Sistema de tratamiento del recurso hídrico para consumo, en la Vereda “Honduras”, del municipio de San Juan De Rioseco (Cundinamarca)

María Camila Cordero Martínez

Código 20181081055

Universidad Distrital francisco José de Caldas

Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos

Proyecto de Grado

Monografía

2022

TABLA DE CONTENIDO

Tabla De Ilustraciones 4
Introducción 5
Justificación 6
Objetivos 6
General 6
Específicos 6
Descripción Del Problema 7
Planteamiento Del Problema 8
Formulación Del Problema 9
Antecedentes 9
Modelo Del Proyecto 12
1. Marco Referencial 13
1.1 Marco Geográfico Y Contextual 13
1.2 Marco Teórico 17
1.3 Marco Normativo 22
2. Metodología 23
2.1 Tipo De Investigación 24
2.2 Fases Metodológicas 25
3. Procedimiento De La Toma De Las Muestras 26
4. Estudio De La Calidad Del Agua De Las Muestras Tomadas 28
4.1 Potencial de Hidrógeno (pH) 28
4.2 Porcentaje de Remoción (Según Turbiedad) 28
4.3 Conductividad 30
4.4 Salinidad (%NaCl) 30
4.5 Acidez total 31
4.6 Alcalinidad 33
4.7 Sólidos 35
4.7.1 Sólidos Sedimentables 35
4.7.2 Sólidos Totales Disueltos(ST) 36
4.7.3 Sólidos Suspendidos Totales (SST) 38

4.8 Dureza total 41
4.9 Cloruros 43
4.10 DQO Demanda química de oxígeno 45
4.11 DBO_7 47
4.12 Oxígeno Disuelto (OD) 50
5. Análisis De Resultados 51
5.1 Interpretación De Los Resultados 52
6. Planteamiento Del Diseño 53
7. Plano Del Posible Diseño 60
Conclusiones 62
Recomendaciones 63
Bibliografía 63

Tabla De Ilustraciones

Ilustración 1.Vista Satelital, distancia entre aljibe de estudio y el municipio 13
Ilustración 2. Distancia entre la vereda de estudio y el municipio 14
Ilustración 3. Aljibe de estudio en temporada de invierno 15
Ilustración 4. Aljibe de estudio en temporada de invierno 16
Ilustración 5. Aljibe de estudio en temporada de verano 16
Ilustración 6. Fases Metodológicas 26
Ilustración 7. Tecnologías de Tratamiento de Potabilización 56
Ilustración 8. Características de Filtración Convencional 57
Ilustración 9. Especificaciones de la grava soporte 59
Ilustración 10. Plano Vista Lateral Filtro 60
Ilustración 11. Plano Vista Superior Filtro 61
Ilustración 12. Plano Frontal Filtro 61

Tabla De Tablas

Tabla 1. Marco Normativo 22
Tabla 2. Análisis pH 28
Tabla 3. Análisis Porcentaje de Remoción 29
Tabla 4. Análisis Conductividad 30
Tabla 5. Análisis Salinidad 30
Tabla 6. Análisis Acidez Total 31
Tabla 7. Análisis Alcalinidad 33
Tabla 8. Análisis Sólidos Sedimentables 35
Tabla 9. Análisis Sólidos Disueltos Totales 37
Tabla 10. Análisis Sólidos Suspendidos Totales 39
Tabla 11. Análisis Dureza Total 41
Tabla 12. Análisis Cloruros 43
Tabla 13. Análisis DQO 46
Tabla 14. Análisis DBO Muestra 3 48
Tabla 15. Análisis DBO Muestra 5 48
Tabla 16. Análisis Oxígeno Disuelto 50
Tabla 17. Análisis de Resultados 51
Tabla 18. Interpretación de resultados acorde a la norma 52

Introducción

El recurso hídrico en las veredas y lugares aledaños a las zonas urbanas es, en su mayoría escaso o no apto para consumo humano; es por ello que se estudia, analiza y diseña el sistema de tratamiento para el recurso hídrico en la vereda “Honduras”, del municipio San Juan De Rioseco, ya que esta vereda al presentar en algunas etapas del año una sequía intensa genera la escases del agua y por consecuencia la contaminación de la misma por falta de una buena presión en su conducción, dividiendo el proyecto en 3 principales etapas que junto con los objetivos generales llevaran a cabo su desarrollo.

La primera etapa se realiza tomando una muestra puntual-simple en el aljibe de estudio, pasando 6 muestreos por diferentes filtros con sus respectivos lechos filtrantes, además de esto el agua filtrada se lleva a refrigeración para así, continuar a la siguiente etapa.

Una vez los muestreos se hayan realizado, se estudian los parámetros tanto físicos como químicos de las muestras de agua en el Laboratorio de calidad de aguas, calculando y comparando el resultado de cada análisis con la normatividad pertinente vigente de cada parámetro estudiando.

La última etapa es la determinación de la calidad del agua de aljibe, ya sea pasando por cualquiera de los filtros o simplemente en su estado natural, luego de su caracterización se realiza el estudio de qué sistemas de tratamiento son los más adecuados para intervenir este recurso hídrico y de manera práctica, económica y asequible.

Justificación

La precariedad del servicio público de acueducto y alcantarillado en las veredas (y en ciertos municipios de Colombia) no es un secreto para nadie, es por ello que se plantea el diseño de un sistema de tratamiento del recurso hídrico en la vereda “Honduras”. Su localización, fuente de abastecimiento y actividad económica, genera la necesidad de crear un procedimiento que evite en un futuro a groso modo la propagación de enfermedades bacteriológicas o estomacales.

Por otro parte, se tiene como eje problemático dentro del proyecto curricular: “el Manejo Integrado del Recurso Hídrico”, dentro de lo cual, como gestores ambientales y de servicios públicos se pretende disminuir, toda clase de afectaciones a la salud pública, que la ausencia o falta de saneamiento en este servicio genera en los seres humanos.

Objetivos

General

- Formular un sistema de tratamiento de agua potable en la vereda “Honduras”, del municipio de San Juan de Rioseco.

Específicos

- Realizar todas las técnicas de monitoreo en la que se encuentra el yacimiento hídrico de abastecimiento.
- Evaluar las características fisicoquímicas que tiene la fuente hídrica.
- Plantear el diseño de un sistema de tratamiento de agua potable.

Descripción Del Problema

La comunidad de la vereda “Honduras” ha presentado desde sus inicios la ausencia de este servicio público. Debido a su ubicación, entre el municipio (San Juan de Rioseco) y la vereda se encuentran a una distancia considerable, evitando una cobertura adecuada ya sea artificial (por tanques), o natural (por fuentes hídricas y tuberías). Generando así deficiencias tanto en los tres pilares fundamentales para el consumo de este servicio: La calidad, la continuidad y la cantidad; Como en la salud de algunos de sus habitantes y de su agronomía, la cual es una de las principales fuentes de ingreso que tiene los habitantes, y que sin un adecuado sistema de acueducto se les dificulta el riegue de los cultivos lo cual hace que estos se lleguen a perder.

Este problema también se debe a una deficiencia de la gobernación en cuanto a la inadecuada cobertura que se tiene a nivel rural, puesto que a pesar de que tienen el conocimiento de las malas condiciones en las cuales llega el agua a las viviendas, y la cual no es consumible, en el POT no se menciona como tal la implementación del sistema de acueducto y alcantarillado o alguna otra solución para minimizar el impacto que puede estar causando beber el agua directamente del río sin un previo tratamiento en la vereda de ‘‘Honduras’’.

Planteamiento Del Problema

En la vereda de estudio “Honduras”, no se han realizado análisis por parte de la alcaldía o algún ente gubernamental, que puedan evidenciar el problema de estudio, sin embargo en el año 2018 se realizaron 3 muestreos por parte de una estudiante de la Universidad Distrital en los cuales se comparaba: el agua de la vereda, del municipio y de la capital; para poder verificar la calidad de dicho recurso. En esta se pudo evidenciar que aunque se cumple con varios parámetros que se establecen en la resolución 2115 de 2007, hace falta implementar un sistema que trate el agua de manera óptima para que pueda ser consumida por los habitantes de la vereda “Honduras’’ sin que estos estén expuestos a alguna enfermedad bacteriológica o de aspectos estomacales.

Para mejorar esta ausencia de calidad en el servicio, y poder hallar una posible solución a este problema, se tomará como referencia las características de un agua para consumo humano y se comparará con las del agua a consumir por los habitantes de esta vereda.

Formulación Del Problema

De acuerdo a la resolución 2115 del 2007, y sus características para la identificación de un agua potable, o apta para consumo. Se realiza un estudio con el fin de analizar el agua de la vereda "Honduras" y su calidad.

Luego de ver los resultados y detallar el mal estado del agua para consumo, se busca la manera de diseñar un sistema que trate el agua de manera óptima, para que de esta forma la población de estudio pueda consumir este recurso de calidad y de una manera más asequible, tanto continua, como económicamente.

Los problemas más frecuentes en los habitantes Sanjuaneros son a causa del consumo de agua sin tratar, generando problemas como lo son el parasitismo y la enfermedad diarreica aguda. Alrededor del 49% de las enfermedades a consultar en el hospital municipal refieren por las enfermedades mencionadas anteriormente. (Alcaldía Municipal de San Juan de Rioseco, 2012)

¿Cómo potabilizar el agua para consumo humano mediante un sistema de tratamiento del recurso hídrico?

