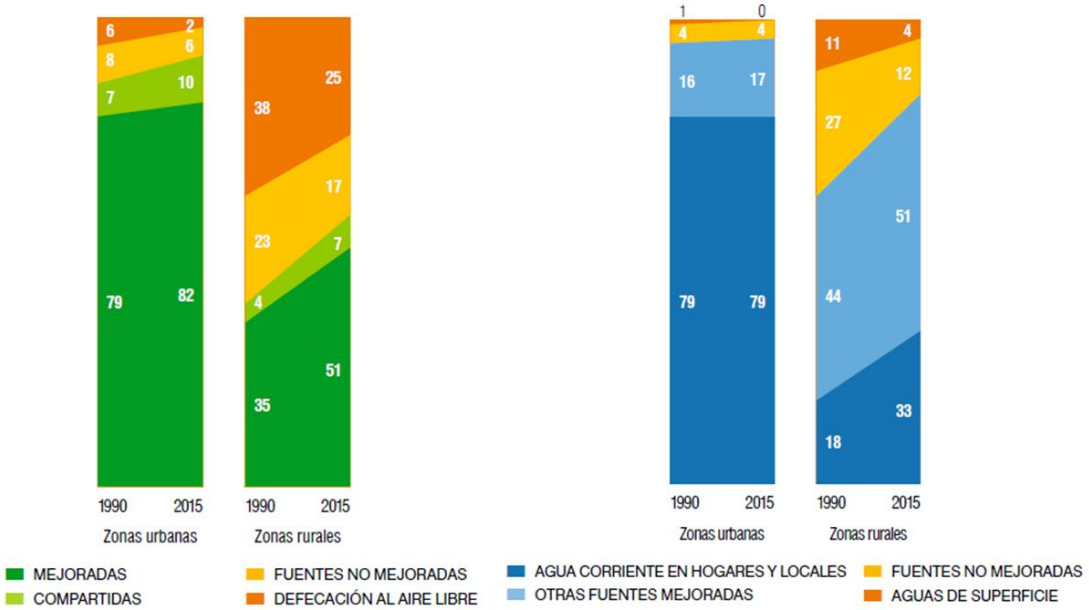
Cinco años antes de la fecha prevista, en el 2010, el 91% de la población mundial contaba con acceso a fuentes de agua potable logrando el objetivo propuesto antes de lo esperado, de esta forma se logró que 2600 millones de personas pudieran acceder a este servicio desde 1990. Adicionalmente, cabe resaltar, que se logró cumplir el objetivo ya que para el 2015 muchos países pasaron la meta, como es el caso de cinco regiones en desarrollo (Asia sudoriental, Asia meridional, América Latina y el Caribe, entre otros) y el resultado global es la suma de estos alcances. Pero si se tomaran los alcances individuales, regiones como Oceanía, el Cáucaso y Asia central no logró la meta propuesta, teniendo un reto más grande para poder alcanzar sus objetivos para el 2030.(United Nations Development Programme, 2015)

En el 2015 cuando se evaluaron los ODM, y en específico para el tópico de saneamiento, se evidenciaron avances significativos por todos los países para lograr la meta propuesta, sin embargo, no se alcanzó la meta mundial de tener una cobertura de 77% para este mismo año. Para el 2015, un total de 2100 millón(es) de personas obtuvieron cobertura de instalaciones de saneamiento y aumentó en un 82% la población urbana atendida y en un 51% los pobladores rurales que contaron con soluciones de saneamiento básico y quedó un restante de 2400 millones de personas por soluciones de saneamiento. (Organización Mundial de la Salud & UNICEF, 2015).

Como evaluación final de los ODM se resalta la notable diferencia e inequidad entre la población urbana y rural en acceso y cobertura de agua potable y saneamiento básico. Para el sector del agua potable, de cada 10 personas que carecen de este servicio, 8 están ubicadas en zonas rurales y para saneamiento el panorama no es diferente, se estima que 9 de 10 personas en la zona rural aún no cuenta con soluciones de

saneamiento y siguen defecando al aire libre. (Organización Mundial de la Salud & UNICEF, 2015).

Figura 2-5: Avance en agua y saneamiento para la población rural y urbana



Fuente: (Organización Mundial de la Salud & UNICEF, 2015)

Finalmente, en los últimos años se han presentado avances importantes en materia de acceso a agua potable y saneamiento como lo muestra el informe de los ODS para el año 2019. Este, resalta que es importante seguir trabajando para aumentar cobertura, garantizar a toda la población los servicios de acceso a agua potable y saneamiento, y, más importante aún, cerrar brechas de desigualdad entre el sector rural y urbano, ya que gozar de estos servicios no debe ser un factor de privilegios, debido a que estos ayudan a garantizar una calidad de vida. Además, resulta importante trabajar en Planes Integrados de Gestión del Recurso Hídrico para garantizar su sostenibilidad, de forma que se disminuya la amenaza sobre el recurso hídrico y ayude a recuperar los ríos contaminados. (Organización de las Naciones Unidas, 2019).

2.2.2 Agua potable y saneamiento básico en Colombia

Colombia es considerado uno de los países que conforman las regiones en desarrollo del mundo y en los últimos años ha unido fuerzas para avanzar en temas de desigualdad con

el objetivo de que sus pobladores gocen de acceso a agua potable y saneamiento. En los informes presentados a nivel mundial en esta materia, Colombia ha presentado avances moderados en garantizar acceso a agua potable. Para el año 2015 presentó un 91% de cobertura en agua potable, mostrando un avance de tres puntos porcentuales con respecto al año 1990. En materia de saneamiento el país mostró un avance mayor en comparación con agua potable, teniendo progreso satisfactorio con un 35% de aumento en la cobertura con respecto al año 1990. (Organización Mundial de la Salud & UNICEF, 2015).

Tres años después de la instauración de los ODS Colombia publicó el CONPES 3918 denominado “Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia” y para el Objetivo 6 de los ODS plantea pasar de una cobertura de 90.3% para el 2009 al 92.9% en el 2018 y como meta cumbre garantizar al 100% de los colombianos acceso a agua potable. Además, se muestran detalladamente los esfuerzos desde la última década del siglo pasado por dotar a la población nacional de sistemas para garantizar agua potable y saneamiento.

La cobertura aumentó de un 95% al 97,3% en el periodo de la ejecución de los ODM en cuanto acceso a agua potable en las zonas urbanas del territorio nacional, y para la población rural se aumentó considerablemente la cobertura, teniendo un 74.3% para el 2015. En cuanto a acceso a saneamiento básico se alcanzó una cobertura para el 2015 de 91% y 72.8% para la población urbana y rural respectivamente (Conpes 3918 Estrategia Para La Implementación De Los Objetivos De Desarrollo Sostenible (ODS) En Colombia, 2018). Estos porcentajes nos muestran que aún hay trabajo arduo por realizar en nuestro país para llegar a la igualdad en acceso entre la población urbana y rural. Adicionalmente, hay que resaltar, que es necesario trabajar con el objetivo de implementar sistemas seguros, sostenibles y bien gestionados como lo mencionó el Dr. Tedros Adhanom Ghebreyesus director de la OMS en el documento Guía para el saneamiento y la salud. (Organización Mundial de la salud, 2018)

2.3 Marco normativo colombiano de agua y saneamiento

El Marco normativo en los temas de agua potable y saneamiento básico para la población colombiana es muy variado y amplio. Antes de la actual constitución ya se trabajaban en ordenamientos de los cauces y proyección de recursos naturales, cómo se promulgó en el "Decreto Orgánico de la Dictadura" de Simón Bolívar y que mediante diferentes reformas se llega a la actual constitución política del 1991, y en cabeza del Ministerio de Medio Ambiente se empieza hablar del uso racional y eficiente de los recursos, con el objetivo de identificar el estado de cobertura del servicio de acueducto y alcantarillado. Adicionalmente, se crea el Decreto 1600 de 1994 que busca crear y reglamentar el Sistema Nacional Ambiental "SINA" que está estrechamente relacionado con la investigación e información ambiental colombiana.(Gutierrez & Morales, 2015).

Colombia cuenta con diferentes actos administrativos como: leyes, decretos, resoluciones y el Consejo Nacional de Política Económica y Social "CONPES" donde evidencian la problemática rural y plantean la forma como se deben abordar y dar posibles soluciones de saneamiento básico y abastecimiento de agua potable a las zonas rurales de Colombia. Cabe resaltar que la mayoría de la normativa específica para área rural ha sido emitida en los últimos tres años. A continuación, se muestra la normativa vigente colombiana para abordar temas de saneamiento básico y agua potable en zonas rurales del país.

Tabla 2-1: Marco normativo de agua y saneamiento básico para el sector rural.

Constitución política de Colombia	En Colombia, el derecho a agua potable se considera como algo fundamental innominado, por tal razón no se encuentra explícitamente consagrado en la constitución. "El agua se considera como un derecho fundamental y, se define, de acuerdo con lo establecido por el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, como "el derecho de todos de disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal o doméstico" (Corte constitucional de Colombia, 2011)

Política o Acto admirativo	Objetivo	Apartado relevante
Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico. (Política Nacional Para La Gestion Del Recurso Hídrico, 2010)	Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente.	Es de resaltar que para cumplir la política se plantean 6 objetivos específicos, dentro de los cuales se encuentran: la demanda y la calidad del recurso hídrico.
CONPES 3810 de 2014. (Política Para El Suministro de Agua Potable y Saneamiento Básico En La Zona Rural., 2014)	Promover el acceso al agua potable y saneamiento básico en las zonas rurales, a través de soluciones acordes con las características de dichas áreas que contribuyan al mejoramiento de las condiciones de vida de la población	Plantea que para poder lograr un saneamiento óptimo en las áreas rurales se deben superar algunas dificultades en la construcción y ejecución de proyectos, ya que requiere altos costos de inversión por dispersión de la población. Por esto plantea que para las áreas rurales se requieren soluciones individuales de saneamiento.
CONPES 3932 de 2018. (Lineamientos Para La Articulación Del Plan Marco de Implementación Del Acuerdo Final Con	Generar los lineamientos para la articulación del Plan Macro de Implementación, con los instrumentos de planeación, programación y seguimiento a	Abastecimiento de agua: Aumento de cobertura del 27 % al 44 % de hogares rurales a través de la atención de 146.779 hogares con soluciones

Los Instrumentos de Planeación, Programación y Seguimiento a Políticas Públicas Del Orden Nacional y Territorial, 2018)	políticas públicas y a sus recursos, en el nivel nacional y territorial, que promoverán la sostenibilidad y la coherencia de las políticas encaminadas a la construcción de una paz estable y duradera en un escenario de posconflicto.	adecuadas de abastecimiento de agua. Manejo de aguas residuales domésticas: Aumento de la cobertura del 11 % al 23 % en los hogares rurales de los municipios PDET a través de 159.679 hogares atendidos con manejo adecuado de aguas residuales.
Decreto 1077 de 2015 (Decreto 1077, 2015)	"Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio"	en el artículo 2.3.7.1.2.2 se mencionan los esquemas diferenciales para la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo de la zona rural.
Decreto 1898 de 2016.(Decreto 1898, 2016)	Este decreto adiciona un capítulo al decreto 1077 de 2015, "Decreto único reglamentado del sector vivienda, ciudad y territorio". Define los esquemas diferenciales para la prestación de servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, y para el aprovisionamiento de agua para consumo humano y doméstico y de saneamiento básico en áreas rurales del territorio nacional…	Artículo 2.3.7.1.2.1 Es responsabilidad de los municipios y distritos asegurar que los centros poblados rurales cuenten con la infraestructura de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo… Sección 3 del decreto muestra los esquemas diferenciales para el aprovisionamiento de agua potable y saneamiento básico.
Resolución 0844 de 2018 (Resolución 0844, 2018)	Establece los requisitos técnicos aplicables durante las etapas de perfil de proyecto, planeación,	Artículo 7: los sistemas deberán ser planeados, diseñados y construidos conforme a los

	construcción, y puesta en marcha, administración u operación y mantenimiento de la infraestructura destinada al suministro de agua para consumo humano y doméstico y saneamiento básico a población asentada en zonas rurales…	requisitos técnicos contenidos en la resolución 0330 de 2017. Artículo 24: Los sistemas de suministro se clasifican en tres formas; sistemas de acueductos, soluciones alternativas colectivas y soluciones alternativas individuales.
Resolución 571 de 2019.(Decreto 0571, 2019)	Resolución planteada para reglamentar los contenidos, exigencias y plan de gestión que deberán formular los prestadores de servicios públicos rurales y deseen acogerse a esquemas diferenciales.	
Resolución 2115 de 2007* (Resolución 2115, 2007)	Resolución mediante la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad de agua para consumo humano.	Artículo 2 al 12: características fisicoquímicas y microbiológicas del agua (valores máximos aceptables).

*Resolución 2115 de 2007: Esta resolución muestra los puntajes de riesgo y los valores máximos permisibles de cada variable medida en la cuantificación del Índice de Riesgo por Calidad de Agua “IRCA”; en la Tabla 2-2 se muestra la escala de riesgo que es obtenida luego de realizar el cálculo del IRCA para una muestra de Agua Potable.

Tabla 2-2: Puntaje de los parámetros del IRCA

Característica	**Puntaje de riesgo**	**Valor máximo aceptable**
Color Aparente	6	15 UPC
Turbiedad	15	2 NTU
pH	1.5	6.5 – 9
Cloro Residual Libre	15	0.3 – 0.2 mg/L
Alcalinidad Total	1	200 mg/L

Calcio	1	60 mg/L
Fosfatos	1	0.5 mg/L
Manganeso	1	0.1 mg/L
Molibdeno	1	0.07 mg/L
Magnesio	1	36 mg/L
Zinc	1	3 mg/L
Dureza Total	1	300 mg/L
Sulfatos	1	250 mg/L
Hierro Total	1.5	0.3 mg/L
Cloruros	1	250 mg/L
Nitratos	1	10 mg/L
Nitritos	3	0.1 mg/L
Aluminio (Al3+)	3	0.2 mg/L
Fluoruros	1	1.1 mg/L
COT	3	5 mg/L
Coliformes Totales	15	0 UFC/100 mL
Escherichia Coli	25	0 UFC/100 mL
Sumatoria de puntajes asignados	100	-

Fuente: (Resolución 2115, 2007)

Tabla 2-3: Puntaje de riesgo del IRCA

Clasificación IRCA (%)	**Nivel de Riesgo**
80.1 -100	INVIABLE SANITARIAMENTE
35.1 – 80	ALTO
14.1 – 35	MEDIO
5.1 – 14	BAJO
0 – 5	SIN RIESGO

La normativa emitida en los últimos años que está encaminada a cubrir a la población rural de servicios de agua potable y saneamiento, y reforzar los ya existentes con la implementación de esquemas diferenciales para todos esos prestadores de servicios públicos rurales y que mediante un plan de seguimiento y/o reestructuración logren objetivos de calidad en la prestación de los servicios.