Antecedentes

El acceso al agua potable es primordial para la salud y por ende un derecho fundamental de los seres humanos, es por esto que debe garantizarse que todas las personas tengan fácil acceso al agua potable, sin embargo, en muchos países del mundo aún hay deficiencia de agua potable, según un estudio hecho por la OMS (2019) ''En 2017, más de 220 millones de personas necesitaron

tratamiento preventivo para la esquistosomiasis, una enfermedad grave y crónica provocada por lombrices parasitarias contraídas por exposición a agua infestada.'' el agua no tratada puede llevar a que las personas contraigan enfermedades, y la mayor parte de estas es por falta de un sistema de potabilización en las comunidades más pobres.

Por otra parte, la falta de un sistema de tratamiento para la potabilización del agua, aún se ve en gran porcentaje en las zonas rurales, y son las que más se ven afectadas por estos problemas, para el 2015 ''más del 28% de la población rural de Colombia enfrentaba una situación crítica por la falta de acueducto, por lo que miles de personas hacen maromas para poder consumir agua de pozos y ríos, y se exponen así a enfermedades. '' (Ávila, 2015). Es por esto que se ve la necesidad de realizar un Sistema de tratamiento de agua, para que las personas que se ven en la necesidad de recurrir a estos pozos y ríos no tengan tanta exposición a bacterias, o residuos que puedan resultar tóxicos para la salud.

Una solución a este problema son los filtros, los cuales se utilizan a nivel mundial para abastecer las necesidades de las zonas rurales que no pueden acceder al agua tratada, se han realizado estudios en diferentes comunidades para saber cuáles filtros son los mejores, un ejemplo de estos es el Proyecto Guayabal de Síquima: Ingenieros sin fronteras Colombia —isf-col—: Mejoramiento de la calidad del agua de una comunidad del departamento de Cundinamarca, Colombia mostró que la efectividad del filtro que propusieron para esta comunidad fue favorable ellos realizaron pruebas continuamente y sus resultados fueron: ''90% de heces y coliformes totales durante el periodo de maduración de la cama de filtrado. Más aún, se mejoraron las condiciones organolépticas del agua después de ser tratada, por lo que se comprobó la disminución de sólidos en suspensión y se permitió el acceso al agua potable para las personas de la comunidad

intervenida'' (Córdoba, D; 2016), los filtros según su uso pueden tener un gran porcentaje de efectividad, por esto hay que realizar el estudio que nos muestre qué es lo que se desea eliminar del agua para que sea potable y que porcentaje de remoción de los mismos se requiere.

En el siglo IV d.C. se empezaron a utilizar coagulantes como la *Moringa oleífera, Acacia Negra* a causa de una no asequibilidad de sustancias químicas coagulantes, que posteriormente, en 1800 fueron utilizadas. (Sotelo, M; 2015)

Para introducir el sistema de tratamiento a desarrollar se tendrá en cuenta que "desde las épocas precolombinas de américa latina, los nativos usaban filtros primitivos de piedra porosa y lava volcánica, que labraban en forma de recipientes o embudos…de esta forma primitiva filtraban el agua para separar los sólidos suspendidos". (NN, 2012) Es por ello que se enfocará el desarrollo artesanal del mismo en una zona rural.

Modelo Del Proyecto

Consumo del recurso hídrico sin previo tratamiento por parte de los habitantes de la vereda "Honduras" del municipio de San Juan de Rioseco

Hechos

a) La alcaldía del municipio no ha realizado estudios para tener una adecuada red de acueducto y alcantarillado en la vereda.
b) Ausencia de un sistema de acueducto y alcantarillado.
c) Problemas de salud en los habitantes de la vereda.
d) Poca continuidad en el servicio
e) Deficiencia en el método de conducción de agua que se tiene para adquirir el servicio.
f) Ausencia de un sistema de tratamiento de agua.
g) Los habitantes no tienen los recursos necesarios para cubrir los gastos de un buen sistema de acueducto.
h) Incumplimiento de sanidad según la RESOLUCIÓN 2115 de 2007.

Explicaciones

a) La distancia entre el municipio (prestador) y la vereda (consumidor).
b) La alcaldía no cuenta con el presupuesto para suplir el acueducto y alcantarillado de las veredas.
c) La mala calidad del agua generaría a futuro problemas a la salud pública.
d) En las épocas de sequía las personas no tiene de donde abastecerse, pues la quebrada no lleva la suficiente agua.
e) Al no tener un sistema de acueducto completo, los residuos de arena y lodo tapan las líneas de conducción (mangueras).
f) La falta de un adecuado sistema que elimine las bacterias que llevan las fuentes hídricas.
g) Sus egresos se centran en el desarrollo de sus actividades actividades económicas.
h) El no cumplimiento de la normativa, generaría problemas de salud, o en la distribución del servicio.

Elementos no pertinentes

- La salud es un problema que no está dentro del alcance del proyecto, pues no se tiene conocimiento de cuántas personas se han enfermado por causa de tomar directamente del aljibe.
- La falta de continuidad es más de la conducción que operacional.
- La forma en la que se suplen económicamente las personas no es algo que afecta al proyecto, pues no infiere en el filtro.

Elementos de probable pertinencia

- Diseñar un sistema de tratamiento del agua, mediante un filtro que pueda garantizar potabilidad en el agua, es decir sea apto para consumo para las personas.
- Se podrá optar por implementar un tanque de almacenamiento de agua, para la escasez de agua en tiempos de sequía.
- Con ayuda de la gobernación dar un subsidio a las personas de la vereda para poder implementar el filtro y sostenerme en condiciones óptimas ya que estos no tienen los recursos suficientes para pagarlo por sí mismos.

Fuente: María Camila Cordero Martínez

1. Marco Referencial

1.1 Marco Geográfico Y Contextual



Ilustración 1.Vista Satelital, distancia entre aljibe de estudio y el municipio. Fuente: Google Earth



Ilustración 2. Distancia entre la vereda de estudio y el municipio. Fuente: Google Maps

La vereda “Honduras” se encuentra aproximadamente a 25 km colindantes del municipio, evidenciando la extensa distancia que hay entre los mismos. Como se mencionó anteriormente debido a esta longitud se dificulta la prestación del servicio público de Acueducto y Alcantarillado. Siendo un yacimiento subterráneo su única fuente de abastecimiento “inmediata”. Actualmente el aljibe se encuentra abasteciendo a 4 viviendas (fincas en las cuales se benefician entre 3 y 5 habitantes por cada una), así como distribución a los bebederos de aproximadamente 150 cabezas de ganado.

Los habitantes de esta vereda tienen actividades ganaderas y agrícolas, utilizan el agua que este aljibe les pueda proveer y desarrollar dichas actividades, así como el empleo de este recurso para uso cotidiano.

Esta vereda se encuentra a 1031 m.s.n.m. lo que quiere decir que tiene un clima cálido, les favorece para su actividad agrícola, pero así mismo es un factor contraproducente o negativo, ya que de haber varios días de intenso calor, se generaría sequía en la fuente de abastecimiento y como consecuencia, los habitantes se quedarían sin abastecerse ni desarrollar su actividad económica.



Ilustración 3. Aljibe de estudio en temporada de invierno. Fuente: Propia



Ilustración 4. Aljibe de estudio en temporada de invierno. Fuente: Propia



Ilustración 5. Aljibe de estudio en temporada de verano. Fuente: Propia

La vereda honduras tiene una climatología variable en cuanto a lluvias, puesto que esta cae mensualmente, pero no siempre con la misma intensidad. Su temperatura media es de 19℃ y su precipitación media anual es de 1216 mm, aunque es poco común la lluvia, la humedad relativa de esta vereda oscila entre el 75% y el 83% y su índice UV es de 4. Afectando en algunas de sus temporadas a ciertos cultivos como lo son: el de aguacate, la guama, la caña, el café, el plátano, la guayaba, el mango, la naranja, el limón, entre otros.

1.2 Marco Teórico

Según la OMS (2006) ‘‘el agua de consumo inocua (agua potable)... no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida.’’ con esto se puede inferir que el agua potable es aquella que sirve para todos los usos domésticos, sin embargo en varios lugares aún se necesita un sistema para que las personas puedan utilizar ésta en todos los ámbitos, para esto se necesita saber los usos que se le da al agua y diferentes sistemas de potabilización con los que se pueden contar de acuerdo a estos.