2.4 Instituciones de apoyo y gestión de recursos

Es pertinente mencionar a donde se pueden dirigir las necesidades y las propuestas acá planteadas, y resolver la inquietud del campesinado ¿Quién me ayuda con esto? Se debe partir de la población debe contar con una persona o grupo de lideres que tomen la iniciativa para generar y tocar las puertas que pueden colaborar en aspectos de acceso a agua potable y soluciones de saneamiento básico.

El Artículo 2.3.7.1.2.1 del Decreto 1898 de 2016 emitido por el Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, asigna como responsable a los alcaldes de promover y gestionar para la población rural el goce de servicios públicos de alcantarillado, aso y acueducto, es por lo anterior que la primera instancia en la cual se debe gestionar las necesidades acá planteadas seria la Secretaria del Medio Ambiente Municipal que tiene como objetivo “Orientar y brindar apoyo en proyectos de potabilización de agua y saneamiento básico, entre los que se incluyen el Plan de Gestión de Residuos Sólidos y el plan de Manejo de Escombreras.”. (Decreto 1898, 2016)

La ley 1913 de 2018 “Por medio de la cual se crea la comisión intersectorial como instancia que coordine y promueva programas y actividades que se desarrollen en las zonas del Paisaje Cultural Cafetero Colombiano (PCCC) y se fortalezcan las estrategias y criterios que la UNESCO definió para inscribirlo en la lista de patrimonio mundial” pone a disposición diferentes entidades para la promoción y ejecución de diferentes proyectos que se ejecuten dentro de los territorios pertenecientes a la declaratorio de PCC. Las entidades que integran la comisión y pueden ayudar a impulsar este tipo de proyectos serian: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Departamento de Planeación Nacional, Corporaciones autónomas regionales, para el caso de Manizales es Corpocaldas y Federación Nacional de Cafeteros.

Corpocaldas es la autoridad ambiental del departamento y ante esta se pueden adelantar acciones de orientación para la renovación de concesiones de aguas, que son necesarias para poder hacer uso de este recurso y permisos de vertimientos para los sistemas de tratamiento que vierten a cuerpos de agua superficial o a suelo. Además, en compañía con otras entidades prestan apoyo técnico en saneamiento básico. Adicional a esta corporación la Fundación Ecológica Cafetera en representación de la Federación Nacional de Cafeteros ha avanzado en temas de saneamiento básico en las áreas rurales, donde se produce este grano. Esta fundación sirve como gestora de proyectos y orientadora técnica para el desarrollo socio-ambiental en la región cafetera, en donde se busca mejorar las condiciones de los pobladores mediante la protección del medio ambiente y el aprovisionamiento de soluciones a problemas de agua potable y disposición adecuado de aguas residuales.

3. Metodología

En este capítulo se describen todas las actividades desarrolladas para alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo. De forma general los pasos seguidos en este camino se basaron en la revisión de información primaria y secundaria acerca de la población objeto de estudio. Aportando desde el planteamiento del problema una contextualización del trabajo, posterior a ello se definieron los objetivos de la revisión, dando así la realización de la búsqueda bibliográfica que permitió la consulta de datos y fuentes documentales, especificando los criterios de selección de los documentos base en el que se permitió organizar y redactar la información requerida.

Para comprender el contexto de la problemática actual que se evidencian en las zonas rurales de Colombia en temas de agua potable y saneamiento, se emprendió una revisión bibliográfica acerca de los avances globales, sectoriales y regionales en diferentes aspectos, como: acceso a educación, acceso a fuentes de agua potable para consumo, disposición de excretas y residuos sólidos generados. Esa información llevó a plantear un panorama nacional acerca del difícil acceso a agua potable, salud, saneamiento y educación a la población que reside en zonas apartadas de los cascos urbanos.

En primera medida se empezó por conocer el estado actual de la normativa colombiana a través de la revisión de parámetros legales vigentes, para abastecimiento de agua potable y provisión de soluciones de saneamiento básico para el área rural colombiana. Esta búsqueda llevó a conocer los decretos, resoluciones y políticas económicas (CONPES) que se han desarrollado en Colombia y están vigentes para territorios rurales. Lo anterior con el objetivo principal de poder plasmar una solución de abastecimiento de agua potable, disposición adecuada de aguas residuales y de basuras, acordes con la

normativa vigente y además sostenibles para la población rural. La principal fuente de información fue el Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio y el Ministerio de Ambiente.

Adicionalmente se empezó a hacer una revisión de documentos públicos de los entes gubernamentales locales (alcaldía y gobernación) para conocer con detalle el estado actual de las veredas en temas de agua y saneamiento básico, esto llevó a usar como principales fuentes de información los Planes de Ordenamiento Territorial de los últimos 3 periodos de la alcaldía municipal y además revisar el Plan Departamental de Agua. Paralelamente a esta búsqueda se confronta información con datos reportados por diferentes instituciones nacionales como lo es el Instituto Nacional de Salud y datos de la Organización Mundial de la salud.

Con la información recolectada en los documentos gubernamentales se logró empezar un contacto directo vía telefónica con algunos pobladores de las veredas, algunos juegan un papel importante en ellas ya que pertenecen a las juntas de acción comunal y/o a la junta administradora del acueducto. Estos contactos ayudaron a ratificar información presente en los documentos evaluados anteriormente y además se ayudó a evidenciar el verdadero y actual estado de la población seleccionada como caso de estudio para este trabajo en los temas de agua y saneamiento básico.

Así mismo la fotografía permitió dar aportes significativos a este trabajo que se lograron gracias a los reportes fotográficos entregados por el poblador Agustín Hidalgo, además fue una herramienta de análisis de metodología participativa, ya que este actor veredal brindó algunas fotografías, que posterior a ello fueron analizadas desde una mirada profesional y para conocer el estado actual de la planta de tratamiento de agua potable e identificar el sistema de tratamiento de agua residual del corregimiento.

Luego de contar con la información normativa vigente, con el estado y tipos de soluciones en las tres veredas se plantearon las alternativas para cumplir cada objetivo propuesto, en donde es necesario resaltar que las soluciones planteadas están enfocadas a estructuras metodologías que ayuden a los pobladores a operar y manejar de una mejor manera los sistemas de tratamiento existentes. La solución de abastecimiento de agua potable se realizó teniendo en cuenta las consideraciones de

diseño propuesta en la Resolución 330 del Ministerio de Vivienda y se complementa con las diferentes guías metodológicas desarrolladas por el Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico perteneciente a la Universidad del Valle. Este instituto desde finales del siglo pasado empezó a desarrollar diferentes manuales y recomendaciones de diseño para sistemas de potabilización por tecnología FiME. Finalmente se evidenciaron las falencias de funcionamiento de la PTAP y se propone una metodología para la evaluación técnica y las posibles mejoras del sistema.

El objetivo dos, enmarcado en una propuesta para el tratamiento de las aguas residuales generadas en las veredas Mina Rica, Lisboa y La Garrucha que cuentan con STAR, este se desarrolló tomando como base los documentos técnicos publicados por el Ministerio de Vivienda para sistemas sépticos de tratamiento, ya que son estas las soluciones individuales y para aglomeraciones de viviendas con las que cuentan los pobladores. Se propone una metodología para la evaluación y mantenimiento de los sistemas existentes con base a los documentos mencionados y se complementa con información publicada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos acerca de estos sistemas de tratamiento.

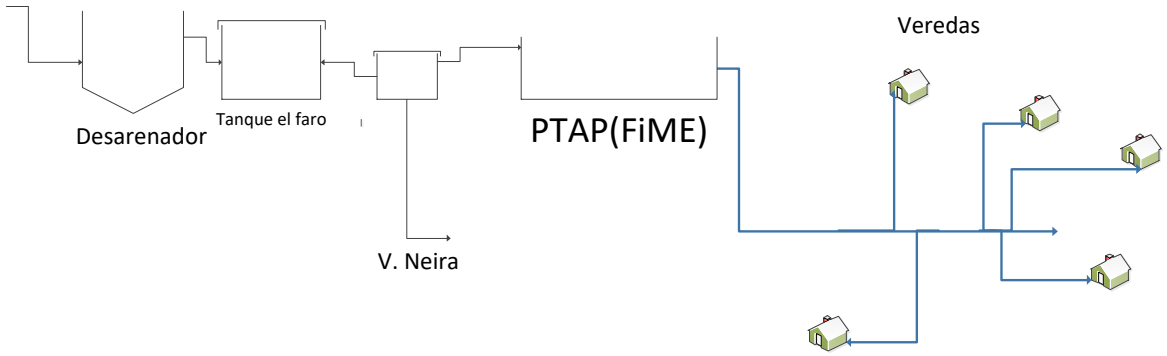
Para el último objetivo se partió del concepto de separación en la fuente, el aprovechamiento de los residuos y posibles transformaciones de los residuos generados a otros productos de valor agregado. Para esto se realizaron enlaces con empresas manizaleñas que pudieran colaborar en la ejecución de este objetivo mediante la recolección del material separado y el posible desarrollo de actividades para transformación de residuos. Además, se buscó que los residuos orgánicos generados pudieran ser aprovechados como futuros abonos o fertilizantes en los cultivos de la zona rural, ya que una de las actividades económicas de este sector rural está enfocadas a la producción agrícola.

4. Propuesta de abastecimiento de agua potable

Actualmente el corregimiento las veredas de Mina Rica, Lisboa y La Garrucha de la Cristalina cuenta con un sistema de acueducto que está constituido por captación, aducción, planta de tratamiento y distribución, como se observa en la Figura 4-1, este sistema atiende cerca de 800 personas en las tres veredas.

Es administrado por una Junta Administradora, constituida por pobladores de las veredas, y que económicamente se sostiene por el cobro de una tarifa mensual fija aportada por cada usuario y que varía según el uso de la vivienda, vivienda familiar: $9000, Vivienda comercial: $9500 y otro tipo: $10000 (Alcaldía de Manizales, 2017). El dinero recolectado mensualmente es repartido inicialmente para el pago del fontanero, quien recibe una bonificación mensual cercana al medio salario mensual legal vigente, y el restante es usado para la compra de materiales que se puedan necesitar en posibles reparaciones o el pago de mano de obra.

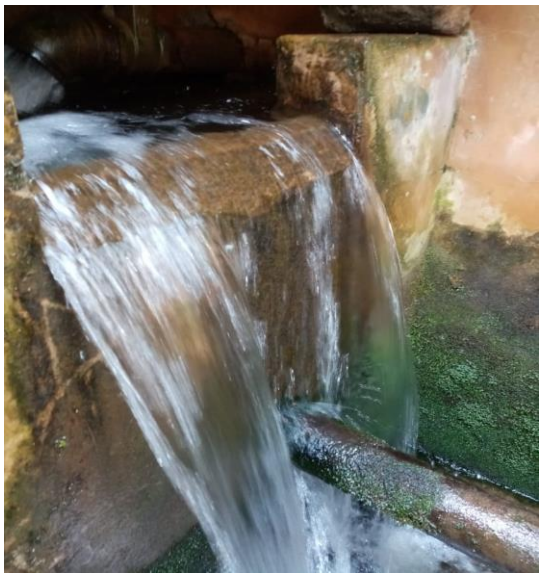
Figura 4-1: Esquema del sistema de acueducto del corregimiento



La sección de captación, y aducción es compartida con otra zona veredal que pertenece al municipio de Neira, este sistema está compuesto por 4 bocatomas de fondo con concesión de aguas otorgada por Corpocaldas para recolectar el líquido de las quebradas La Gregorita y la Cristalina, microcuencas pertenecientes a la subcuenca del río Guacaica. Seguido de la captación el agua es conducida a un desarenador como tratamiento primario (Figura 4-2, a) y luego es llevada a una serie de tanques para la distribución a cada zona veredal, el primer tanque es conocido como el "faro" con una capacidad de 100 m^3 (Figura 4-2, b) y de ahí a un tanque de distribución, que lleva el caudal de agua a la planta de tratamiento de agua potable del corregimiento la Cristalina y el restante a las veredas del municipio de Neira (Alcaldía de Manizales, 2017).

Figura 4-2 Tratamiento primario y tanque el faro

a) Desarenador

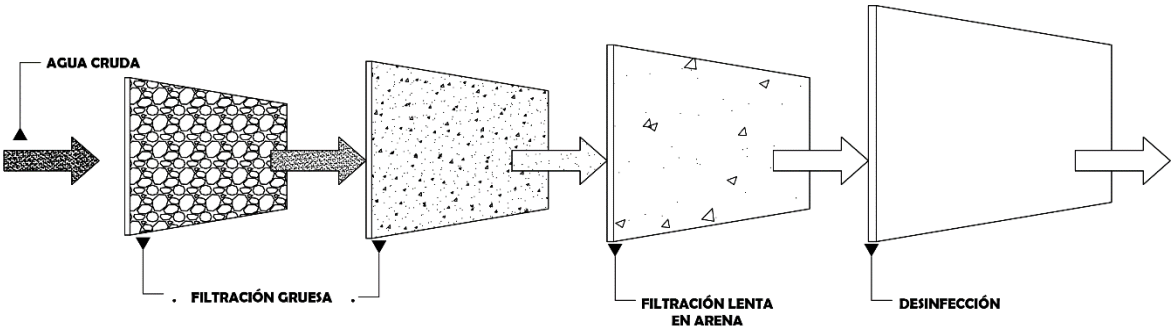


b) Vertedero de excesos del tanque el faro

La PTAP es un sistema de filtración en Múltiples Etapas (FiME) construido por el comité de cafeteros a finales del siglo pasado, de su operación se encarga un fontanero que hace parte de la junta administradora del acueducto. Además, del sistema instalado y que opera deficientemente se desconoce su manual de operación y demás criterios para garantizar el vital líquido a los pobladores. La FiME está constituida por dos unidades de Filtración Lenta en Arena seguida de un filtro grueso ascendente en capas, los cuales han presentado alteraciones en su lecho filtrante y en la actualidad funcionan sin un mantenimiento adecuado. Además, presentan ausencia total de la etapa final de

desinfección, como se observa en la Figura 4-4, y ésta garantiza que el agua ingerida por los pobladores no presente contaminación por microorganismos. En la Figura 4-3 se observan todas las unidades con las que debería contar una PTAP con tecnología de filtración en múltiples etapas y plasma la necesidad evaluar el sistema de filtración e implementar una barrera de desinfección del agua filtrada.

Figura 4-3: Secuencia de una FiME



Modificado de: (Galvis Castaño et al., 1999)

Este capítulo describe las unidades existentes del sistema de potabilización y plantea los cuidados y unidades externas, como la desinfección, que se deben tener para garantizar un sistema de filtración en óptimas condiciones y mejorar la calidad de agua tratada. Además, propone una guía metodología que pueda ser empleada en futuros trabajos con esta población para la evaluación y seguimiento de la FiME.