El uso del agua puede variar dependiendo la actividad que se desee realizar, entre estas están doméstica, agricultura, ganadera, e industrialmente, en este documento nos centraremos en la utilización del agua para uso doméstico el cual es aquel en el que se ‘‘emplea el recurso hídrico tanto para el consumo como para la evacuación de desechos, dentro de las actividades del hogar (cocina, baños, jardines)” (Forero. Veloza. 2018)

Por otra parte los impactos ambientales más importantes presentados en el Municipio por el uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales y en general del medio ambiente son:

en cuanto a recurso hídrico se encuentra afectado principalmente por el aporte de sedimentos, residuos sólidos y desechos orgánicos, aguas residuales, y contaminación de acuíferos. (Alcaldía municipal de San juan de Rioseco, 2012)

Para poder disminuir este impacto se necesita un sistema de tratamiento en el agua, que pueda disminuir los residuos o desechos presentes en estas, y por tanto se pueda usar para uso doméstico, el uso de filtros es una alternativa viable en las comunidades —que no tienen acceso a agua potable— en condiciones donde se tiene un deficiente o nulo sistema de acueducto o en situaciones de emergencia. (Córdoba, D; 2016)

El método para determinar el estado del agua de estudio, se realiza por medio del monitoreo, el cual "es el proceso del sistema de suministro de agua para consumo humano, que cubren espacio, tiempo y frecuencia, en los puntos concertados según norma." (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2011), y sus respectivo programa de monitoreo a desarrollado en la vereda "Honduras" del municipio de San Juan de Rioseco. Delimitando el área (aljibe) así como sus muestreos.

Posterior a ello, se desarrollan muestras ("Tomas puntuales de agua, que reflejen la composición física química y microbiológica representativa del momento" (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2011)) para su determinación y estudio final. Logrando finalmente, un plan de muestreo en el que se desarrolle un análisis de laboratorio, obteniendo así la información sobre la calidad del agua de estudio.

Los principales tipos de muestreo en cuanto al estudio de cuerpos hídricos son:

- Muestra simple (puntual) es aquella que se realiza una sola vez y en un mismo sitio se caracteriza por que pueden tener varios volúmenes sus muestras, se puede realizar a diferentes horas, el nivel de respuesta será un máximo o bien, un mínimo y el caudal de estudio es variable.
- Muestra compuesta se define por tener 2 o más muestras y tener un estimado entre 15 y 20 minutos para su respectiva toma, se caracteriza por que los volúmenes de sus muestras deben ser iguales, se deben tomar en el mismo tiempo y el nivel de respuesta será un promedio.
- Muestra Integrada se integra por 2 o más muestras puntuales que se tomarán al mismo tiempo, pero no en el mismo punto, su caudal no varía, las muestras se pueden tomar a volúmenes diferentes, su nivel de respuesta es ponderado, se utiliza para grandes extensiones y para caracterizar ríos.

En el presente proyecto se realiza el muestreo con el tipo de muestra compuesta, además de tener como punto de muestreo, o "lugar donde se realiza la recolección de la muestra de agua para la vigilancia y el control" (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2011), el aljibe.

Dicho esto, se caracteriza el agua de acuerdo a la Resolución 2115 del 22 de Junio del 2007, dentro de la cual se estudian parámetros fisicoquímicos como lo son: Temperatura (T°), Turbiedad, Oxígeno Disuelto en porcentaje (OD%), Oxígeno Disuelto en partes por millón (OD ppm), Conductividad, Sólidos Totales Disueltos (TDS), Potencial de Hidrógeno (pH) y la Demanda química de Oxígeno (DQO) la cual mide el grado de contaminación del cuerpo de agua y

representa el oxígeno que es capaz de degradar la materia orgánica con ayuda de un agente oxidante fuerte. Como punto final, se tiene como base fundamental el preservante de la muestra para el DQO ya que "la composición microbiológica inicial debe ser mantenida invariable durante el periodo que transcurre desde la recolección de la muestra de agua hasta la realización de los análisis en los respectivos laboratorios." (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2011).

Caracterizando acorde a la Resolución 2115 del 22 de Junio del 2007 para un agua potable:

- Potencial de Hidrógeno (pH): Deberá comprender entre 6,5 y 9,0, muestra la actividad de Ion Hidrógeno en una muestra.
- Oxígeno Disuelto (OD): Considerado en 5 mg/l para aguas artificiales.
- Turbiedad: 2 (UNT), permite evidenciar la presencia de partículas insolubles de arcilla, limos, materia orgánica, etc.

Porcentaje de remoción: determina la efectividad del filtro, así como le viabilidad del mismo. Acorde el Decreto 1594 del 84 se podría considerar un buen porcentaje de remoción para sólidos suspendidos, domésticos o industriales entre el 50% (Usuarios Existentes) y el 80% (Usuarios Nuevos).

- Conductividad: 1000 microsiemens/cm, capacidad de las sales inorgánicas para conducir una corriente eléctrica.
- Salinidad: considerándose ligera o moderada entre 699,0 y 3000 Microsiemens/cm o, en partes por millón entre 448,6 y 1.923
- Alcalinidad: máximo 200 mg/L
- Dureza total: máximo 300 mg/L

- Cloruros: máximo 250 mg/L

Por su parte, para los parámetros:

- DBO: se consideran 5 clasificaciones: Excelente y no contaminada (DBO, ≤ 3), Buena Calidad o consideradas como Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable ($3 <$ DBO, $6 \leq$), Aceptable con indicios de contaminación ($6 <$ DBO, ≤ 30), Contaminada o agua superficial que tenga características de autodepuración ($30 <$ DBO, ≤ 120) y la fuertemente contaminada son las aguas superficiales que tienen gran impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales. Preferiblemente según le resolución 2115 del 2007 deberá ser 0 para agua potable.
- DQO, Para la demanda química de Oxígeno se pueden clasificar en 5 tipos: (DQO ≤ 10) Siendo excelente, ($10 <$ DQO ≤ 20) de buena calidad, ($20 <$ DQO ≤ 40) Aceptable, ($40 <$ DQO ≤ 200) y mayos a 200 será una fuente fuertemente contaminada. “Determina la cantidad de oxigeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua”, IDEAM. (2007)

Según la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos:

- Los Sólidos totales Disueltos deben ser máximo 500 mg/L.
- Acidez Total: Deberá ser menor 100 mg/l $CaCO_3$

Según el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS: “El planificador deberá seleccionar la mejor alternativa con base en criterios de sostenibilidad, a partir de la evaluación de los aspectos económicos, técnicos, ambientales y sociales……para lo cual deberá emplear metodologías que impliquen la mínima subjetividad de valoración y el menor costo

de inversión, operación y mantenimiento.". Es por ello que se opta por el diseño de un filtro que solucione los problemas en la comunidad de estudio, definiéndose estos según el RAS como:

- Filtro convencional: Se tendrá en cuenta la turbiedad, objetivo de salida, dimensionamiento y como referencia las características de filtración convencional, y las tasas de filtración lenta en múltiples etapas. (ver Tabla 10 y Tabla 11. Artículo 114, RAS 2017).
- Filtros de lecho profundo de alta tasa: Quien sea responsable del proyecto, solo podrá proponer este filtro si demuestra su conveniencia técnica y económica, así como también sus periódicas actividades de desinfección (cada 6 meses), y con características específicas de tasa de filtración, tamaño efectivo de partícula del lecho y profundidad total; independientemente el caudal, se deberán realizar pruebas previas piloto.
- Filtración avanzada: Realizado mediante membranas de procesos de microfiltración, ultrafiltración, nano filtración, electrodiálisis y ósmosis inversa. (ver tabla 12, Artículo 116, RAS 2017).

1.3 Marco Normativo

Tabla 1. Marco Normativo. Fuente: María Camila Cordero Martínez

Norma	Artículo de referencia	Descripción
Decreto 1090 de 2018	Art. 2.2.3.2.1.1.2	Implementación del programa: Uso Eficiente y Ahorro del Agua (UEAA).
Decreto 1575 de 2007	Art. 9, Art. 12, Art. 13, Art. 15.	Determina la responsabilidad de las entidades prestadoras, y la evaluación de una calidad de agua, según el índice de riesgo.

Decreto 1541 de 1981	Art. 5, Art. 36, Art, 41.	El dominio de las aguas y concesión de las mismas.
Decreto 1594 de 1984	Artículo 72	Determina los porcentajes de remoción para la calidad de agua.
Resolución 0330 de 2017	Art. 14, Art. 114, Art. 115, Art. 116.	Describe los tipos de filtros y selección de una metodología favorable en el yacimiento o recurso hídrico.
Resolución 2115 de 2007	Art. 2, Art. 5, Art. 11, Art. 13.	Indica las características, físicas, químicas y microbiológicas que debe tener un agua de buena calidad (o potable)
Ley 142 de 1994	Art, 14, 25, 39 y Título IX Capítulo 1	Menciona las definiciones del recurso hídrico, concesiones, comisiones y demás términos con relaciona a la comercialización y distribución de este servicios público.

2. Metodología

El enfoque principal de esta investigación es el cualitativo, debido a que se pretende comprender la causa de la contaminación en el cuerpo hídrico. Las características fisicoquímicas, incluyendo cantidades numéricas para su caracterización. De igual modo, en este enfoque se pueden ver las acciones causales, ya sean del entorno o del yacimiento en sí. Para finalmente lograr el diseño de un tratamiento para el recurso hídrico. Para la realización del muestreo se tendrán en cuenta datos como lo son: comportamiento del caudal, puntos de muestra o toma de muestreo,

condiciones climáticas, y factores que le afecten al estudio (Ej.: sequía, constante lluvia, o en su defecto factores de fauna que puedan ingresar o nacer en el aljibe).