4.1 Descripción de la FiME

La tecnología de filtración en múltiples etapas o también conocida como FiME es una combinación entre filtración gruesa en grava (FG) y filtración lenta en arena (FLA), la combinación y disposición de estas tecnologías plantean una alternativa adecuada para el tratamiento de agua para consumo humano. Además, tiene mucha más versatilidad que el uso de cada tecnología por separado y sigue conservando a la FLA como una tecnología robusta y confiable para el tratamiento (Sánchez et al., 2006).

La FiME puede presentar diferentes combinaciones, partiendo de un pretratamiento que generalmente la compone un Filtros Gruesos Dinámicos y/o Filtros Gruesos Ascendentes en Capas o en Serie (FGAC, FGAS), y por último la etapa final de tratamiento, la FLA.

Cabe resaltar que luego de la filtración es necesaria la implementación de la cámara de desinfección para completar un sistema de potabilización.

Figura 4-4: Foto de la FiME del corregimiento

a) Vista superficial de la FiME.

b) Vista lateral de la planta.

La imagen mostrada anteriormente muestra una vista general de la PTAP, donde se evidencia la combinación de un Filtro Grueso Ascendente en Capas como primer unidad de tratamiento, con una Filtro Lento en Arena como planta de tratamiento de agua potable para las veredas de Mina Rica, La Garrucha y Lisboa, además, se logra evidenciar la inexistencia de la unidad de desinfección y en la Figura 4-5 muestra las dos unidades con las que está constituida la FiME.

Figura 4-5 Unidades de la PTAP

a) Filtro Grueso Ascendente

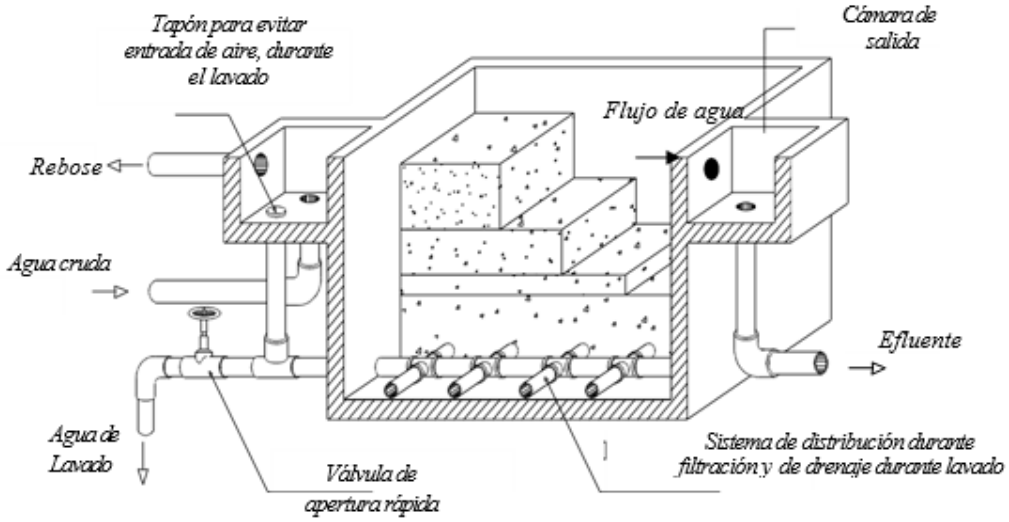
b) Filtro Lento en Arena

A continuación, se describen las unidades existentes en la PTAP del acueducto de la Cristalina.

4.1.1 Filtro Grueso Ascendente en Capas

La filtración ascendente en capas es una unidad de pretratamiento que está constituida principalmente por un lecho de grava de diferentes tamaños, donde el agua ingresa por la parte inferior del lecho donde está la grava de mayor diámetro y a medida que se asciende en el filtro esta va disminuyendo. La filtración ascendente tiene la ventaja de beneficiar el lavado hidráulico, debido a que se favorece la acumulación de sólidos en el fondo del filtro donde se encuentra el sistema de drenaje. En la Figura 4-6 se observan cómo está constituido el filtro, básicamente está compuesto por una cámara de filtración con una estructura de entrada y salida, y un sistema que funciona como distribuidor y drenaje para el lavado de la unidad, y el lecho está constituido por 5 capas de grava que varía su diámetro de 25 a 1.6 milímetros (Sánchez et al., 2006).

Figura 4-6: Esquema isométrico de un FGAC



Modificado de: (Galvis Castaño et al., 1999)

Este sistema de filtración ascendente presenta altas eficiencias de remoción en sólidos suspendidos, turbiedad, color y coliformes para velocidades de filtración entre 0.3 m/h y 0.6 m/h. Para turbiedad se alcanza hasta un 80% de remoción, en el caso de los sólidos suspendidos se alcanzan hasta un 95% de remoción para aguas crudas de hasta 200 mg/L de estos parámetros, el color real tiene un porcentaje de reducción entre el 20% y 50% y en cuestión de coliformes presenta reducción en 0.65 y 2.5 unidades logarítmicas (Galvis Castaño et al., 1999).

4.1.2 Filtro Lento en Arena

La FLA es un tratamiento muy usado en diferentes partes del mundo para proveer de agua potable a poblaciones rurales, esto se hace posible debido a la efectividad del tratamiento y además por su operación simple y económica, debido a esto la postula como una buena alternativa para zonas rurales. En esencia este proceso difiere de una filtración rápida por su naturaleza biológica y la facilidad en su operación, haciendo que no requiera personal especializado para su operación y mantenimiento (Visscher et al., 1992).

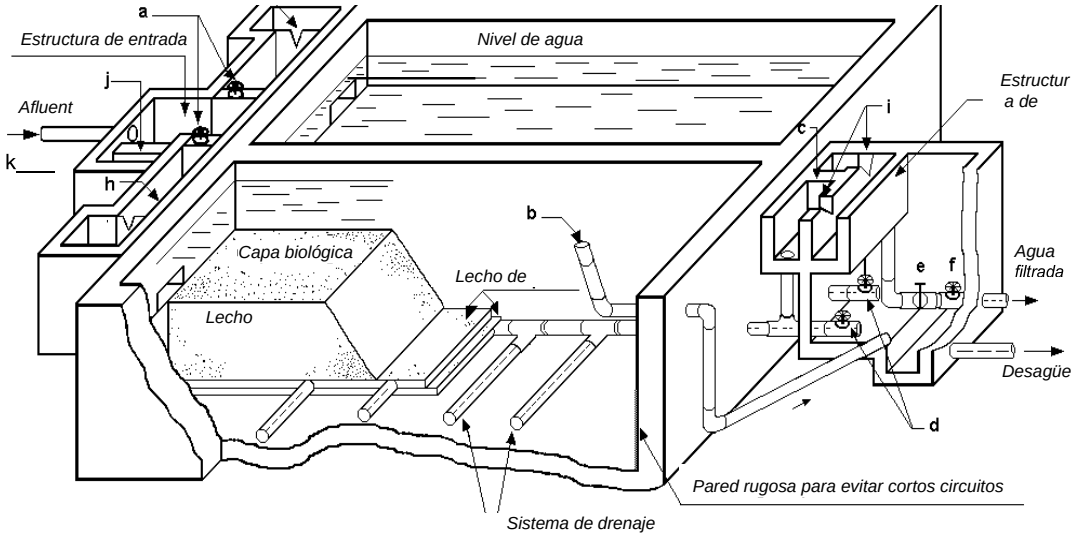
El agua mejora considerablemente su calidad al pasar lentamente a través del lecho filtrante constituido por arena con un diámetro entre 0.15 y 0.30 mm, con un coeficiente

de uniformidad menor a 5. Luego de entrar en operación la PTAP se creará una biopelícula filtrante sobre el lecho, esta película o “Schmutzdecke” es una biocapa constituida por material orgánico e inorgánico retenido junto con unos diferentes microorganismos activos que ayudan a descomponer la materia orgánica presente en el agua filtrante (Visscher et al., 1992). En la Figura 4-7 se observa una de las dos cámaras de filtración lenta con las que está constituida la PTAP de la Cristalina.

Figura 4-7: Filtro lento en Arena del corregimiento

Un sistema de filtración lenta en arena generalmente está constituido por un sistema de compuertas y cámara de acceso en las estructuras de entrada para controlar la velocidad de filtración, un sistema recolector ubicado en el fondo de la cámara de filtración que se encarga de llevar el agua filtrada a la estructura de salida y un sistema de válvulas en las conexiones de drenaje para vaciar la unidad de filtración y hacer mantenimiento o inspecciones en el filtro (Galvis Castaño et al., 1999). En la Figura 4-8 isométrica se observan a detalle la distribución de las secciones antes mencionada.

Figura 4-8: Esquema isométrico de la FLA



Fuente: (Galvis Castaño et al., 1999)

a. Válvula para controlar entrada de agua pretratada y regular velocidad de filtración
b. Dispositivo para drenar capa de agua sobrenadante, “cuello de ganso”.
c. Conexión para llenar lecho filtrante con agua limpia
d. Válvula para drenar lecho filtrante
e. Válvula para desechar agua tratada
f. Válvula para suministrar agua tratada al depósito de agua limpia
g. Vertedero de entrada
h. Indicador calibrado de flujo
i. Vertedero de salida.
j. Vertedero de excesos
k. Cámara de entrada a FLA
l. Ventana de acceso a FLA

4.2 Metodología de seguimiento y evaluación de la FiME

En esta sección se plasma un primer acercamiento a las dimensiones con las que debería contar una planta de tratamiento de agua potable de tecnología FiME, compuesta por un Filtro Grueso Ascendente en Capas y una Filtración Lenta en Arena para un caudal proyectado de 4.5 l/s. Además, se describen las actividades que se deben realizar para plantear una evaluación adecuada y seguimiento a la FiME existente del corregimiento, de forma que se logré proponer un dimensionamiento más riguroso.

4.2.1 Cálculo de caudal

Teniendo en cuenta la cantidad de suscriptores con las que cuenta el acueducto la Cristalina en diferentes años y asumiendo un promedio de 5 personas por suscriptor, se plantea el cálculo del caudal máximo diaria (QMD) con una proyección a 25 años. Los cálculos anteriores son planteados teniendo en cuenta lo especificado en la resolución 0330 de 2017 y se muestran en la Tabla 4-1 (Resolución 0330, 2017).

Tabla 4-1: Resumen del cálculo de caudal

Población 2016	**Población 2019**	**Población a 2045 (método aritmético)**	**Dotación bruta**	**QMD**
635 hab	750 hab	1709 hab	130 L/hab dia	4.5 L/s

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * \left(T_f - T_{uc}\right) \qquad (1)$$

Donde:

P_i: Población correspondiente a cada año T_i: Año

uc: Valor del último año con información

ci: Valor del primer año con información

La ecuación 1 es el método recomendado para estimar la población con una proyección al 2045. Además, es un método recomendado para expresar la población futura de pequeñas poblaciones.

4.2.2 Consideración para el dimensionamiento de las unidades de filtración

Para el cálculo del Filtro Grueso Ascendente en Capas y la Filtración Lenta en Arena es necesario conocer la caracterización del agua cruda que se pretende tratar y debido a que no se cuenta con dicha información se asumieron recomendaciones de diseño para un agua con nivel de contaminación medio según el Instituto de investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico (CINARA) perteneciente a la universidad del Valle (Galvis Castaño et al., 1999). Además, se relacionaron esas recomendaciones con la normativa actual vigente para la construcción de sistemas de potabilización, de forma que estuvieran dentro de los valores establecidos por el RAS 2017 (Resolución 0330, 2017).

En la Tabla 4-2 se muestran los parámetros de calidad adoptados para la estructuración de la FiME, esto se planteó analizando las características de la fuente abastecedora del corregimiento la Cristalina; donde se conoce que la intervención antrópica en la zona de captación es mínima y presenta delimitación de ronda hídrica (Alcaldía de Manizales, 2017).

Tabla 4-2: Parámetros de calidad para el agua

Parámetro	**Recomendado**	**Rango (mínimo: máximo)**
Turbiedad (NTU)	15	0.5:102
Color real (UPC)	19	4:100
Coliformes fecales (UFC/100 ml)	5896	240:69500

Fuente: (Galvis Castaño et al., 1999)

- Filtro Grueso Ascendente en Capas

  El dimensionamiento de esta primera unidad de filtración inicialmente está enmarcado en conocer el área necesaria para la filtración del agua cruda que previamente pasó por un desarenador y el cálculo de las pérdidas totales del sistema. Para una velocidad de 10.8 m^3/m^2/día se obtiene un área necesaria de filtración de 36 metros cuadrados y para el cálculo de las pérdidas del sistema es

necesario conocer a detalle la estructura del lecho y el sistema de distribución y recolección de agua filtrada y de lavado.

Para el cálculo de las pérdidas totales del sistema, donde se incluyen las pérdidas menores por accesorios, y las pérdidas en el sistema de distribución se hace una aproximación con base al diseño realizado por el CINARA para el año de 2016 (Instituto CINARA, 2016), donde para condiciones similares de caudal y de distribución del lecho de filtrado se esperan tener pérdida totales de 0.75 m y 0.002 m en condiciones de lavado y de operación normal respectivamente. En la Tabla 4-3 se observa los diámetros y espesor recomendados para la estratificación del lecho que debería estar en el FGAC y convendría ser implementada en el corregimiento para garantizar un adecuado funcionamiento de la primera unidad de filtración.

Tabla 4-3: Estratificación del lecho del FGAC

Diámetro de la grava (mm)	**Espesor (m)**	**Ubicación (de arriba abajo)**
22	0.3	Lecho de soporte
16	0.25	1
9	0.2	2
4	0.15	3
2	0.1	4

- Filtro Lento en Arena

  La unidad de filtración lenta en arena siempre debe estar constituida por mínimo dos unidades que operan en paralelo, de forma que siempre esté operando la planta cuando alguna de las unidades esté en mantenimiento o en lavado. Para una velocidad de filtración de 0.41 m/h, valor recomendado por el RAS 2017, se obtiene un área de 39.5 metros cuadrados aproximadamente para dos unidades de filtración que componen la FiME del corregimiento.

  Adicionalmente se debe especificar el lecho de filtración que principalmente está constituido por una capa de arena fina y dos capas más que funcionan como lecho de soporte, una primera recomendación para ser implementada es que el lecho tenga las características mostradas en la Tabla 4-4. Además, en el cálculo de las

pérdidas se pueden esperar valores aproximados de 2 cm para condiciones de operación normal, en este filtro no se tienen en cuenta las pérdidas de lavado debido a que no se realiza un lavado por medio de una válvula de apertura rápida (Instituto CINARA, 2016).

Tabla 4-4: Características del lecho del FLA

Capa	**Ubicación en el lecho (de arriba abajo)**	**Espesor (cm)**	**Diámetro (mm)**
Arena fina $C_u: 2-3.5$	1	80	0.15-0.3
Arena Gruesa	2	5	1-1.4
Grava	3	10	6-9

Fuente:(Instituto CINARA, 2016)

Adicionalmente hay que tener una buena regulación en el caudal de entrada a la unidad, debido a que de este depende la tasa de filtración que se de en la unidad. Es por esto, que se usa la ecuación 2 para calcular la altura que se debe tener la lámina de agua en los vertederos triangulares de 90° que están previos al filtro lento en arena.

$$Q = 1.45\ H^{5/2}$$

Donde:

Q: Caudal en m^3/s
H: altura de la lámina de agua en m

Para el caudal de diseño de 4.5 l/s se alcanza una altura máxima aproximada de 10 cm en la lámina de agua, esta altura debe ser medida de forma regular en la plata para mantener una tasa de filtración constante.

4.2.3 Propuesta de seguimiento y evaluación de la FiME

Para lograr un dimensionamiento preciso es necesario proponer una metodología que se desarrolle en campo para calcular las áreas y demás variables de las unidades teniendo

en cuenta el prediseño mostrado anteriormente y de forma que se logré un funcionamiento adecuado de la PTAP. A continuación, se enlistan los pasos y los requerimientos en cada uno para hacer la evaluación del sistema de tratamiento.

- Como primer factor y no menos importante que los demás es necesario conocer la calidad del agua cruda a tratar y las características a lo largo del sistema de tratamiento
    - Tomar una muestra de agua en la zona de captación del sistema y evaluar variables in situ como la temperatura, turbiedad, pH y oxígeno disuelto. Además, tomar una muestra para analizar en el laboratorio y realizar una medición de coliformes totales y fecales, color, hierro, nitritos y aluminio como mínimo, y de ser posible determinar todas las variables incluidas en el Índice de Riesgo por Calidad de Agua para consumo humano (IRCA).
    - Analizar una segunda muestra de forma similar a la anterior, pero a la entrada de la FiME, de esta forma se conocerá si hay una disminución en las variables medidas debido a los tratamientos primarios que se encuentra previamente.
    - Determinar coliformes y turbiedad a la salida del FGAC y de la unidad de FLA, esto nos ayudará a evidenciar los porcentajes de remoción con las condiciones actuales de los filtros.
- Tomar las medidas de cada filtro, y unidades de entrada y salida de cada unidad, se recolectará el ancho, largo, alturas de la lámina de agua en la unidad, altura útil del lecho, y una aproximación de las alturas de las capas de cada lecho filtrante.
- Realizar una caracterización de los lechos filtrantes y para esto es necesario tomar una muestra de cada capa y someterla a un análisis de granulometría. Lo anterior es necesario hacerlo cuando esté en mantenimiento la planta y se puedan tomar muestras a lo largo del filtro.
- Dimensionar las longitudes y diámetros de los difusores y recolectores ubicados en cada unidad.
- Realizar un aforo de caudal de entrada a la planta de tratamiento y verificar que este sea el requerido.

Considerando los datos recolectados y como factor criterio la calidad de agua a tratar, se deben proponer los cálculos pertinentes para realizar un dimensionamiento riguroso de la FiME que complemente y constante los planteados al inicio de este inciso. Los datos obtenidos en este cálculo deben ser corroborados de forma que cumplan con las recomendaciones propuestas en el RAS 2017 (Resolución 0330, 2017) y mostradas en la Tabla 4-5. Adicionalmente, se muestran las recomendaciones de diseño que complementan las estipuladas en la resolución 330 de 2017 y deben ser tenidas en cuenta para la estratificación del lecho filtrante y demás variables.

Tabla 4-5: Parámetros de diseño de una FiME

Parámetro	**Filtro Lento en Arena**	**Filtro Grueso Ascendente**
Tasa de filtración (m^3/m^2/dia)	7 – 14	7.2 – 14.4
Profundidad del medio (m)	0.8 – 1	0.4 – 0.9

Fuente: (Resolución 0330, 2017)

Tabla 4-6: Recomendaciones para la estratificación de un lecho en un FGAC

Diámetro del lecho FGAC (mm)	**Altura del lecho FGAC**
19 – 25	0.30*
13 – 19	0.20 - 0.30
6 – 13	0.15 - 0.20
3 – 6	0.15 - 0.20
1.6 – 3	0.10 - 0.20
Total (m):	
• **Soporte**	0.30
• **Lecho Filt.**	0.60 - 0.90

Fuente: (Galvis Castaño et al., 1999)

Tabla 4-7: Recomendaciones de diseño de un FGAC y una FLA

Criterio	**FGAC**	**FLA**
Número de unidades en serie	1	0
Número de unidades en paralelo	2	Mínimo 2
Longitud del lecho (m)	0.60 - 0.90	0.5 – 0.8
Tamaño (mm)	Según Tabla 4-6	0.15 – 0.30
Longitud lecho de soporte (m)	0.30 - 1.25	0.25

Tamaño lecho de soporte (mm)	Según Tabla 4-6	6 – 9
Altura sobrenadante de agua (m)	0.10 - 0.20	0.75
Carga estática de agua para lavado en contraflujo (m)	2.5 - 3.0	-
Velocidad de lavado (m/h)	10 – 15	-

Fuente: (Galvis Castaño et al., 1999)

Finalmente se enlistan las ecuaciones empleadas para el dimensionamiento de una planta de tratamiento de agua potable compuesta por sistemas de filtración.

Tabla 4-8: Ecuaciones de diseño

Parámetro	Ecuación	Abreviaciones
Área de filtración	$A = \frac{Q_d}{V_f}$	Q_d: Caudal de diseño. V_f: Velocidad de filtración.
Vertederos de excesos	$Q = 1.84 * L * H^{3/2}$	Q: Caudal m^3/s L: longitud en metros H: altura de la lámina de agua, en m.
Pérdidas de carga en el lecho	$H_f = \frac{0.0608 * V * L}{\theta^2}$	V: velocidad en el filtro, en m/s. L: altura del lecho, en m. θ: Diámetro de partícula, en m.
Perdida por accesorios	$H_m = K\frac{V^2}{2 * g}$	V: velocidad en la tubería, en m/s. g: gravedad, en m/s^2 k: coeficiente por accesorio.
Pérdidas de orificios del distribuidor	$H_o = 1.5\frac{V^2}{2 * g}$	V: velocidad en el orificio, en m/s. g: gravedad, en m/s^2
Pérdidas en el distribuidor (ramales y el principal)	$H_D = \frac{1}{3} * \frac{0.0175 * L}{\theta} * \frac{V^2}{2 * g}$	g: gravedad, en m/s^2 L: longitud del distribuidor, en m.

		θ: Diámetro del distribuidor, en m.
Pérdidas en vertedero triangular	$Q = \frac{8}{15} * C_D * \tan\frac{\beta}{2} * H^{\frac{5}{2}}$	C_D: Coeficiente del ángulo del vertedero. β: Ángulo, en grados. H: Altura de la lámina de agua, en m.

4.3 Mantenimiento de la FiME

En esta sección se describen las actividades que se deben desarrollar diariamente o en un periodo de tiempo determinado para que la planta de tratamiento realice bien su trabajo y además se puedan proponer acciones de mejora para evitar el colapso del sistema de filtración.

4.3.1 Filtro Grueso Ascendente en Capas

La operación y mantenimiento del FGAC está ligado principalmente al control de la pérdida de carga en el filtro, esto se evidencia en un aumento progresivo en el nivel del agua en la cámara de entrada, es por esto por lo que se debe realizar el seguimiento y control del nivel en esta estructura diariamente. A continuación, se enlistan las actividades diarias y periódicas junto con su proceso para garantizar un correcto funcionamiento de las unidades (Galvis Castaño et al., 1999).

- Actividades diarias
    - Medición y control de caudal, verifique el caudal de entrada y asegúrese que no ingresen excesos de caudal a la unidad de filtración.
    - Extraer el material sobrenadante con ayuda de una nasa
    - Registrar los datos de caudal, y nivel de agua en la cámara de entrada en la tabla de toma de datos (Tabla 3 anexo A).
    - Medir nivel de agua en la cámara de entrada del filtro y si no observa variación con respecto al nivel marcado cuando el filtro está limpio no es necesario hacer un lavado.

- Lavado semanal del filtro o lavado hidráulico
    - Con un cepillo de cerdas duras retire el material adherido a las paredes y al fondo de la cámara de entrada y de salida.
    - Mida la altura en la cámara de entrada.
    - Cierre la entrada y salida de agua del filtro.
    - Abrir y cerrar por 10 la válvula de apertura rápida ubicada en una de las salidas del filtro, luego dejar abierta la VAR hasta que el agua presente características ópticamente similares a las del efluente.
    - Llenar el filtro y cuando lo esté abrir el flujo hacia los FLA
    - Cuando se aclare el agua de la unidad, mida nuevamente la altura del agua en la cámara y compárela con la inicial. Si es mayor, es necesario volver a hacer un lavado del filtro.
- Lavado mensual del filtro
    - Con un cepillo de cerdas duras retire el material adherido a las paredes y al fondo de la cámara de entrada y de salida.
    - Cerrar salida de agua filtrada.
    - Abrir tapones laterales o adaptadores de limpieza, en el caso de que la salida sea por orificios.
    - Realice una limpieza superficial removiendo la capa superior de la grava con la ayuda de una pala, realice esto hasta que el agua aclare.
    - Cerrar los tapones y entrada de agua a la unidad y realizar una limpieza hidráulica.

4.3.2 Filtro Lento en Arena

El mantenimiento de la unidad de filtración lenta en arena realmente es sencillo y basta con tener en cuenta que cada vez que se realice un mantenimiento se inicia una etapa de arranque del filtro, esta consiste en la creación de la biopelícula y debe realizarse lo más lento posible para favorecer la maduración de esta biocapa (Visscher et al., 1992).

- Puesta en marcha del filtro
    - Llenar ascendentemente el filtro con ayuda de la cámara de salida hasta que aparezca agua sobre la superficie.
    - Nivelar el agua a unos 10 cm por debajo de la superficie de la arena.

  - Nivelar la capa de arena, y alimentar agua ascendentemente hasta una altura de 20 cm sobre la superficie de la arena.
  - Aumentar semanalmente un 10% el caudal hasta lograr un caudal de operación y verificar la calidad del agua filtrada (Turbiedad menor a 5 NTU)
  - Cuando se alcance esa turbiedad se procede a pasar el agua a la síguete unidad (desinfección).
- Actividades de seguimiento
  - Remover de forma periódica (semanalmente) el material flotante con ayuda de una nasa
  - Regular constantemente el caudal de entrada a la planta.
  - Cuando el nivel del agua alcance el rebose se debe proponer la actividad de limpieza.
- Limpieza del filtro
  - Siempre deben existir mínimo dos unidades de FLA, una de ellas opera cuando a la otra se le realiza esta limpieza.
  - Retire el material flotante con una nasa o por el cuello de ganso.
  - Cierre la entrada de agua al filtro y disminuya el nivel del agua unos 20 cm por debajo de la capa de arena con ayuda de la válvula de desagüe.
  - Limpie las paredes del filtro con un cepillo y las botas con las que ingresara al filtro.
  - Divida en secciones de 3 metros cuadrados el filtro y raspe un centímetro de la parte superior de este.
  - Retire el material raspado y nivele la capa de arena con ayuda de un rastrillo.
  - Verifique la altura del lecho midiendo la altura entre la arena y el borde libre.
  - Vuelva a alimentar el filtro aumentando el caudal lentamente hasta el caudal de operación de la planta.
  - Siga la calidad del agua filtrada y cuando la turbiedad sea menor a 5 UNT conecte el afluente a las unidades siguientes.
- Actividades para el cambio del lecho filtrante.
  - Realizar una limpieza del filtro como lo descrito en la sección anterior.
  - Cierre la entrada y salida de agua a la unidad y con ayuda de la válvula de desagüe retire toda el agua del filtro.
  - Retira por capas la arepa (capas de 30 cm aproximadamente), sin retirar la

capa de soporte (grava) y una de estas capas consérvese cerca de la unidad.

- Rellene el filtro con arena nueva hasta unos 30 cm y el restante con la arena húmeda extraída en el paso anterior.

Cuando alcance la altura total proceda a realizar los pasos de arranque de una unidad descritos al inicio de esta metodología.

4.4 Recomendaciones de operación y mejoramiento

En esta sección se describen las acciones que se deben implementar en la planta de tratamiento del corregimiento para mejorar la calidad de agua distribuida a la población. La desinfección debe ser una de las primeras en las que se debe trabajar, ya que es primordial para garantizar la ausencia de agentes patógenos en el agua a consumir. Además, la implementación del seguimiento de variables y la estructuración de un lecho estratificado en los filtros gruesos ascendentes.

Es necesario resaltar que el Sistema de tratamiento de agua potable fue construido bajo un caudal de diseño de 14.5 L/s y bajo los criterios de calidad del agua de la época, por esta razón es pertinente tener en cuenta esta apreciación cuando se hace el nuevo dimensionamiento, debido a que el caudal proyectado para esta población rural es de 4.5 L/s, casi la tercera parte del construido y será necesario calcular cual es el caudal máximo que la planta podría tratar bajo las condiciones actuales, para garantizar el mínimo proyectado para el consumo humano.

Además de las recomendaciones operativas que se plasman es necesario que el personal encargado de la planta de tratamiento empiece proceso de capacitación para que exista una apropiación correcta del conocimiento y se puedan alcanzar habilidades de maniobrabilidad y toma de decisiones ante cualquier percance que se pueda presentar en la operación de los sistemas de filtración, esta capacitación puede empezar de la mano del SENA con la capacitación técnica y/o tecnológica que ofrece y en compañía de la Alcaldía que prepara serie de talleres para acueductos rurales, en donde pretenden capacitar al personal en temas relacionados con agua potable.

Finalmente, y no menos importante es necesario que la sección directiva de la Junta Administradora de Acueducto este al tanto de los trámites necesarios para mantener las concesiones de agua vigentes, con esto se podrá garantizar el derecho sobre el recurso y donde el uso para consumo humano, colectivo o comunitario prevalece sobre cualquier

otro tipo. Paralelo a esto es necesario que se realice seguimiento a las bocatomas donde se garantice que estas permanezcan reforestadas y no se evidencie un deterioro progresivo por posible contaminación antrópica.

4.4.1 Sistema de desinfección

Un sistema de desinfección es indispensable para garantizar que el agua filtrada por la PTAP quede libre de agentes microbianos con la ayuda de métodos químicos de desinfección y por esta razón es necesario implementar esta unidad dentro de la planta de tratamiento del corregimiento. Para implementar el sistema de desinfección se buscó que fuera una alternativa económica y que además tuviera una operación sencilla, de este modo se escogió el hipoclorito de calcio sólido debido a que es un reactivo de fácil acceso en todas las poblaciones, se puede conseguir en ferreterías y almacenes de insumos para piscinas.

Se debe crear una cámara de contacto de cloro que cuente con un tiempo de residencia mínimo de 20 minutos para el caudal que se espera tratar en la planta y además un tanque previo de dilución del cloruro de calcio para garantizar una desinfección eficiente del agua filtrada. En la Tabla 4-9 se resumen los requerimientos del tanque de contacto y la cantidad de cloruro de calcio que se debe agregar para una dosificación de 2 gramos por metro cúbico de agua tratada (Resolución 0330, 2017).