Si se toma un enfoque cuantitativo, se deberán realizar mayor cantidad de muestreos en un tiempo superior al de estudio. Por otro lado, al realizar este enfoque no se contará con el suficiente tiempo para analizar la cantidad de muestras, así como realizar el diseño del sistema de tratamiento del recurso hídrico.

2.1 Tipo De Investigación

El proyecto es de tipo descriptivo, pues se considera la fuente hídrica como un objeto de estudio, realizando una medición de la posible contaminación del cuerpo hídrico por microorganismos, la caracterización del agua; y la síntesis de los problemas, se basa en un diagnóstico de la situación de la fuente hídrica, para así realizar el diseño del sistema de tratamiento del recurso hídrico.

De la mano con el previo método científico, se lleva a cabo el método hipotético, el cual de una hipótesis se puede llegar a una idea particular, básicamente a un método deductivo.

Dicho esto, se parte de la hipótesis de que el agua está contaminada, se determina las condiciones en las que se encuentra el aljibe de estudio y posterior a ello se plantea el diseño del sistema de tratamiento del recurso hídrico.

2.2 Fases Metodológicas

Para el proyecto investigativo se tienen en cuenta las siguientes fases a realizar:

- Selección del diseño de investigación: Se necesita la recolección, medición y análisis de datos fisicoquímicos y microbiológicos que serán tomados mediante varias muestras de la fuente hídrica ubicada en la vereda Honduras para hallar el estado en el que se encuentra la misma y así partir de un punto investigativo. Verificar la calidad y continuidad del recurso en el punto de consumo (fincas y bebederos).
- Diseño de un plan de muestreo: Se recolectarán los datos de muestras tomadas en el aljibe, los cuales serán comparados con las tablas establecidas en la resolución 2115 del 2007.
- Evaluación del plan de investigación: Después de realizar la recolección de datos y analizarlos apropiadamente, se caracterizará el agua de estudio y de esta manera se proyectará el diseño del sistema de tratamiento que sea adecuado para obtener unas características mejores en el agua.
- Planteamiento del diseño del proyecto a realizar: Finalmente, al realizar los cálculos y análisis pertinentes se desarrollará el planteamiento del diseño del sistema de tratamiento para el recurso hídrico en estudio. Detallando así el estado final del recurso hídrico en la vereda a estudiar.

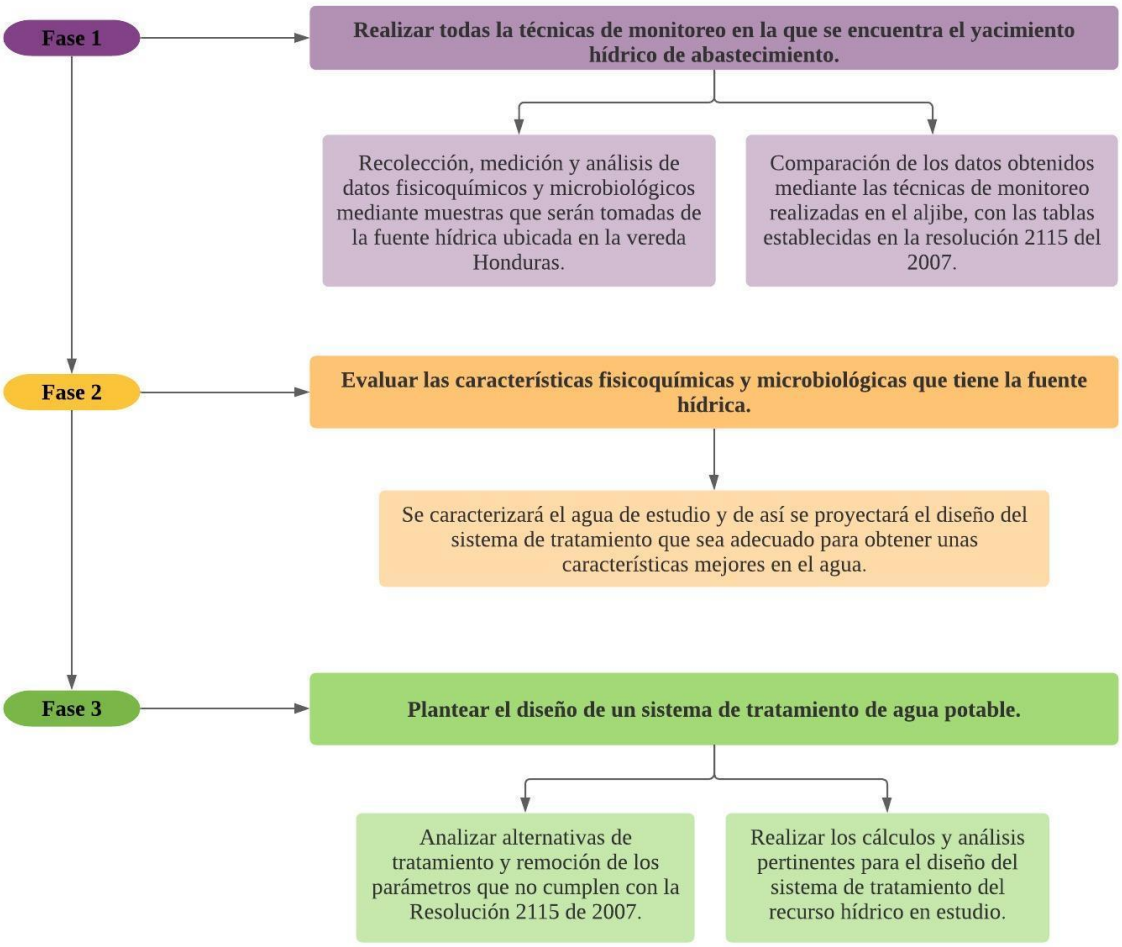


Ilustración 6. Fases Metodológicas. Fuente: Propia

3. Procedimiento De La Toma De Las Muestras

Para analizar los diferentes muestreos y verificar la calidad del agua pasando por diferentes filtros se realizó el siguiente procedimiento:

1. **Diseño del filtro:** Para las filtraciones se tomaron 5 botellas de 2,5 litros cada una, y se recortaron al final de las mismas en un aproximado de 15 cm de alto, dentro de las cuales

su formación variaba dependiendo del lecho filtrante a estudiar, conformados de la siguiente manera (de abajo hacia arriba):

1.1. Filtro o muestra #1: Guata, Gravilla, Guata, Bagazo (Cenizas) y Guata.

1.2. Filtro o muestra #2: Guata, Gravilla, Guata, Bagazo seco (previamente lavado) y Guata.

1.3. Filtro o muestra #3: Guata, Gravilla, Guata, Sedimento de Café (Cuncho) y Guata.

1.4. Filtro o muestra #4: Guata, Bagazo Seco (Previamente Lavado) y Guata.

1.5. Filtro o muestra #5: Guata, Sedimento de Café (Cuncho) y Guata.

2. **Toma de la Muestra:** Se utilizó una botella de 3 litros purgada 3 veces con el agua del aljibe de estudio para distribuir 1500mL de la muestra en cada uno de los diferentes filtros previamente diseñados.

3. **Filtración de la muestra**: Mientras se vertía el agua en cada filtro se analizaron los diversos tiempos de filtración y retención que se presentaban en cada muestra:

   3.1. Muestra #1: 4 minutos 10 segundos.

   3.2. Muestra #2: 5 minutos 20 segundos.

   3.3. Muestra #3: 11 minutos 29 segundos.

   3.4. Muestra #4: 4 minutos 03 segundos.

   3.5. Muestra #5: 10 minutos 38 segundos.

4. **Preservación de la muestra:** Cada una de las muestras tomadas se mantuvo refrigerada en una temperatura constante durante 3 días mientras se estudiaban de las muestras en el laboratorio.

4. Estudio De La Calidad Del Agua De Las Muestras Tomadas

Al estudiar cada muestra tomada en el aljibe y filtrada, se analizaron los parámetros físicos y químicos señalados a continuación:

4.1 Potencial de Hidrógeno (pH)

Procedimiento con pHmetro.

1. Se calibra el pHmetro con soluciones estándar de 4, 7 y 10 pH.
2. En una probeta se agrega la cantidad de muestra suficiente de tal manera que cubra toda la sonda y el equipo arroje le resultado del análisis del pH.