Tabla 4-9: Resumen de la unidad de desinfección

Tiempo de contacto	Volumen cámara de contacto	Característica del hipoclorito de calcio	Cantidad diaria de hipoclorito
30 min	8.1 m^3	Reactivo sólido comercial con 6 5% en peso de cloro	1.2 kilos

Para la dosificación de la solución de cloro preparada previamente a una concentración de 2 mg/l y almacenada en un lugar cerca la planta se pueden proponer dos formas de dosificación, la primera es con ayuda de una válvula dosificadora y hacer el goteo sobre la cámara de contacto de cloro o diseñar un tabique flotante que esté conectado al

tanque de almacenamiento y en contacto con el tanque de mezcla de cloro y por un orificio se haga la dosificación de la solución del cloro preparada. Las alternativas mostradas son económicas y su operación realmente es muy sencilla, varían en que la primera presenta un margen de error mejor que la segunda, siendo un 10% y un 20% respectivamente (Instituto CINARA, 2016).

4.4.2 Seguimiento de variables

El seguimiento de variables de calidad de agua es un factor importante, esto nos ayuda a proponer acciones de mejora oportunamente en el sistema de filtración, es por esto que se describen unos kits que deberían ser comprados por la Junta Administradora de Acueducto para realizar un monitoreo a la calidad de agua que se está distribuyendo a los pobladores.

- Kit de piscina: comercialmente existen unas pruebas de piscina que pueden ser implementadas de forma económica para conocer algunas características fisicoquímicas del agua, El kit mostrado en la Figura 4-9 permite calcular dos variables importantes en para determinar calidad de agua, cloro residual y pH. Se recomienda que el cloro residual medido siempre este en un rango de 0.3 a 2 mg/l y el pH entre 6.5 y 9 unidades (Resolución 2115, 2007).

Figura 4-9: Kit de piscina para seguimiento de variables

Fuente: Libre

- Turbidímetro: adquirir un turbidímetro comercial y de bajo costo que le permita realizar el seguimiento de la turbiedad al efluente del filtro lento en arena antes de la cámara de contacto de cloro y verificar que este tenga un valor inferior a 2 NTU.

Las recomendaciones en la compra del kit de piscina y del turbidímetro permitirán al operador encargado tener mejor control de la unidad de filtración y proponer mejoras o mantenimiento de forma acertada teniendo en cuenta las observaciones plasmadas en la sección de mantenimiento del presente capítulo.

4.4.3 Cambio del material filtrante

Como última recomendación para implementación en el sistema de filtración en múltiples etapas, se propone un cambio de todo el material filtrante del filtro grueso ascendente en capas y del filtro lento en arena, se recomienda la compra del material y cambio de todos los lechos conservando la estratificación propuesta en la sección de pre-dimensionamiento de las unidades de filtración.

4.5 Importancia de la PTAP existente

En los últimos años la alcaldía de Manizales en cabeza de su alcalde ha avanzado en el aprovisionamiento de agua potable de la población rural desde las plantas principales del casco urbano de la ciudad de Manizales, la planta Luis Prieto y Niza, que pertenecen a la empresa Aguas de Manizales S.A E.S.P. Lo anterior con el objetivo de garantizar agua de óptima calidad a la población rural (Alcaldía de Manizales, 2017). Ligado a esto los pobladores que han gozado de este beneficio siguen contando con un acueducto veredal antiguo, disponen de dos abastos de agua que difieren principalmente en costos y calidad.

El corregimiento la cristalina para el 4 de octubre del año 2020 recibió la apertura de conexión a agua potable desde Manizales para 134 suscriptores de las veredas, Garrucha, Fonditos y Lisboa (Aguas de Manizales S.A. E.S.P., 2020). Lo anterior significa cerca de un 50% de los suscriptores con los cuales cuenta la Junta Admiradora de Acueducto, quedando un 50% restante desprovisto de este líquido de calidad y los que

recibieron la conexión gozan de dos acueductos en sus casas, teniendo la posibilidad de decidir cuál de ellos beber. Teniendo en cuenta lo anterior se resalta la importancia de lograr un correcto funcionamiento de la FiME existente en corregimiento, de forma que todos los usuarios conectados a este sistema de acueducto logren tener un agua de calidad en sus hogares. Es necesario tener en cuenta que esta consideración debe ir ligada al respectivo análisis económico, que me garantice la rentabilidad del acueducto veredal y un liquido de buena calidad.

5. Propuesta para el manejo de las aguas residuales

La problemática que se presenta en las veredas Lisboa, Mina Rica y la Garrucha por las aguas residuales se refleja en el mal manejo de los sistemas anaerobios instalados como solución de saneamiento a las veredas y se relaciona con el desconocimiento de la operación, funcionamiento y falta de mantenimiento de los sistemas instalados. Por esta razón se plantea una estrategia metodológica con el objetivo de que los pobladores en cabeza de sus líderes sociales y en compañía de la Junta Administradora de Acueducto puedan hacer un seguimiento y mantenimiento a las PTAR con las que cuentan. También usar esta guía metodológica para la planeación e implementación de mantenimiento a las soluciones individuales de saneamiento.

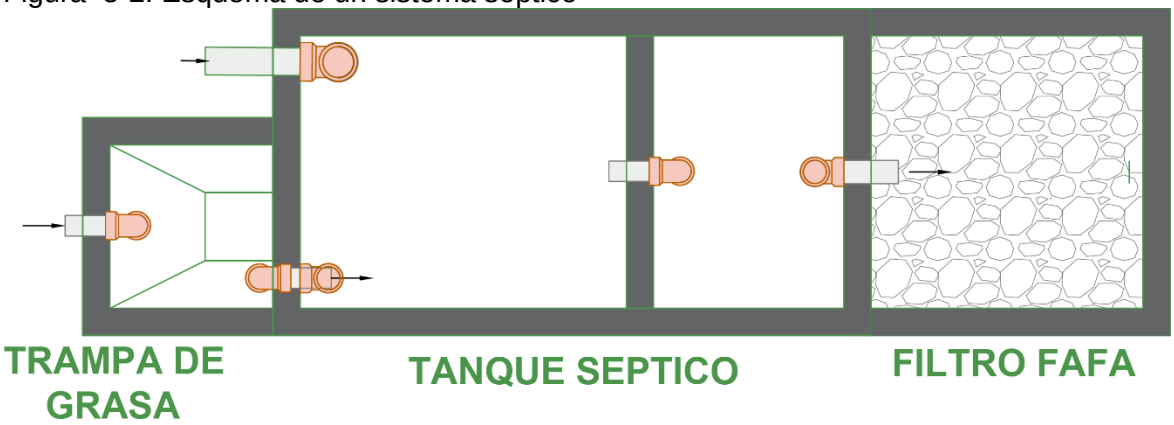
5.1 Descripción de los sistemas

Las soluciones colectivas e individuales con las que cuentan las tres veredas del corregimiento y que cubren un 95% de la población están conformadas con sistemas primarios y secundarios para la depuración de las aguas, estos sistemas fueron ejecutados mediante proyectos de la alcaldía municipal en coordinación con el ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, durante finales de la primera década de este siglo e inicios de la pasada. De forma general involucran proceso de rejillas, trampa de grasas, tanque séptico y un Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA), los dos últimos son los encargados de reducir la carga orgánica presente en el afluente. En la Figura 5-1 se observa la secuencia estructural del tratamiento con el que cuentan los pobladores, algunas presentan unas variaciones en la existencia o no del sistema de cribado, para soluciones individuales no está instalado dentro del STAR.

Figura 5-1: Secuencia de un sistema séptico

La Figura 5-2 muestra la solución individual propuesta por el ministerio de vivienda, Ciudad y Territorio para la población rural. Esta alternativa es aplicable a una vivienda o una pequeña aglomeración de casa de la población rural (Ministerio de Vivienda & Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2020).

Figura 5-2: Esquema de un sistema séptico



Modificado de: (Ministerio de Vivienda & Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2020)

Los sistemas sépticos instalados en la vereda como soluciones individuales o colectivas para pequeñas aglomeraciones sirven para la población que fue conectada a este servicio, cuando se empiece a expandir los pequeños centros poblados y a incrementar sus pobladores, será necesario plantear una posible red de alcantarillado y un nuevo sistema de tratamiento o en el otro escenario seguir planteando sistemas sépticos como solución individual para zonas rurales.

5.1.1 Sistema de cribado

Este sistema es un tratamiento primario y que se encuentra a la entrada de la planta o unidad de tratamiento. Tiene como función principal separar el material sólido

suspendido o el material de un diámetro considerable que llega a la planta. Además, de proteger los sistemas posteriores y ayudar a prolongar la vida útil de estas unidades, evitando la entrada de estos materiales. Un sistema de cribado está compuesto principalmente por un conjunto de rejas, cribas tamices o mallas de un diámetro determinado para retener los sólidos, estos son retirados mediante mecanismos manuales o mecánicos, para ser dispuestos mediante secado y/o digestión según sea el caso. (Cubillos Z, 2015)

El residuo del cribado está compuesto principalmente por los desechos arrojados por los pobladores a la red de alcantarillado, dentro de estos encontramos, restos de comida, toallas higiénicas, papel, telas y otros, que en muchas ocasiones llegan por error o descuido en los hogares.

5.1.2 Trampa de grasas

El sistema es en esencia una unidad de flotación, donde se hace una separación por diferencia de densidades, la grasa asciende al nivel del agua y queda retenida, mientras que el agua clarificada sale por la parte inferior. Su función principal es evitar la llegada de las grasas y/o jabones a los tratamientos complementarios y ocasionar una disminución en la eficiencia del proceso biológico. Cuando estos compuestos llegan al tanque séptico o al filtro anaerobio ocasiona que su periodo de mantenimiento disminuye, debido a que ocurre un taponamiento de los poros ocasionando colmatación anticipada, además hay que evitar que llegue el agua caliente ya que a altas temperaturas favorecen la disolución de las grasas y el paso a las siguientes unidades.(TÍTULO J Alternativas Tecnológicas En Agua y Saneamiento Para El Sector Rural, 2010)

La estructura general de una trampa de grasas que está constituida por un ducto de entrada, uno de salida y una cámara de inspección para realizar mantenimiento. El tamaño de esta estructura dependerá del volumen de agua a tratar, conservando tiempos de retención hidráulica entre 2.5 a 3 minutos. Este tratamiento es usado principalmente cuando el agua residual es la mezcla de las aguas grises y negras, es decir, cuando se tiene una mezcla de las aguas jabonosas, como las producidas en los lavamanos, lavaderos, duchas y cocina y de las aguas con presencia de materia fecal. (Resolución 0330, 2017)

5.1.3 Tanque Séptico

El tanque séptico es la estructura principal del sistema séptico para población rural dispersa o rural nucleada, en este ocurre la primera etapa de descomposición de las aguas. Está compuesto principalmente por una unidad rectangular o circular, que puede o no tener divisiones en ella, y está ubicado generalmente por debajo del nivel del suelo para que el agua fluya por gravedad. (Cubillos Z, 2015)

El proceso de descomposición ocurre en ausencia de oxígeno, donde los microorganismos presentes tienen un metabolismo anaerobio. Durante el proceso se generan lodos que van al fondo del tanque y gases que mediante el burbujeo emergen a la superficie arrastrando algunas partículas sólidas livianas y formando una capa sólida conocida como natas. El tanque séptico está compuesto por tres secciones, la primera hace parte de la estructura de entrada, donde llega el líquido que salió por la parte inferior de la cámara de grasas; la segunda son los orificios de inspección de la cámara de descomposición que son usados para realizar mantenimiento al sistema; por último, está el ducto de salida que está ubicado en la parte lateral superior de la cámara (TÍTULO J Alternativas Tecnológicas En Agua y Saneamiento Para El Sector Rural, 2010). Las secciones mencionadas anteriormente se pueden observar en la Figura 5-2.

5.1.4 Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

Este tratamiento es considerado una unidad extra que se añade a la unidad séptica con el objetivo de mejorar la calidad del agua que sale de la fosa séptica, la cual se espera que haya tenido una disminución cercana al 40% de materia orgánica para poder ser infiltrada en el suelo o vertida a un cuerpo de agua.

Esta unidad puede presentar una geometría rectangular o circular, su forma dependerá principalmente de la disposición de terreno con la que se cuente. Pueden ser construidos como unidades independientes o integradas al tanque séptico de forma que sea una unidad compacta de tratamiento. Al igual que el tratamiento previo se debe realizar en ausencia de aire, es decir un tratamiento completamente anaerobio, y el agua ingresa por la parte inferior a un falso fondo, donde empieza ascender por medio de un lecho filtrante

que puede ser de grava o de un empaque plástico comercial; luego de cumplir el tiempo de retención en el filtro el efluente sale por la parte superior para la disposición final que puede ser infiltración o verter a cuerpo de agua superficial. (TÍTULO J Alternativas Tecnológicas En Agua y Saneamiento Para El Sector Rural, 2010)

5.1.5 Disposición del efluente

La disposición final del agua tratada en sistemas sépticos puede presentar dos alternativas muy usadas en las zonas rurales, la primera de esas consiste en planear un campo de infiltración en donde el agua con ayuda de unos ductos dispuestos en el terreno se percola en el suelo, y la segunda es verter el efluente a un cuerpo de agua superficial, para este se deben contar con permisos de vertimientos y cumplir con la normativa para descargas de aguas residuales domésticas en ríos o quebradas. (TÍTULO J Alternativas Tecnológicas En Agua y Saneamiento Para El Sector Rural, 2010)

- Campos de infiltración: Se caracterizan por ser zanjas angostas con forma de espina de pescado y operación aeróbica. Los ductos de salida están provistos de agujeros, y bajo esta red de distribución se hace una preparación del terreno con ayuda de grava limpia con el objetivo de crear un campo de infiltración óptimo. Además, se debe realizar un estudio para determinar la permeabilidad del terreno.

- Vertimiento a cuerpo de agua: El vertimiento de las aguas provenientes del FAFA a un río o quebrada debe ir acompañado de un permiso de vertimientos vigente dado por la autoridad ambiental competente, Corpocaldas para este caso.