Obteniendo:

Tabla 2. Análisis pH. Fuente: Propia

MUESTRA	*PH*
1	7,41
2	7,09
3	7,80
4	7,27
5	7,11
SIN FILTRO	7,27

4.2 Porcentaje de Remoción (Según Turbiedad)

Procedimiento:

Según la ecuación: $\frac{Turbiedad\ Verdadera - Turbiedad\ Aparente}{Turbiedad\ Verdadera}\ x100$

Se calcula el porcentaje de remoción tomando los resultados obtenidos en el turbidímetro:

Tabla 3. Análisis Porcentaje de Remoción. Fuente: Propia

MUESTRA	***NTU***	***TURBIEDAD***
1	10,47	*Aparente*
2	6,02	*Aparente*
3	5,90	*Aparente*
4	2,03	*Aparente*
5	3,39	*Aparente*
SIN FILTRO	7,35	*Verdadera*

Filtro No. 1:

$$\frac{7{,}35 - 10{,}47}{7{,}35}\ x100 \rightarrow -0{,}42\ x100 = \underline{-42\%}$$

Filtro No. 2:

$$\frac{7{,}35 - 6{,}02}{7{,}35}\ x100 \rightarrow 0{,}18\ x100 = \underline{18\%}$$

Filtro No. 3:

$$\frac{7{,}35 - 5{,}90}{7{,}35}\ x100 \rightarrow 0{,}19\ x100 = \underline{19\%}$$

Filtro No. 4:

$$\frac{7{,}35 - 2{,}03}{7{,}35}\ x100 \rightarrow 0{,}72x100 = \underline{72\%}$$

Filtro No. 5:

$$\frac{7{,}35 - 3{,}39}{7{,}35}\ x100 \rightarrow 0{,}53\ x100 = \underline{53\%}$$

4.3 Conductividad

Se agrega la cantidad de muestra suficiente para que la sonda del conductímetro analice automáticamente los **µs/cm** en la muestra, obteniendo así:

Tabla 4. Análisis Conductividad

Muestra	µs/cm (Conductímetro)
1	711
2	532
3	702
4	536
5	668
Sin Filtro	557

4.4 Salinidad (%NaCl)

Al igual que en el anterior procedimiento tanto el conductímetro como el Sistema de muestreo digital portable se analiza la salinidad, dando como resultado:

Tabla 5. Análisis Salinidad. Fuente: Propia

Muestra	(Conductímetro) %NaCl	(Sistema de muestreo digital portable) ppm
1	1,4	0,38
2	1,0	0,28
3	1,4	0,365

4	1,0	0,28
5	1,3	0,34
Sin Filtro	1,1	0,28

4.5 Acidez total

Para el cálculo de este parámetro se realiza la siguiente ecuación:

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{ml\ NaOH * 0{,}02\ N * 50000}{25\ mL}$$

Tabla 6. Análisis Acidez Total. Fuente: Propia

Muestra	*ml de Titulante – Hidróxido de Sodio (NaOH)*
1	1,922
2	3,008
3	1,958
4	2,858
5	2,702
Sin Filtro	2,328

Calculando:

Muestra No. 1:

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{1{,}922 * 0{,}02\ N * 50000}{25\ mL}$$

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{1922}{25\ mL}$$

$$\underline{ppm\ CaCo_3 = 76{,}88}$$

Muestra No. 2:

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{3{,}008 * 0{,}02\ N * 50000}{25\ mL}$$

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{3008}{25\ mL}$$

$$\underline{ppm\ CaCo_3 = 120{,}32}$$

Muestra No. 3:

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{1{,}958 * 0{,}02\ N * 50000}{25\ mL}$$

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{1958}{25\ mL}$$

$$\underline{ppm\ CaCo_3 = 78{,}32}$$

Muestra No. 4:

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{2{,}858 * 0{,}02\ N * 50000}{25\ mL}$$

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{2858}{25\ mL}$$

$$\underline{ppm\ CaCo_3 = 114{,}32}$$

Muestra No. 5:

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{2{,}702 * 0{,}02\ N * 50000}{25\ mL}$$

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{2702}{25\ mL}$$

$$\underline{ppm\ CaCo_3 = 108{,}08}$$

Muestra Sin Filtro:

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{2{,}328 * 0{,}02\ N * 50000}{25\ mL}$$

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{2328}{25\ mL}$$

$$\underline{ppm\ CaCo_3 = 93{,}12}$$

4.6 Alcalinidad

Para este cálculo se toma la ecuación:

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{ml\ H_2SO_4 * 0{,}02\ N * 50000}{25\ mL}$$

Tabla 7. Análisis Alcalinidad. Fuente: Propia

Muestra	***ml de Titulante – Hidróxido de Sodio (H_2SO_4)***
1	11,040
2	8,380
3	7,666
4	10,130
5	8,983
Sin Filtro	9,798

Muestras 3 y 5 se realizaron con titulación potenciométrica

Muestra No. 1:

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{11{,}040 * 0{,}02\ N * 50000}{25\ mL}$$

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{11040}{25\ mL}$$

$$\underline{ppm\ CaCo_3 = 441{,}6}$$

Muestra No. 2:

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{8{,}380 * 0{,}02\ N * 50000}{25\ mL}$$

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{8380}{25\ mL}$$

$$\underline{ppm\ CaCo_3 = 335{,}2}$$

Muestra No. 3:

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{7{,}666 * 0{,}02\ N * 50000}{25\ mL}$$

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{7666}{25\ mL}$$

$$\underline{ppm\ CaCo_3 = 306{,}64}$$

Muestra No. 4:

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{10{,}130 * 0{,}02\ N * 50000}{25\ mL}$$

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{10130}{25\ mL}$$

$$\underline{ppm\ CaCo_3 = 405{,}2}$$

Muestra No. 5:

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{8{,}983 * 0{,}02\ N * 50000}{25\ mL}$$

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{8983}{25\ mL}$$

$$\underline{ppm\ CaCo_3 = 359{,}32}$$

Muestra Sin Filtro:

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{9{,}798 * 0{,}02\ N * 50000}{25\ mL}$$

$$ppm\ CaCo_3 = \frac{9798}{25\ mL}$$

$$\underline{ppm\ CaCo_3 = 391{,}92}$$

4.7 Sólidos

4.7.1 Sólidos Sedimentables

1. Se añade 1 o 0,5 Litros de muestra en un cono de imhoff, se deja reposar el líquido por aproximadamente hora y luego de esto se observa con el cono en que altura quedaron los sólidos, obteniendo:

Tabla 8. Análisis Sólidos Sedimentables. Fuente: Propia

Muestra	(ppm) mL/h
1	0,3
2	0,1
3	0,01
4	0,01
5	0
Sin Filtro	0

2. Calculando así los sólidos sedimentables con la siguiente ecuación:

$$(ppm)mL/Lh = \frac{mL\ residuos}{L\ muestra\ h}$$

Muestra No. 1: $(ppm)mL/Lh = \frac{0,3}{1\ Lh} = 0,3$

Muestra No. 2: $(ppm)mL/Lh = \frac{0,1}{1Lh} = 0,1$

Muestra No.3: $(ppm)mL/Lh = \frac{0,01}{0,5\ Lh} = 0,02$

Muestra No. 4: $(ppm)mL/Lh = \frac{0,01}{0,5\ Lh} = 0,02$

Muestra No. 5: $(ppm)mL/Lh = \frac{0}{1Lh} = 0$

Muestra Sin filtro: $(ppm)mL/Lh = \frac{0}{1Lh} = 0$

4.7.2 Sólidos Totales Disueltos(ST)

1. Para realizar el análisis de relación sólidos por muestra, se toman las capsulas de porcelana con unas pinzas metálicas para un manejo especial y se pesan sin muestra en una balanza analítica de cinco cifras enteras y 1 decimal, luego de la toma del peso, se toman los respectivos datos.
2. A cada muestra se le toma diferentes cantidades volumétricas en probetas de vidrio de 100mL y se vierten 50 mL de líquido en las capsulas.
3. Luego de tener las muestras en las capsulas se dejan en una estufa eléctrica hasta que toda la muestra se evapore en su totalidad en un horno de secado a una.

4. Al tener todas las porcelanas con las muestras evaporadas, se toman nuevamente los datos del peso de las capsulas, para de esta manera evidenciar cuanto es el peso de los Solidos Totales Disueltos por muestra.

Evidenciando:

Tabla 9. Análisis Sólidos Disueltos Totales. Fuente: Propia

Muestra	Cantidad (ml)	P_1 (mg)	P_2 (mg)
1	50	83,0911	83,1109
2	50	96,3289	96,3553
3	50	78,0601	78,2392
4	50	95,6668	95,6885
5	50	77,2363	77,3653
Sin Filtro	50	105,8521	105,8720

Calculando así:

$$ST = \frac{(P_2 - P_1)g * (1000\ mg/L) * 1000\ mL/L}{Volumen\ de\ muestra}$$

Muestra No. 1:

$$ST = \frac{(83{,}1109 - 83{,}0911)g * (1000\ mg/L) * 1000 mL/L}{50\ mL}$$

$$ST = \frac{19800}{50} \rightarrow 396 \text{ mg/L}$$

Muestra No. 2:

$$ST = \frac{(96{,}3553 - 96{,}3289\ )\ g * \ (1000\ mg/L) * 1000 mL/L}{50}$$

$$ST = \frac{26400}{50} \rightarrow 528 \text{ mg/L}$$

Muestra No. 3:

$$ST = \frac{(78{,}2392 - 78{,}0601)\ g * (1000\ mg/L) * 1000mL/L}{50}$$

$$ST = \frac{179100}{50} \rightarrow 3582 \text{ mg/L}$$

Muestra No. 4:

$$ST = \frac{(95{,}6885 - 95{,}6668)\ g * (1000\ mg/L) * 1000mL/L}{50}$$

$$ST = \frac{21700}{50} \rightarrow 434 \text{ mg/L}$$

Muestra No. 5:

$$ST = \frac{(77{,}3653 - 77{,}2363)\ g * (1000\ mg/L) * 1000mL/L}{50}$$

$$ST = \frac{129000}{50} \rightarrow 2580 \text{ mg/L}$$

Muestra Sin filtro:

$$ST = \frac{(105{,}8720 - 105{,}8521)\ g * (1000\ mg/L) * 1000mL/L}{50}$$

$$ST = \frac{19900}{50} \rightarrow 398 \text{ mg/L}$$

4.7.3 Sólidos Suspendidos Totales (SST)

1. Para realizar el análisis de relación sólidos por muestra, se toman los vidrios de reloj con unas pinzas metálicas para un manejo especial y se pesan junto con el filtro membrana de 0,45 micras seco y sin muestra en una balanza analítica de cinco cifras enteras y 1 decimal, luego de la toma del peso, se toman los respectivos datos.
2. A cada muestra se le toma diferentes cantidades volumétricas en probetas de vidrio de 100mL y se vierten 50 mL de líquido en el equipo de filtración de membrana (específicamente en el Funil de Büchner), para ser posteriormente absorbido por el filtro de membrana instalado en el equipo con la presión ejercida por la bomba de vacío producida por el motor, y, terminar finalmente en el Erlenmeyer.
3. Luego de tener los filtros de membranas filtrados y secos de cada muestra se deben introducir en un horno de secado a una Temperatura de 105 ̊C por 60 minutos.
4. Al transcurrir el tiempo de secado, se toman nuevamente los datos del peso de los vidrios de reloj junto con las membranas previamente filtradas, para de esta manera evidenciar cuanto es el peso de los Solidos Totales Disueltos por muestra.

Evidenciando:

Tabla 10. Análisis Sólidos Suspendidos Totales. Fuente: Propia

Muestra	Cantidad (ml)	P_A (g)	P_B (g)
1	50	24,2572	24,2592
2	50	26,5894	26,5936
3	19	17,8926	17,8940
4	50	17,9830	17,9852
5	10	18,2140	18,2154
Sin Filtro	50	18,2136	18,2137

Calculando así:

$$SST = \frac{(P_B - P_A)\ g * \ (1000\ mg/L) * 1000 mL/L}{Volumen\ de\ muestra}$$

Muestra No. 1:

$$SST = \frac{(24{,}2592 - 24{,}2572)\ g * \ (1000\ mg/L) * 1000 mL/L}{50}$$

$$SST = \frac{2000}{50} \rightarrow 40 \text{ mg/L}$$

Muestra No. 2:

$$SST = \frac{(26{,}5936 - 26{,}5894)\ g * \ (1000\ mg/L) * 1000 mL/L}{50}$$

$$SST = \frac{4200}{50} \rightarrow 84 \text{ mg/L}$$

Muestra No. 3:

$$SST = \frac{(17{,}8940 - 17{,}8926)\ g * \ (1000\ mg/L) * 1000 mL/L}{19}$$

$$SST = \frac{1400}{19} \rightarrow \ 73{,}6 \text{ mg/L}$$

Muestra No. 4:

$$SST = \frac{(17{,}9852 - 17{,}9830)\ g * \ (1000\ mg/L) * 1000 mL/L}{50}$$

$$SST = \frac{2200}{50} \rightarrow 44 \text{ mg/L}$$

Muestra No. 5:

$$SST = \frac{(18{,}2154 - 18{,}2140)\ g * \ (1000\ mg/L) * 1000mL/L}{10}$$

$$SST = \frac{1400}{10} \rightarrow 140 \text{ mg/L}$$

Muestra Sin Filtro:

$$SST = \frac{(18{,}2137 - 18{,}2136)\ g * \ (1000\ mg/L) * 1000mL/L}{50}$$

$$SST = \frac{100}{50} \rightarrow 2 \text{ mg/L}$$

4.8 Dureza total

Procedimiento

1. Verter 100 mililitros de muestra en un Erlenmeyer de 250 ml de capacidad.
2. Añadir 2 ml de solución Na (OH), 0,1 N (hidróxido Sódico), para que se ajuste el pH entre 12 y 13 y agregar 3 gotas de trietanolamina ya que evita el cruce de otros metales.
3. Agitar y adicionar 0,05 gramos de indicador murexida.
4. Luego de tener una mezcla homogénea, titular lentamente con EDTA 0,01 M, agitando de manera continua hasta que el líquido vire de color rosa a púrpura.
5. Al tener la cantidad de titulante agregado por muestra, calcular acorde a la siguiente ecuación:

Tabla 11. Análisis Dureza Total. Fuente: Propia

Muestra (50 ml)	*EDTA (Titulante)*
1	4,74
2	1,40
3	3,23

4	3,06
5	3,64
Sin Filtro	3,06

Calculando por medio de la ecuación:

$$Dt = \frac{mL\ EDTA * 0{,}01\ M * 100{,}000}{Volumen\ de\ la\ muestra}$$

Muestra No. 1:

$$Dt = \frac{4{,}74\ * 0{,}01\ M * 100{,}000}{50} \rightarrow\ Dt = \frac{4740}{50} \rightarrow 94{,}8$$

Muestra No. 2:

$$Dt = \frac{1{,}40\ * 0{,}01\ M * 100{,}000}{50} \rightarrow\ Dt = \frac{1400}{50} \rightarrow 28$$

Muestra No. 3:

$$Dt = \frac{3{,}23\ * 0{,}01\ M * 100{,}000}{50} \rightarrow\ Dt = \frac{3230}{50} \rightarrow 64{,}6$$

Muestra No. 4:

$$Dt = \frac{3{,}06\ * 0{,}01\ M * 100{,}000}{50} \rightarrow\ Dt = \frac{3060}{50} \rightarrow 61{,}2$$

Muestra No. 5:

$$Dt = \frac{3{,}64\ * 0{,}01\ M * 100{,}000}{50} \rightarrow\ Dt = \frac{3640}{50} \rightarrow 72{,}8$$

Muestra Sin Filtro:

$$Dt = \frac{3{,}06\ * 0{,}01\ M * 100{,}000}{50} \rightarrow\ Dt = \frac{3060}{50} \rightarrow 61{,}2$$

4.9 Cloruros

Tabla 12. Análisis Cloruros. Fuente: Propia

Muestras 50 ml	Nitrato de Plata ($AgNO_3$ 0,05 N)
1	1,626
2	0,666
3	1,942
4	0,974
5	1,904
Sin Filtro	0,818
Blanco	0,395

Siguiendo la ecuación:

$$ppm\ Cl: \frac{(M-B) * 0{,}05\ N * 35454}{Vmuestra}$$

Se podrían calcular:

Muestra No. 1:

$$ppm\ Cl: \frac{(1{,}626 - 0{,}395) * 0{,}05\ N * 35454}{50} \quad \rightarrow \quad ppm\ Cl: \frac{(1{,}231) * 0{,}05\ N * 35454}{50}$$

$$ppm\ Cl: \frac{2182{,}2}{50} \quad \rightarrow \quad ppm\ Cl: 43.6$$

Muestra No. 2:

$$ppm\ Cl: \frac{(0{,}666 - 0{,}395) * 0{,}05\ N * 35454}{50} \quad \rightarrow \quad ppm\ Cl: \frac{(0{,}271) * 0{,}05\ N * 35454}{50}$$

$$ppm\ Cl: \frac{480{,}4}{50} \quad \rightarrow \quad ppm\ Cl: 9{,}6$$

Muestra No. 3:

$$ppm\ Cl: \frac{(1{,}942 - 0{,}395) * 0{,}05\ N * 35454}{50} \quad \rightarrow \quad ppm\ Cl: \frac{(1{,}547) * 0{,}05\ N * 35454}{50}$$

$$ppm\ Cl: \frac{2742{,}4}{50} \quad \rightarrow \quad ppm\ Cl: 54{,}8$$

Muestra No. 4:

$$ppm\ Cl: \frac{(0{,}974 - 0{,}395) * 0{,}05\ N * 35454}{50} \quad \rightarrow \quad ppm\ Cl: \frac{(0{,}579) * 0{,}05\ N * 35454}{50}$$

$$ppm\ Cl: \frac{1026{,}4}{50} \quad \rightarrow \quad ppm\ Cl: 20{,}5$$

Muestra No. 5:

$$ppm\ Cl: \frac{(1{,}904 - 0{,}395) * 0{,}05\ N * 35454}{50} \quad \rightarrow \quad ppm\ Cl: \frac{(1{,}509) * 0{,}05\ N * 35454}{50}$$

$$ppm\ Cl: \frac{2675}{50} \quad \rightarrow \quad ppm\ Cl: 53{,}5$$

Muestra Sin Filtro:

$$ppm\ Cl: \frac{(0{,}818 - 0{,}395) * 0{,}05\ N * 35454}{50} \quad \rightarrow \quad ppm\ Cl: \frac{(0{,}423) * 0{,}05\ N * 35454}{50}$$

$$ppm\ Cl: \frac{749{,}8}{50} \quad \rightarrow \quad ppm\ Cl: 14{,}5$$

4.10 DQO Demanda química de oxígeno

Procedimiento:

4.8 En tubos de ensayo (o digestión) se agregan 3mL de cada muestra (en la muestras 1, 2 3,5), añadiendo luego 4mL de solución digestora, y, finalmente 2mL de solución catalizadora. En el caso de la muestra número 3 y 5 se hizo ensayo-error debido a que la cantidad de muestra no presentaba un resultado positivo añadiendo las 2 soluciones, por lo cual en ambos casos se realiza una dilución 100/10.