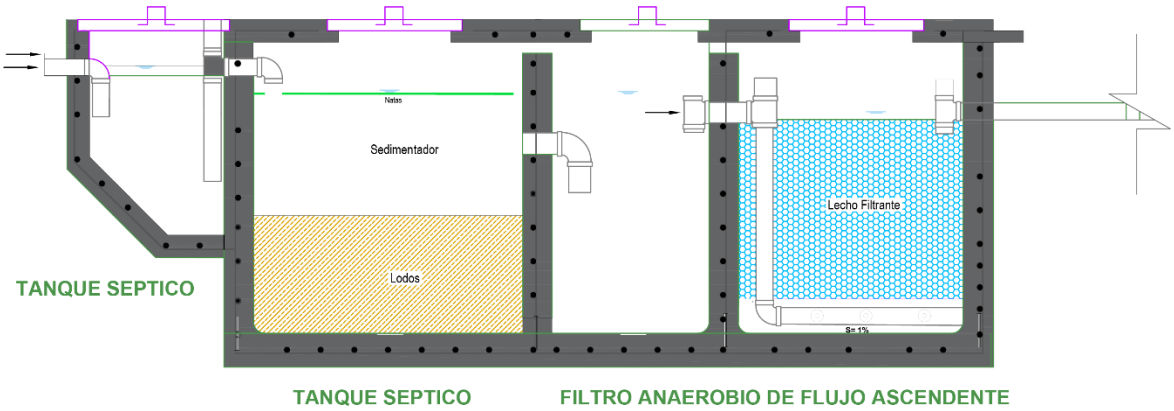
5.2 Mantenimiento del sistema

El mantenimiento de una unidad está acompañado de aquellas tareas que se deben realizar periódicamente con el objetivo de garantizar un correcto funcionamiento del sistema y prolongar la vida útil de la unidad; en la Figura 5-3 se ve un corte transversal del sistema séptico que ayuda a entender las operaciones de mantenimiento.

Se recomienda a los pobladores realizar una inspección de todo el sistema de tratamiento debido a que el estado actual presenta falta de mantenimiento. Este registro

se plantea de forma que se puedan proponer las actividades de mantenimiento necesarias y realizarlas en los días siguientes, estas diligencias deben realizarse teniendo en cuenta las consideraciones en los numerales siguientes, esto con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento de la unidad y seguir realizando las actividades periódicamente según lo presenta la tabla del anexo A

Figura 5-3: Corte trasversal de un sistema séptico



Modificado de: (Ministerio de Vivienda & Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2020)

A continuación, se describen esas actividades que se deben realizar por cada tratamiento que compone el sistema séptico. La documentación usada como base para la implementación de las operaciones de mantenimiento son diferentes guías provistas por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y las recomendaciones de la Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). En el anexo A se muestra la tabla resumen del mantenimiento y de toma de datos, las cuales servirán a los pobladores para llevar un control y registro de las actividades realizadas.

5.2.1 Inspección general

Es necesario que cada dos días como mínimo se haga un recorrido por toda la unidad, con el objetivo de hacer una inspección general y evidenciar posibles irregularidades o daños en la estructura, en esta visita se deben revisar válvulas, compuertas de entrada, de salida, e identificar posibles fugas. De esta forma se pueden proponer soluciones efectivas y evitar el colapso de la unidad.

5.2.2 Cribado

El mantenimiento de esta primera unidad está enfocado al retiro manual de todos los residuos sólidos que son retenidos por las rejillas y disposición de estos; este proceso debe realizarse diariamente y siguiendo las siguientes consideraciones:

- Retirar el material sólido con ayuda de un rastrillo.
- Poner el material a escurrir de forma que se retire la mayor cantidad de agua posible.
- Pasar los residuos sólidos a bolsas de basura si se tratan de no orgánicos y llevarlos para ser recogidos por el carro recolector de residuos. Los residuos sólidos orgánicos extraídos pueden ser dispuestos en terrenos cercanos mediante un orificio pequeño en el suelo para su descomposición.

5.2.3 Trampa de grasas

Como su nombre lo dice se encarga de retener las grasas presentes en el agua y su mantenimiento debe realizarse periódicamente una vez cada dos semanas para el retiro de las grasas y evaluación de la cantidad de posibles sólidos sedimentados.

- Retirar la tapa y dejar ventilar por un tiempo de 5 a 10 minutos.
- Con ayuda de un recipiente retirar la grasa que está depositada en la parte superior del agua.
- Con ayuda de una regla (palo de escoba) verificar la altura de los lodos en la cámara de grasas y cuando tenga una altura de la mitad del tanque debe retirar los lodos del fondo de la trampa.
- Las grasas y aceites retirados deben disponerse en una zanja de min 40 cm de profundidad, donde se agrega cal viva para su desactivación.
- Los lodos retirados deben seguir la metodología propuesta en la sección 5.2.7

5.2.4 Tanque séptico

Los tanques sépticos requieren una inspección en un periodo de tiempo más prolongado, generalmente se hace una revisión anual, con el fin de identificar cuando se requiere el mantenimiento. La inspección está limitada principalmente a medir la profundidad del lodo generado y la nata en la superficie del agua, cuando se tenga una altura de 2/3 del

lodo con respecto a la altura del líquido en la cámara se procede hacer el mantenimiento que consiste en los siguiente:

- Abra la cajilla de acceso y deje ventilar por unos 30 minutos, de esa forma se asegura la salida de los gases acumulados.
- Extraer las natas presentes en la superficie del agua con ayuda de un recogedor o un recipiente poco profundo que ayude a recoger este residuo.
- Medición de la altura de lodos
    - Envuelva una tela de color claro alrededor de un palo de 2 m. o más de longitud y sujételo con cuerdas en varias partes de la tela.
    - Para medir, baje el palo a través de la cajilla de acceso hasta el fondo de la cámara y déjelo por unos minutos.
    - Retírelo lenta y cuidadosamente, y mida la altura alcanzada por las partículas en la tela usada.
    - Si la marca excede los 20 cm, se deben extraer los lodos.
- Retiro de los lodos manualmente:
    - Se debe retirar el agua que está sobre el lodo de forma cuidadosa evitando la mezcla, se retira la cantidad necesaria hasta dejar unos 10 cm sobre el lodo.
    - Luego se procede a retirar los lodos con ayudas de baldes y sogas que permitan el descenso del recipiente hasta el fondo de la cámara

5.2.5 Filtro anaerobio de flujo ascendente

El mantenimiento del filtro se realiza aproximadamente cada tres años, donde se hace una limpieza del material filtrante principalmente. Las actividades que se deben seguir están enunciadas a continuación:

- Retirar la tapa y dejar ventilar por unos 10 minutos.
- Cerciorarse de que no se tengan obstrucciones en los ductos de salida, de ser así proceda a retirarlos.
- Retirar todo el lecho filtrante y realizar un lavado con agua limpia y a presión, con el objetivo de quitar toda la biomasa adherida al material

NOTA: si el lecho filtrante es tipo grava se debe preparar una fosa donde se pueda hacer montones del material sobre un plástico grueso y con ayuda de una pala los vamos rotando de forma que el roce entre ellos ayude a desprender la biomasa adherida. Al finalizar este proceso se regresa la grava a la estructura del filtro.

5.2.6 Campo de infiltración

El mantenimiento de los campos de infiltración está ligado a garantizar las condiciones aerobias en el proceso y para eso se deben verificar que los orificios de ventilación no presenten taponamientos, esto se puede presentar por la incrustación de insectos en los ductos.

5.2.7 Disposición final de lodos

Los lodos generando en la trampa de grasas, en el tanque séptico y posibles residuos del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente deben ser dispuestos de la siguiente manera:

- Nunca arrojar los sólidos a un cuerpo de agua superficial.
- Un primer caso es cuando se cuenta con lechos de secado.
    - Se deben vaciar los sólidos hidratados (alto contenido de agua) a los lechos de secado que está compuesta por arena como material de soporte y con ayuda de las condiciones ambientales, el sol principalmente ayudará al secado y digestión de estos.
    - Siempre se debe adecuar el lecho antes de verter los lodos, verificar la capa de arena y que no haya lodos antiguos en los lechos.
    - Después de 3 semanas se espera que el lodo este con una humedad muy baja y puede ser retirado, se espera un lodo seco que pueda ser usado para mezclarlo con suelos agrícolas para su mejoramiento, siempre y cuando, no estén dedicados al cultivo de hortalizas, frutas o legumbres que se consumen crudas.
- Cuando no contamos con lechos de secado, debemos realizar una trinchera para mezclarlos con tierra, basura (biodegradable), hierba cortada y cal.

5.3 Implementos de seguridad requeridos en el mantenimiento

La seguridad del personal que realiza las labores de mantenimiento son necesarias tenerlas cuando se realicen alguna de las labores descritas en la sección de mantenimiento de una unidad séptica descritas anteriormente. La principal de estas recomendaciones es evitar accidentes y minimizar el riesgo de contraer enfermedades en el desarrollo de las actividades.

Los requerimientos de seguridad se enlistan a continuación:

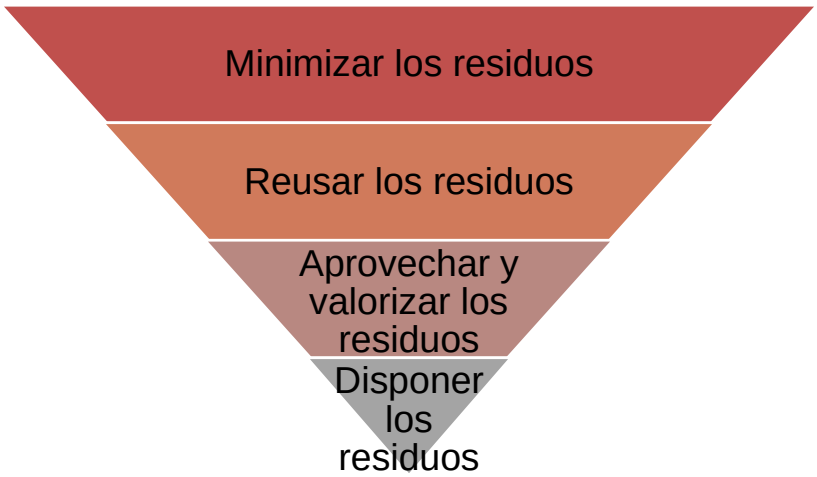
- Verificar que no haya fogatas, o elementos que puedan generar chispas eléctricas cerca al lugar de trabajo.
- No fumar durante la realización de las actividades, puede generar incendios por los gases que se generan en el sistema de tratamiento.
- Siempre asistir al lugar con botas plásticas en caso de que tengamos contacto con las aguas residuales a la altura de los pies.
- Cuando se realicen procedimientos de extracción de lodos, natas y en el lavado del filtro procurar contar con overoles impermeables que eviten cualquier contacto con los residuos durante las actividades de mantenimiento. Además, disponer de guante.
- Disponer de tapabocas para destapar y hacer mantenimiento de cualquier unidad de tratamiento.
- No ingerir alimentos durante el desarrollo de actividades.

6. Propuesta de manejo de residuos sólidos

Las veredas de Lisboa, Mina Rica y la Garrucha reciben atención en la recolección de basuras una vez por semana, el jueves; esta actividad es desarrollada por la Empresa Metropolitana de Aseo EMAS. EMAS se encarga de recoger todos los residuos presentados por los pobladores al lugar de acopio y hacer su disposición final en el relleno sanitario la esmeralda ubicado en la ciudad de Manizales (Alcaldía de Manizales, 2017). Del total de los residuos generados por los pobladores, un 78% es recolectado por los carros compactadores y el 22% restante se desconoce su “aprovechamiento”, es por esto por lo que surge la necesidad de plantear alternativas de aprovechamiento de residuos sólidos.

La propuesta para el manejo de los residuos generados por los pobladores está enfocada en resaltar la importancia de hacer una adecuada separación en la fuente, con el objetivo de reducir los residuos y de esta forma plantear diferentes alternativas para el aprovechamiento de los residuos generados. Es de resaltar que esa propuesta puede ser aplicada en los centros educativos con los que cuentan las veredas y trabajar con la población infantil en la importancia de separar, aprovechar y reducir los desechos generados.

Figura 6-1: Secuencia para la separación en la fuente.



El esquema anterior muestra una secuencia estructural que se debe ser implementado en cada hogar con el objetivo de reducir, reusar y plantear algunas transformaciones a los residuos antes de ser presentados para que el carro recolector los disponga en el relleno.

6.1 Importancia de separación en la fuente

La separación en la fuente consiste en todas esas actividades que se deben emprender desde cada hogar, o el generador de los residuos; esta actividad tiene como principal objetivo darle una segunda oportunidad al residuo para su posterior aprovechamiento o disposición final. Consiste en una clasificación y almacenamiento de cada tipo de residuo, en contenedores previamente diferenciados, sea por ubicación, rotulado o color.

Los residuos pueden ser fácilmente clasificados según su composición física y para esto se tiene tres grupos principales para los hogares, el primero hace parte de los residuos considerados aprovechables, como: papel, cartón, plástico y vidrio, en el segundo conjunto tenemos los no aprovechables que consisten principalmente en los residuos provenientes de los baños y los contaminados por comida, por último, están los residuos orgánicos aprovechables (Instituto colombiano de normas técnicas y certificación, 2009).

La Figura 6-2 muestra la clasificación y el color de las canecas según lo dispuesto por el Ministerio de Ambiente, pero estas pueden ser modificadas y adecuadas según los recursos, lo importante es no confundir los recipientes, ni mezclar los residuos y plantear un aprovechamiento adecuado de la separación.

Figura 6-2: Clasificación de los residuos según su procedencia

Fuente: (Minambiente)

Adicionalmente en la imagen 1 del anexo B se muestra un póster de cómo realizar la separación en la fuente, este sirve para ser impreso y dispuesto en lugares estratégicos de las veredas como: colegios, escuelas, puestos de salud, salón comunal y otros que consideren; de forma que sea visible a los pobladores y recuerde el impacto positivo en el medio ambiente al hacer separación en la fuente.

6.2 Compostaje

En esta etapa se propone el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en las viviendas de una forma sostenible generando un abono totalmente orgánico que puede ser aprovechado para fertilizar los suelos de cultivo o jardines de los pobladores. A continuación, se describen dos alternativas de aprovechamiento de los residuos biodegradables, la diferencia principal en las alternativas es el volumen tratado.