4.9 Al tener todas las muestras mezcladas con las respectivas soluciones, se realizan 2 muestras en blanco para así tener un margen de estudio.

4.10 Luego de tener todas las muestras homogeneizadas con las tres sustancias se llevan al termo reactor previamente calentado a 150 ̊C durante 2 horas.

4.11 Pasado este tiempo se deben dejar en reposo las 15 muestras en una gravilla por 5 minutos, al tener las muestras a temperatura ambiente o a una menor temperatura de la recién retirada del termo reactor se deben verter las muestras en un tubo de Erlenmeyer cada una.

4.12 Cuando las sustancias estén en los respectivos tubos de Erlenmeyer, añadir 3 gotas de ferroina y, posterior a ello, colocar cada muestra en un agitador magnético y titular con FAS (Sulfato de Hierro (II) y Amonio hexahidratado, Fe (NH4)2(SO4)2. 6H2O) 0,05 Normal.

4.13 Al notar que la solución viró a un color salmón detener la titulación.

4.14 Finalmente, realzar los cálculos respectivos para determinar y hallar el DQO.

Luego del previo procedimiento se obtuvieron los siguientes resultados para analizar y calcular.

Tabla 13. Análisis DQO. Fuente: Propia

Muestra	Titulante agregado FAS
1	10,802
2	6,402
3 (10 a 100)	4,622
4	8,554
5 (10 a 100)	7,398
Sin Filtro	10,090
Blanco	11,261

Con el anterior cálculo se definirá la DQO acorde a la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{DQO = \frac{(B - M) * N * 8000}{V}}$$

En donde:

B = ml de valorante gastado para el blanco

M = ml de valorante para la muestra

N = Normalidad del valorante

F = Factor de dilución de la muestra.

Muestra No. 1:

$$DQO = \frac{(11{,}261\text{ml} - 10{,}802ml) * 0{,}05 * 8000}{3ml} \rightarrow \frac{183{,}6}{3ml} \rightarrow 61{,}2\text{ ppm}$$

Muestra No. 2:

$$DQO = \frac{(11{,}261\text{ml} - 6{,}402ml) * 0{,}05 * 8000}{3ml} \rightarrow \frac{1943{,}6}{3ml} \rightarrow 647{,}8 \text{ ppm}$$

Muestra No. 3 (10 a 100):

$$DQO = \frac{(11{,}261\text{ml} - 4{,}622ml) * 0{,}05 * 8000}{3ml} \rightarrow \frac{2655{,}6}{3ml} \rightarrow 885{,}2 \text{ ppm}$$

$$DQO = 885{,}2 * 10 = 8852 \text{ ppm}$$

Muestra No. 4:

$$DQO = \frac{(11{,}261\text{ml} - 8{,}554ml) * 0{,}05 * 8000}{3ml} \rightarrow \frac{1082{,}8}{3ml} \rightarrow 360{,}9 \text{ ppm}$$

Muestra No. 5 (10 a 100):

$$DQO = \frac{(11{,}261\text{ml} - 7{,}398ml) * 0{,}05 * 8000}{3ml} \rightarrow \frac{1545{,}2}{3ml} \rightarrow 515{,}1 \text{ ppm}$$

$$DQO = 515{,}1 * 10 = 5151 \text{ ppm}$$

Muestra Sin Filtro:

$$DQO = \frac{(11{,}261\text{ml} - 10{,}090ml) * 0{,}05 * 8000}{3ml} \rightarrow \frac{468{,}4}{3ml} \rightarrow 156{,}1 \text{ ppm}$$

4.11 DBO$_7$

Para este estudio solo se tomaron en cuenta las muestras que superaban la normatividad del DQO con un alto porcentaje, como lo son las muestras 3 y 5.

Se realiza el método de incubación y se prepara junto con un caldo nutritivo añadido en diferentes cantidades ya que esta variable dependía de los mililitros de muestra a utilizar en cada muestra, y se halla a partir de la siguiente ecuación:

$$mg\ DBO_7 = \frac{(OD_i - OD_f) - [(OB_i - OB_f] * F}{P}$$

Donde:

$$P = \frac{mL\ muestra}{300\ ml}$$

$$F = \frac{(300 - mL\ muestra)}{300\ ml}$$

$OD_i = OD\ inicial\ de\ la\ muestra\ diluida\ mg/L$

$OD_f = OD\ final\ de\ la\ muestra\ diluida\ mg/L\ después\ de\ 7\ días$

$OB_i = OD\ inicial\ del\ blanco\ (frasco\ con\ agua\ de\ dilución\ solamente, mg/L)$

$OD_f = OD\ final\ del\ blanco\ en\ mg/L\ después\ de\ 7\ días$

Siendo así se tomarán como referencia los siguientes datos:

OB_i = 6,14

OB_f = 5,00

Muestra No. 3:

Tabla 14. Análisis DBO Muestra 3. Fuente: Propia

% Dilución	mL Muestra	OD_i	OD_f
1%	3	6,17	1,52
0,9 %	2,7	6,20	1,89

Muestra No. 5:

Tabla 15. Análisis DBO Muestra 5

% Dilución	mL Muestra	OD_i	OD_f
1%	3	6,24	1,69
0,9 %	2,7	6,25	1,53

Calculando:

Muestra No. 3 (1% dilución):

$$mg\ DBO_7 = \frac{(6{,}17 - 1{,}52) - [(6{,}14 - 5{,}00] * 0{,}99}{0{,}01}$$

$$mg\ DBO_7 = \frac{(4{,}65) - [1{,}14] * 0{,}99}{0{,}01}\ ppm$$

$$mg\ DBO_7 = \frac{3{,}5214}{0{,}01}\ ppm = 352{,}14\ ppm$$

Muestra No. 3 (0,9 % dilución):

$$mg\ DBO_7 = \frac{(6{,}20 - 1{,}89) - [(6{,}14 - 5{,}00] * 0{,}991}{0{,}009}$$

$$mg\ DBO_7 = \frac{(4{,}31) - [1{,}14] * 0{,}991}{0{,}009}$$

$$mg\ DBO_7 = \frac{3{,}18026}{0{,}009}\ ppm = \ 353{,}362\ ppm$$

Muestra No. 5 (1% dilución):

$$mg\ DBO_7 = \frac{(6{,}24 - 1{,}69) - [(6{,}14 - 5{,}00] * 0{,}99}{0{,}01}$$

$$mg\ DBO_7 = \frac{(4{,}55) - [1{,}14] * 0{,}99}{0{,}01}$$

$$mg\ DBO_7 = \frac{3{,}4214}{0{,}01}\ ppm = \ 342{,}14\ ppm$$

Muestra No. 5 (0,9 % dilución):

$$mg\ DBO_7 = \frac{(6{,}25 - 1{,}53) - [(6{,}14 - 5{,}00] * 0{,}991}{0{,}009}$$

$$mg\ DBO_7 = \frac{(4{,}72) - [1{,}14] * 0{,}991}{0{,}009}$$

$$mg\ DBO_7 = \frac{3{,}59026}{0{,}009}\ ppm = \ 398{,}9\ ppm$$

4.12 Oxígeno Disuelto (OD)

Procedimiento

1. Con un medidor portátil se estudia este parámetro agregando la muestra en una probeta para que la sonda del medidor analice el líquido, dando como resultado :

Tabla 16. Análisis Oxígeno Disuelto. Fuente: Propia

Muestra	OD % Saturado	Nivel de Oxígeno mg/L
1	101%	8,05
2	47%	2,25
3	89%	1,24
4	56.7%	5,72
5	96.6%	2,12
Sin Filtro	84,2%	8,13

5. Análisis De Resultados

Tabla 17. Análisis de Resultados. Fuente: Propia

Parámetro	Muestras					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**Sin Filtro**
pH	**7,41**	**7,09**	**7,80**	**7,27**	**7,11**	**7,27**
OD	**8,05**	**2,25**	**1,24**	**5,72**	**2,12**	**8,13**
% Remoción	-42%	18%	19%	72%	53%	Verdadera
Conductividad	711	532	702	536	668	557
Salinidad (%NaCl)	1,4	1,0	1,4	1,0	1,3	1,1
Acidez Total	1,922	3,008	1,958	2,858	2,702	2,328
Alcalinidad	441,6	335,2	306,64	405,2	359,32	391,92
Solidos Sedimentables	0,3	0,1	0,02	0,02	0	0
Sólidos Disueltos Totales	396	528	3582	434	2580	398
Sólidos Suspendidos	40	84	73,6	44	140	2
Dureza Total	94,8	28	64,6	61,2	72,8	61,2
Cloruros	43,6	9,6	54,8	20,5	53,5	14,5
DQO	61,2	647,8	8852	360,9	5151	156,1
DBO_7			352,751		370,52	

5.1 Interpretación De Los Resultados

Para cada muestra estudiada en los datos de potencial de Hidrógeno (pH), Conductividad, Salinidad, Acidez Total, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos, Dureza total y Cloruros se obtuvieron resultados positivos y que cumplían la norma, como se puede inferir en la tabla 18:

Tabla 18. Interpretación de resultados acorde a la norma. Fuente: Propia

Normatividad	***Parámetro***	***Límite Máximo Aceptable***
Resolución 2115 del 2007	**Conductividad**	1000 microsiemens/cm
	Potencial de Hidrógeno	6,5 – 9,0
	Alcalinidad Total	200 mg/L
	Dureza total	300 mg/L
	Cloruros	250 mg/L
Resolución 0631 del 2015	**DBO y DQO**	Según criterios de calidad
Criterios de Calidad	**Oxígeno Disuelto**	<5 mg/L
	Sólidos Sedimentables	10 ml/l (Media)
	Sólidos Suspendidos	200 mg/L
Agencia de Protección Ambiental (EPA)	**Acidez**	<100 mg/L $CaCO_3$
	Sólidos Disueltos Totales	500 mg/L
	Salinidad	<448,6 ppm
Decreto 1594 de 1984	**% de Remoción**	50%

En cuanto a parámetros analizados como: Porcentaje de remoción, Sólidos Disueltos Totales, DQO y DBO, fueron parámetros que directamente no cumplieron la norma debido al tipo de filtro realizado.