6.2.1 Compostera individual

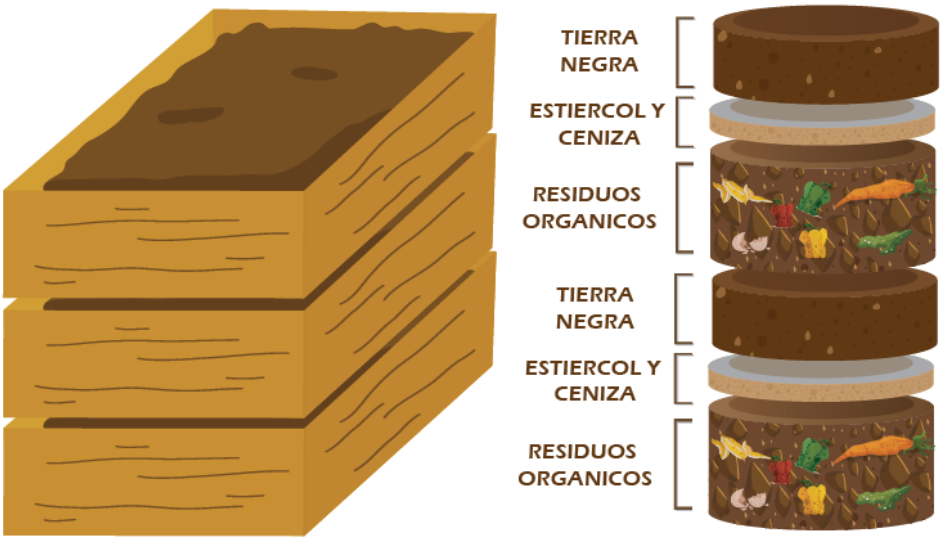
Como su nombre lo indica es una alternativa propuesta para cada vivienda, una solución individual para los residuos generados por un hogar. Para la estructuración de la compostera y obtención del abono debe tener en cuenta lo siguiente: (TÍTULO J Alternativas Tecnológicas En Agua y Saneamiento Para El Sector Rural, 2010)

- Seleccionar un lugar cerca a la casa, donde se pueda crear una zanja o una estructura de un área aproximada de un metro cuadrado. El área para utilizar dependerá directamente de la cantidad de residuos orgánicos que produzcas en tu cocina o si quiere incluir residuos de poda.
- Hacer una zanja de unos 30 cm aproximadamente de profundidad o crea una estructura con ayuda de palo o guaduas con una altura de 1.2 metros aproximadamente.
- Colocar una primera capa de residuos de 15 cm de altura, preferiblemente que estos estén picados para que ayude a la transformación a abono, con ayuda de los microorganismos.
- Cubrir los residuos con una capa de estiércol y ceniza, y una capa de tierra fértil, de 2 y 5 cm de altura cada una.
- Seguir agregando residuos de forma secuencial formando las tres capas siempre hasta completar la altura útil disponible.

- Cuando complete la celda creada tape con hojas o un plástico para evitar la entrada de agua lluvia.
- Si decidió trabajar con una zanja, tome una pala y mueva los residuos cada dos días, esto con el objetivo de evitar malos olores en la fosa creada.
- Cada semana puede tomar una muestra de la celda y determine la humedad con ayuda de la mano:
    - Tome una la cantidad de abono que quepa en su mano y empuñe la mano fuertemente.
    - Sí evidencia un hilo continuo de agua se debe proceder hacer un proceso de aireación para evitar un proceso anaerobio de descomposición.
    - Si el material no gotea y cuando extendemos la mano permanece moldeado, está en condiciones óptimas para el proceso de degradación.

Luego de aproximadamente dos meses puede utilizar el abono generado en sus cultivos o plantas de ornamentación; cerciórese que el abono presente un aspecto homogéneo, que no haya presencia de residuos.

Figura 6-3: Compostera casera



6.2.2 Compostera comunitaria

Esta propuesta está enfocada a crear una compostera comunal, aplica en el caso cuando varios pobladores decidan unirse para aprovechar los diferentes residuos que tengan en sus hogares o pequeñas parcelas y crear un abono que puedan utilizar como fertilizantes. A continuación, se en enlistan los pasos y medidas para crear una pila (Organización panamericana de la salud & Organización Mundial de la salud, 2009):

- Disponer un espacio mínimo de un área de 14 metros cuadrados para crear un camellón de una altura promedio de 1 metro.
- Es necesario tener en cuenta las relaciones carbono nitrógeno de la mezcla a compostar, la relación inicial debe tener un valor de 20 a 30 C/N. Se recomienda usar la Tabla 6-1 que muestra la relación C/N para diferentes residuos que podemos generar en los hogares y pequeñas parcelas. Para el uso de la tabla tenga en cuenta lo siguiente:
    - Identifique y cuantifique (volumen o masa) los residuos que tiene disponibles.
    - Calcule la cantidad total de nitrógeno y carbono que tiene y calcule la relación, si no está en el rango adecuado proponga una mezcla en diferentes proporciones.
    - Ejemplo: se dispone de aserrín y excretas bovinas, el balance adecuado es hacer una mezcla de 3 partes de excretas por una parte de aserrín y de esa forma se espera tener una relación 20-30 C/N

Tabla 6-1: Relación carbono nitrógeno de diferentes residuos orgánicos

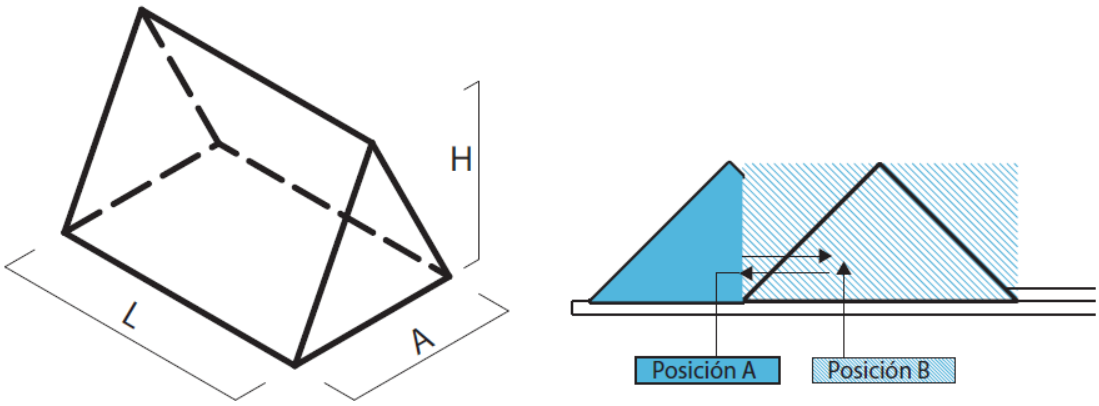
Materia	**porcentaje de carbono**	**porcentaje de nitrógeno**	**relación C/N**
Aserrín	40	0.1	400
Podas, tallos y maíz	45	0.3	150
Paja de caña	40	0.5	80
Hojas	40	1	40
Estiércol equino	15	0.5	30
Estiércol ovino	16	0.8	20

Heno	40	2	20
Estiércol bovino	7	0.5	14
estiércol de gallina	15	1.5	10

Modificado: (Organización panamericana de la salud & Organización Mundial de la salud, 2009)

- Verifique la humedad de la mezcla con ayuda de la técnica empírica del puño descrita en la sección anterior, si se evidencia un goteo o hilo de agua constante agregó tierra negra y homogenice la mezcla hasta evitar el desprendimiento de agua.
- Una vez tengamos la mezcla lista se procede hacer el camellón, este debe tener unas dimensiones aproximadas de 3x2x1 (ancho x largo x alto), como se observa en la Figura 6-4, Este camellón ocupará la mitad del área disponible, la otra mitad será usada para realizar el movimiento para realizar la aireación del montón.
- El proceso de aireación que consiste en mover el camellón de una posición A una B (ver Figura 6-4), debe hacerse cuando en la prueba de humedad se note presencia de abundante agua, espera que sea un proceso de cada 20 días aproximadamente.
- Cuando la prueba de humedad muestre que está muy seco el sistema (al abrir el puño la muestra se desmorona por completo) es necesario hacer un riego suave a la pila de abono en digestión.
- Pasados tres meses se espera que la pila se encuentre lista para aprovechar el abono obtenido, este puede ser usado en sus cultivos debido a la cantidad que se está generando.

Figura 6-4: Compostera comunitaria



La ubicación de la compostera no tiene contraindicaciones ni una cercanía mínima a las viviendas, debido a que si se garantizan muy buenas medidas de limpieza de las zonas de trabajo, correcta disposición de residuos y se aplica la metodología explicada previamente; no habrá proliferación de vectores y malos olores.

6.3 Aprovechamiento de material plástico

Los residuos sólidos aprovechables no biodegradables pueden ser usados principalmente como fuente de reciclaje y transformación en otros productos. En esta unidad se propone un trabajo en conjunto entre los pobladores y la empresa manizaleña Ecoloma la cual en cabeza de su líder Juan David Patiño se compromete a crear lazos de comunicación con los pobladores y desarrollar diferentes actividades.

Actividad 1: esta primera acción consiste en desarrollar una secuencia de charlas, por iniciativa de los pobladores y donde ellos generarán los espacios y acordaran con la empresa como será el desarrollo de estas. En las charlas se abordarán temas de aprovechamientos de residuos sólidos plásticos desde la experiencia. Además, se orientará la importancia de este nicho de mercado para la creación de pequeñas empresas que se dediquen a generar valor agregado a residuos que son despreciados día a día. Finalmente se resaltan diferentes alternativas de transformación a productos finales que pueden ser implementadas en las veredas con los residuos generados por esta población.

Actividad 2: en un futuro cercano cuando Ecoloma cuente con el equipo necesario para la recolección de material sólido para el perímetro no urbano, se hará una planeación de rutas y horarios entre la población y la empresa para la recolección del material plástico en un inicio. Para esto se deberá de disponer un espacio con ubicación estratégica (salón comunal) donde previamente se ha depositado el material sólido recolectado por un periodo de tiempo acordado con la empresa previamente, de esta forma se evita que se haga una recolección y la empresa no pueda recolectar.

El anexo C presenta la carta de respaldo de la empresa Ecoloma donde se enumeran las posibles actividades que se pueden desarrollar en conjunto de los pobladores y ellos.

6.4 Lista de recolectores

La separación en la fuente genera que los pobladores vayan acumulando residuos (papel, cartón, plástico, vidrio, metal) debidamente separados y en condiciones para un posterior aprovechamiento, estos residuos que pueden ser vendidos y generar un ingreso a la población. De esta forma se propone generar un centro de acopio de material reciclado, debidamente clasificado y limpio según lo mostrado en el poster del anexo B. Luego de tener una cantidad considerable de residuos podrán ponerse en contacto con alguno de los contactos de la Tabla 6-2 para que ellos hagan la recolección y compra del material almacenado, se recomienda estar en contacto previo a la recolección para crear un compromiso y evitar que los residuos se queden acumulados, generando posibles vectores de contaminación.

Tabla 6-2: Lista de compradores de material reciclable

Nombre	Contacto
Recolector 1 (Pablo)	3105676514
Recolector 2 (Cristian Ríos)	3187599542
Recolector 3 (Alejandro)	3022653175

7.Conclusiones y recomendaciones

El trabajo presentado plantea tres soluciones que ayudan a cumplir directamente al objetivo 6 de desarrollo sostenible “Agua Limpia y Saneamiento” para los pobladores de las tres veredas del corregimiento la Cristalina, beneficiando cerca de 800 personas actualmente. Adicionalmente, el objetivo 6 está estrechamente relacionado con los objetivos 1 y 3, en donde se tienen como metas disminuir la pobreza, cerrar brechas de desigualdad y aumentar la calidad de vida de los pobladores, haciendo que estos gocen de una mejor salud y bienestar.

La propuesta planteada para abastecimiento de agua potable de las veredas Mina Rica, Lisboa y La Garrucha requiere de una inversión, la cual deberá ser gestionada por los usuarios y liderada por la Junta Administradora del Acueducto ante la secretaria de Medio Ambiente de la alcaldía municipal, la cual orientará la formulación y ejecución de proyectos referente al abastecimiento de agua potable y de forma que se logre implantar la unidad de desinfección, realizar una evaluación técnica de la PTAP y la compra inicial de los kits y equipos mencionados en la propuesta para mejorar la calidad de agua distribuida y poder plantear acciones preventivas y correctivas que puedan surgir en la operación de la planta de tratamiento de agua potable del corregimiento, garantizando calidad del preciado líquido.

Frente a lo descrito en la propuesta de aprovechamiento de residuos sólidos es necesario resaltar que esta cumple un papel significativo desde la educación de la importancia que tiene la separación en la fuente, los pobladores deben trabajar en crear conciencia de este factor, seguido a esto se pueden empezar a desarrollar diferentes propuestas de aprovechamiento en conjunto con Ecoloma para material plástico, que les pueda generar ingresos a sus hogares con una posible y futura estructuración de microempresas. Además, pueden trabajar en conjunto para empezar a estructurar

sistemas de compostaje comunitarios y producir un abono que sea dispuestos en sus cultivos.

El mantenimiento de los sistemas de tratamiento de agua residual es indispensable para garantizar que exista un correcto funcionamiento de estos, además que se impida la contaminación de suelos y cuerpos de agua por el vertimiento de aguas residuales sin tratar.

Las propuestas para el mantenimiento de los sistemas de tratamiento de agua residual y el planteamiento del aprovechamiento de los residuos sólidos generados por los pobladores puede ser extrapolada directamente a otras poblaciones rurales. Un porcentaje considerable de la población rural colombiana fue provista de sistemas sépticos para el tratamiento de las aguas residuales y la población desconoce por completo su funcionamiento y actividades de mantenimiento que se deben realizar para garantizar un adecuado funcionamiento, considerando que es responsabilidad del usuario realizar estas operaciones según el Ministerio de Vivienda (Ministerio de Vivienda & Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2020).

Una copia de este documento deberá ser entregado a la secretaria de Medio Ambiente de la alcaldía de Manizales de forma que conozcan la actual problemática y puedan establecer acciones de mejora y apoyo a la comunidad ante la situación, como también los pobladores para que puedan ser ellos quienes gestionen en primera medida las necesidades acá plasmadas.

Finalmente es necesario que los pobladores del corregimiento en cabeza de sus líderes empiecen a aunar esfuerzos para trabajar en conjunto, en primera instancia con el grupo familiar, y posterior a ello con los grupos comunitarios, y logren gestionar recursos mediante la formulación de proyectos; para que exista una apropiación de las soluciones planteadas en este documento, permitiendo a las organizaciones comunitarias ser partícipes activos de una transformación y conservación del medio ambiente. Así mismo que puedan alcanzar el objetivo que los favorece como comunidad, siendo este el primer paso de cooperación y ayuda que hará que estos pobladores gocen de una mejor calidad de vida y un ambiente sano.

A. Anexo: Resumen de actividades con periodicidad y tabla de tomas de datos

En este anexo se muestran las tablas para seguimiento y control de los sistemas de tratamiento, la tabla 1 muestra el resumen de las actividades junto con el intervalo de tiempo en el que se deben realizar y los requerimientos para llevar a cabo cada actividad. Además, la tabla 2 muestra los espacios para llevar un control de cada actividad realizada y las fechas de las próximas visitas a la planta. Y la tercera tabla está relacionada con la tabla para toma de datos de la PTAP

ACTIVIDADES Y REQUERIMIENTOS PARA EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE LA PTAR Veredas: Mina Rica, Lisboa y La Garrucha			
Actividad	**Unidad**	**Frecuencia**	**Requerimientos**
Recorrido por la planta para verificar daños	Toda la planta	cada 2 días	Formato de toma de datos
Retirar sólidos en las tuberías de acceso	Toda la planta	diario	Palas y rastrillos
Retirar sólidos en las rejillas	Cribado	Diario	Palas y rastrillos
limpieza de grasas	Trampa de grasas	Cada dos semanas	Recipiente de recolección
Inspección de lodos	Trampa de grasas	Cada 5 meses	Palo de escoba y balde
Retirar la nata	tanque séptico	Anual	recogedor y baldes
Inspección de sólidos	Tanque séptico	Anual	Palo de 2 metro, tela clara
Retirar sólidos	Tanque séptico	Cuando se requiera	baldes y cuerda de 4 metros de longitud
Limpieza del lecho filtrante	FAFA	Cada 3 años	Palas, Carretillas y agua limpia.

FORMATO DE CAMPO PARA LAS VISITAS A LA PTAR

Veredas: Mina Rica, Lisboa y La Garrucha

Actividad[1]	Unidad[2]	Fecha[3]	Hallazgos[4]	Requiere mantenimiento[5]		Fecha del próximo Mantenimiento[6]
				SI		
				NO		
				SI		
				NO		
				SI		
				NO		
				SI		
				NO		
				SI		
				NO		
				SI		
				NO		

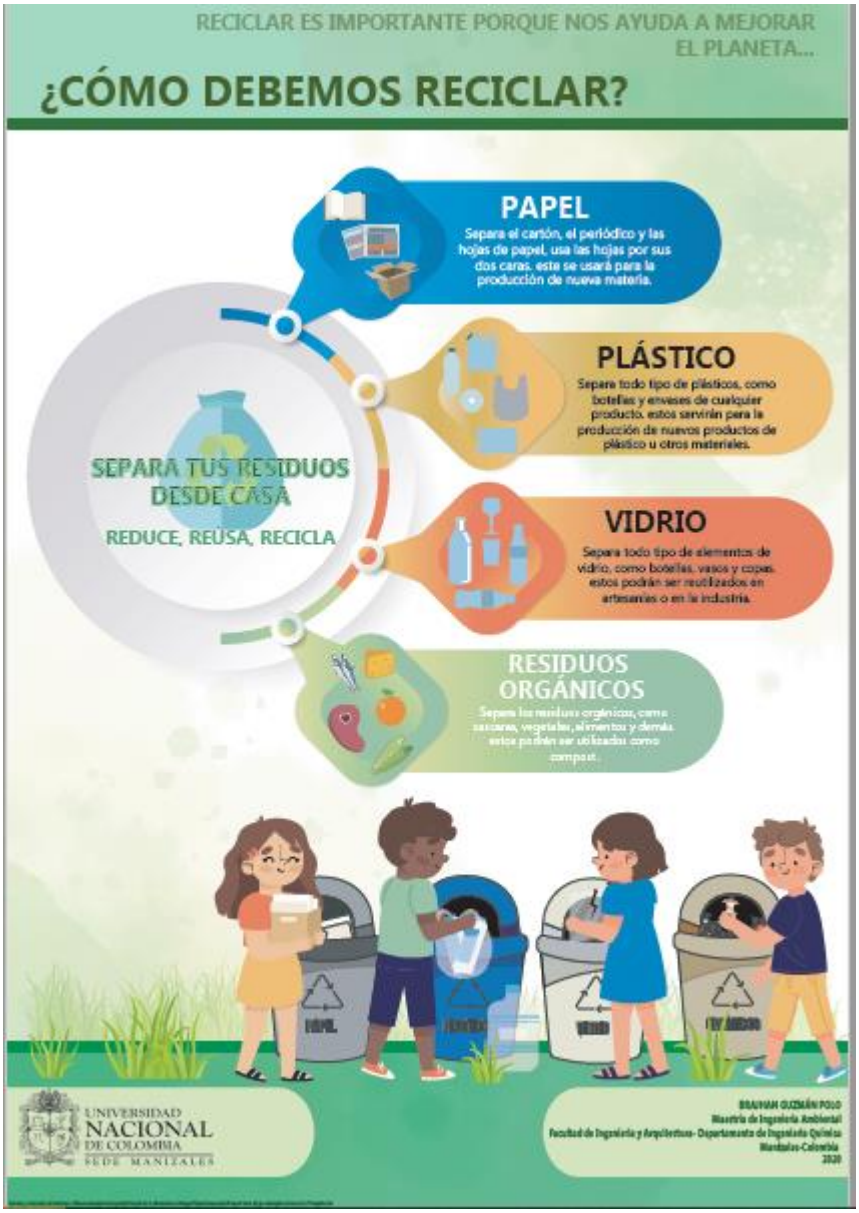
[1] en ese espacio debe escribir la actividad que va a realizar en la plata de tratamiento de agua residual. [2] escribirá la etapa donde está realizando la actividad, puede ser la trampa de grasas, el tanque séptico, el FAFA, o el cribado.[3,6] escriba la fecha en la que realiza la visita y la próxima fecha de mantenimiento según los hallazgos encontrados. [4] en ese espacio debe escribir todas las anormalidades encontradas en su visita y con base a eso definir si es necesario hacer la actividad de mantenimiento. [5] marque con una X si requiere o no mantenimiento la unidad revisada.

FORMATO DE CAMPO PARA LAS VISITAS A LA PTAP Veredas: Mina Rica, Lisboa y La Garrucha								
Fecha	**Hora**	**Turbiedad[1]**	**Nivel en la entrada del FGAC (m)**	**Requiere mantenimiento algún filtro**		**Variables**		**Observaciones**
				SI		Cloro residual		
				NO		pH		
				SI		Cloro residual		
				NO		pH		
				SI		Cloro residual		
				NO		pH		
				SI		Cloro residual		
				NO		pH		
				SI		Cloro residual		
				NO		pH		
				SI		Cloro residual		
				NO		pH		
				SI		Cloro residual		
				NO		pH		

1 reportar la turbiedad antes de la entrada a la zona de desinfección,, debe ser menor a 2 NTU,

B. Anexo: Poster pedagógicos

Poster de residuos sólidos



Poster de agua y saneamiento

C. Anexo: carta de apoyo Ecoloma

Manizales, 6 de octubre de 2020

Señores
POBLADORES DE LAS VEREDAS LISBOA, MINA RINA Y LA GARRUCHA
Corregimiento la Cristalina

Asunto: Información de apoyo para el aprovechamiento de residuos solidos en sus veredas por parte de la empresa ECOLOMA.

Somos una empresa que capta plásticos con la ayuda de 3 familias que viven del reciclaje, con mi familia y vecinos trasformamos el plástico PET en escobas cepillos y recogedores, nuestro objetivo es ayudar a reducir la contaminación y ofrecer productos que tengan una vida útil más larga para evitar la acumulación y el desecho prematuro de los productos.
fue contactada por Brajhan Guzman Polo, estudiante de Maestría en Ingeniera Ambiental de la Universidad Nacional donde desarrolla su tesis titulada **"Saneamiento básico en áreas rurales de Colombia, caso de estudio veredas la Garrucha, Mina Rica, y Lisboa del corregimiento de La Cristalina Manizales – Caldas"**, y nos plantea el interrogante ¿Cómo puede la empresa trabajan en conjunto con la población para el aprovechamiento de los residuos sólidos, plástico en especial? Luego de analizar diferentes alternativas proponemos lo siguiente:

Actividad 1: esta primera acción consiste en desarrollar una secuencia de charlas, por iniciativa de los pobladores y donde ellos generarán los espacios y acordaran con la empresa como será el desarrollo de estas. En las charlas se abordarán temas de aprovechamientos de residuos sólidos plásticos desde la experiencia. Además, se orientará la importancia de este nicho de mercado para la creación de pequeñas empresas que se dediquen a generar valor agregado a residuos que son despreciados día a día. Finalmente se resaltan diferentes alternativas de transformación a productos finales que pueden ser implementadas en las veredas con los residuos generados por esta población.

Actividad 2: en un futuro cercano cuando Ecoloma cuente con el equipo necesario para la recolección de material sólido para el perímetro no urbano, se hará una planeación de rutas y horarios entre la población y la empresa para la recolección del material plástico en un inicio. Para esto se deberá de disponer un espacio con ubicación estratégica (salón comunal) donde previamente se ha depositado el material sólido recolectado por un periodo de tiempo acordado con la empresa previamente, de esta forma se evita que se haga una recolección y la empresa no pueda recolectar

Las actividades anteriormente mencionadas deben surgir como una iniciativa de la población y se acordaran los requerimientos necesarios por parte de nosotros para poder llevar a cabo cada actividad.

Cordialmente,

Juan D
Cc 1053806300
Juan David Patiño Tejada
Teléfono: 3135816340
Gerente Ecoloma

Bibliografía

Aguas de Manizales S.A. E.S.P. (2020, October 5). *AGUAS DE MANIZALES S.A. E S.P. LLEVÓ POR PRIMERA VEZ AGUA POTABLE A LOS HABITANTES DE LA CRISTALINA* . https://www.aguasdemanizales.com.co/Noticias/BoletinesComunicados

Alcaldía de Manizales. (2013). *Revision general del plan de ordenamiento territorial de mediano y largo plazo en el municipio de Manizales* (Vol. 1, Issue 1). https://doi.org/10.11113/jt.v56.60

Alcaldía de Manizales. (2017). *Plan de Ordenamiento Territorial de Manizales 2017-2031, Componente Rural, Documento Técnico de Soporte.* https://drive.google.com/open?id=0B6lnuUKu3ht6TmFfSVdocHRtU2s

Alcaldía de Manizales. (2020). *Plan de Desarrollo Manizales + Grande 2020 - 2023*.

Castro, R., & Perez, R. (2009). *Saneamiento Rural Y Salud Guía Para Acciones a Nivel Local*.

Corte constitucional de Colombia. (2011). *Sentencia T-740-11 "DERECHO FUNDAMENTAL AL AGUA-Concepto y fundamento"* (p. 59).

Cubillos Z, J. A. (2015). *Sistemas económicos de tratamiento de aguas residuales*. Universidad de los Andes.

Política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural., Pub. L. No. 3810, Conpes 3810 1 (2014). http://www.minvivienda.gov.co/conpesagua/3810 - 2014.pdf

Conpes 3932 lineamientos para la articulación del plan marco de implementación del acuerdo final con los instrumentos de planeación, programación y seguimiento a políticas públicas del orden nacional y territorial, 1 (2018).

Conpes 3918 Estrategia Para La Implementación De Los Objetivos De Desarrollo Sostenible (ODS) En Colombia, Pub. L. No. 3810, Conpes 3918 74 (2018). https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3918.pdf

Galvis Castaño, G., Latorre Montero, J., & Visscher, J. T. (1999). *Filtración en múltiples etapas: tecnología innovativa para el tratamiento de agua*. Cinara.

Gutierrez, K., & Morales, D. (2015). Derecho al agua potable en Colombia: Evolución de la teoría del mínimo vital frente al derecho al agua desde la Constitución Política del 1991. In *UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA FACULTAD DE DERECHO Derecho* (Issue 136). Universidad la Gran Colombia .

Herrera, V. (2019). Reconciling global aspirations and local realities: Challenges facing the Sustainable Development Goals for water and sanitation. *World Development*, *118*, 106–117. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.02.009

Instituto CINARA. (2016). Investigación e intervención para el fortalecimiento de capacidades en agua y saneamiento rural para la construcción de la paz. In *Universidad del Valle*.

Instituto colombiano de normas técnicas y certificación. (2009). Norma técnica Colombiana GTC 24: Gestión ambiental. Residuos Sólidos y guía para la separación en la fuente. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación* , *571*, 1–18.

Lizarazo, J., & Orjuela, M. (2013). *Sistema de tratamientos de aguas residuales en Colombia* [Universidad Nacional de Colombia]. http://bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf

Londoño, A., Marín, J. E., González, N. de J., & Ocampo, O. L. (2014). *Estimación de la producción de lixiviados en rellenos sanitarios*.

TÍTULO J Alternativas tecnológicas en Agua y Saneamiento para el sector Rural, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable (2010). http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/100811_titulo_j_ras _.pdf

Resolución 2115, Pub. L. No. 2115, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. 28 (2007).

Política Nacional para la Gestion del Recurso Hídrico, 0 (2010). https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/politica-nacional-para-la-gestion-integral-del-recurso-hidrico/

Ministerio de Salud y Protección Social. (2018). Informe Nacional De Calidad Del Agua Para Consumo Humano - INCA 2016. In *Calidad del agua para el consumo humano.* https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/ssa-inca-2016.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social. (2019). *Estado de la vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en Colombia 2018*.

https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/informe-calidad-agua-2018.pdf

Decreto 1898, Pub. L. No. 1898, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. República de Colombia. 13 (2016). https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78173

Ministerio de Vivienda, C. y T., & Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2020). *Construcción de unidades sanitarias para vivienda rural*. https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com_k2&view=item&id=173:construccion-de-unidades-sanitarias-para-vivienda-rural-dispersa&Itemid=151

Resolución 0330, Pub. L. No. 0330, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. República de Colombia. 182 (2017). http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330 - 2017.pdf

Decreto 1077, Pub. L. No. 1077, 2015 Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. República de Colombia. (2015). https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77216

Resolución 0844, Pub. L. No. 0844, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. República de Colombia. 44 (2018). https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77216

Decreto 0571, Pub. L. No. 0571, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. República de Colombia. (2019). https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77216

Organización de las Naciones Unidas. (2019). Informe de los objetivos del desarrollo sostenible. *Informe de Los Objetivos Del Desarrollo Sostenible 2019*, 64.

Organización Mundial de la salud. (2018). *Guías para el saneamiento y la salud*.

Organización Mundial de la salud, & UNICEF. (2007). La meta de los ODM relativa al agua potable y el saneamiento: el reto del decenio para zonas urbanas y rurales. In *Foreign Affairs* (Vol. 91, Issue 5, p. 48). https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Organización Mundial de la Salud, & UNICEF. (2015). Progresos en materia de saneamiento y agua potable Informe de actualización 2015 y evaluación del ODM. In *Progresos en materia de saneamiento y agua potable* (p. 90).

Organización panamericana de la salud. (2011). *Agua y saneamiento: Evidencias para políticas públicas con enfoque en derechos humanos y resultados en la salud pública*.

Organización panamericana de la salud, & Organización Mundial de la salud. (2009). *MANUAL PARA LA ELABORACION DE COMPOST BASES CONCEPTUALES Y PROCEDIMIENTOS*. https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-14-00326

Romero, M. (n.d.). *TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN POTABILIZACIÓN DE AGUA* (Issue 08).

Sánchez, L. D., Galvis, G., & Latorre, J. (2006). *Filtración en Múltiples Etapas*. CINARA.

Sanchez, M. (1994). *Contribución al estudio de la demanda biquúimica de oxígeno (DBO)*.

United Nations Development Programme. (2015). *Objetivos de Desarrollo del Milenio Informe de 2015*.

United Nations Development Programme. (2020a). *Background on the goals*. UNDP. http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/background.html

United Nations Development Programme. (2020b). *Millennium Development Goals | PNUD*. http://www.undp.org/content/undp/en/home/sdgoverview/mdg_goals.html

Visscher, J. T., Paramasivam, R., Raman, A., & Heijnen, A. H. (1992). *Filtración Lenta en Arena Tratamiento de Agua para Comunidades*.