En los parámetros del porcentaje de remoción y de los sólidos el primer filtro estaba compuesto de cenizas y el tercero de café, por ello da un resultado negativo en el porcentaje de remoción y mucho mayor que los demás en los sólidos disueltos totales, ya que el agua finaliza con una mayor turbiedad a la inicial. Para el caso del DBO y DQO, se presenta una solubilidad del lecho filtrante en cada filtro y los cálculos arrojan el DQO del lecho más no del agua en sí.

Finalmente en el caso de la Alcalinidad y el Oxígeno Disuelto se evidencia que son los únicos parámetros que no cumplen con la respectiva normatividad ya sea en su estado natural o pasando por el respectivo filtro.

6. Planteamiento Del Diseño

Según la Resolución más actualizada del Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS 0330 del 2017 se hace referencia a las diversas etapas de planeación para proyectos, dentro de las cuales, en el presente proyecto se desarrollan:

1. Diagnóstico del lugar de estudio.
2. Determinación de la población afectada.
3. Características y usos del recurso en cuestión.
4. Conocimiento de la estructura existente.
5. Posible alternativa.

Para una óptima implementación de un sistema de tratamiento se deberán tener estudios básicos que incluyan características geomorfológicas del lugar de estudio así como diferentes estudios socioeconómicos y de campo, pero, en este proyecto, al determinar el tipo de tratamiento necesario en el recurso hídrico no se consideran dichos estudios. Se determina necesario realizar un filtro lento para la disminución de sólidos presente en el recurso hídrico.

Para la implementación del filtro lento se necesitará un previo análisis de la localización del proyecto, así como los estudios básicos mencionados anteriormente, una vez determinado el terreno, ubicación y sistema de tratamiento del recurso se determinarán los diseños geométricos, hidráulicos, estructurales y geotécnicos necesarios para llevar a cabo la construcción, para que al momento de construir el filtro no se dañe el caudal del aljibe.

Dentro de los requisitos para el diseño de estructuras en agua superficial el filtro en el aljibe podría cumplir con:

- Periodo de diseño de 25 años
- Caudal máximo diario puede variar dependiendo la climatología de la vereda.
- Ya se encuentra en un tramo recto.
- Se encuentra en una zona accesible para los habitantes de la vereda, permitiéndoles el acceso para un fácil mantenimiento y operación.

De acuerdo a la mencionada resolución, el aljibe presenta las siguientes características para la posible determinación del sistema a desarrollar.

No se toma ningún tipo de captación especial para el diseño del filtro pues este de manera natural se almacena en el aljibe para posteriormente ser distribuido, tampoco se desarrollará un desarenador debido a la poca distancia y espacio con el que cuenta el recurso a tratar; La vereda presenta un gran inconveniente en cuanto a la línea distribución ya que su línea de aducción es mediante mangueras y su conducción es por gravedad, generando indirectamente contaminación al recurso hídrico.

Los tanques de almacenamiento al ser una red de distribución no comercial son tanques de agua (de plástico) movidos a lugares cerca del aljibe, y por norma estos mismos se deberán limpiar cada 6 meses.

En cuanto a las fugas y pérdidas de agua en la red de distribución los habitantes de la vereda recorren la red de distribución buscando donde se presenta el escape de agua y una vez encontrado lo tapan con cinta negra.

Con los resultados previamente hallados, se considera necesario de acuerdo con la tabla 4 de la Resolución 0330 del 2017:

Tabla 4. Tecnologías de Tratamiento de Potabilización

TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO / CONTAMINANTE QUE SE VA A REMOVER	Aeración	Coagulación + Floculación + Sedimentación	Filtración Convencional	Ablandamiento	Oxidación Química	Microfiltración	Ultrafiltración	Nanofiltración	Ósmosis inversa	Electrodiálisis inversa	Intercambio iónico	Filtración por adsorción	Filtración optimizada
Características físicas													
Color aparente		X	X		X	X	X	X	X			X	X
Olor y sabor	X				X							X	
Turbiedad		X	X			X	X						X
Sólidos disueltos totales		X	X			X	X		X	X	X		X
Características químicas inorgánicas													
Antimonio									X	X			
Arsénico		X	X	X					X	X	X	X	X
Bario				X					X	X	X		
Cadmio		X	X	X					X	X	X		X
Cianuro libre y disociable					X								
Cloruros							X		X	X			
Cobre		X		X					X		X		
Cromo		X	X	X					X	X	X		X
Dureza				X				X	X	X	X		
Fluoruros				X					X	X		X	
Fosfatos			X						X			X	X

Ilustración 7. Tecnologías de Tratamiento de Potabilización. Fuente: Resolución 0330 del 2017

Diseñar un tratamiento de potabilización que ayude con la disminución de los Sólidos en el cuerpo de agua, tales como:

a. Coagulación, Floculación, Sedimentación.
b. Filtración Convencional.
c. Microfiltración.
d. Ultrafiltración.
e. Ósmosis Inversa.
f. Electrodiálisis inversa.
g. Intercambio Iónico.
h. Filtración Optimizada.

Dentro de los cuales tratamientos como: El intercambio iónico, Microfiltración y Ultrafiltración requieren o de un gran aporte económico o de una gran altura para su realización.

Seleccionando entonces, un tratamiento de potabilización por medio de filtración convencional: Utilizando las características mencionadas en la tabla 10 de la Resolución 0330 de 2017:

Tabla 10. Características de Filtración convencional

Parámetro	Filtración lenta con lecho simple	Filtración rápida con lecho simple	Filtración rápida con lecho mixto
Tasa de filtración ($m^3/m^2/d$)	7 – 14	< 120	180 – 350
Profundidad del medio (m)	0,8 – 1,0	0,6 – 0,9	Antracita: 0,4 – 0,6 Arena: 0,15 – 0,3

Tabla 11. Rangos de tasa de Filtración lenta en múltiples etapas (FIME)

Parámetro	Filtración lenta en arena	Filtro grueso dinámico	Filtro grueso ascendente
Tasa de filtración ($m^3/m^2/d$)	7 – 14	48 – 72	7,2 – 14,4
Profundidad del medio (m)	0,8 – 1,0	0,6 (0,2 cada capa)	0,4 – 0,9

Ilustración 8. Características de Filtración Convencional. Fuente: Resolución 0330 de 2017

Eligiendo la filtración lenta como único tratamiento posible, económico y de mayor eficiencia para el fin solicitado. Para el sistema de tratamiento a diseñar no hay procesos de tratamiento, pues, solo se hará el tratamiento de potabilización.

Acorde con los parámetros estudiados y con la normatividad pertinente al desarrollo de los sistemas de tratamiento para obtener un agua potable, se determina que el tipo de sistema de tratamiento a desarrollar es un filtro lento para disminuir la cantidad de sólidos ya sean sedimentables, totales o suspendidos, pero, la normatividad para definir las especificaciones del

filtro lento se basarán el RAS 2000 en su título C, ya que en la Resolución 0330 del 2017 no se especifican estas condiciones.

Al ser este aljibe un agua natural telúrica superficial con características potables tanto físicas como químicas y tener un muy bajo nivel de complejidad en su área, se debe tomar como plan de acción un filtro que disminuya la cantidad de sólidos que se presentan en el recurso.

Acorde a esta normatividad, el filtro lento, se caracteriza por tener:

i. Capa Sobrenadante de agua cruda.
j. Lecho de arena filtrante.
k. Sistema de drenaje.
l. Juego de dispositivos de regulación.
m. Control del filtro.

Pero, al realizar el proyecto en una población rural con difícil acceso al aljibe y poco espacio para un sistema de tratamiento con dichos procesos, en el proyecto se realizara solamente un filtro lento que condicione la remoción de sólidos pasando solamente, por:

a. Capa Sobrenadante de agua cruda. (no inferior a 0,5m)
b. Lecho de arena filtrante, que debe estar caracterizado por medir entre 0,35mm y 0,55mm, esta arena, de igual manera debe ser una arena limpia (no tener ni arcilla, ni materia orgánica), con coeficiente de uniformidad entre 2 y 4, así como el espesor de este lecho debe estar comprendido entre 0,8m y 1m

c. Capa soporte (grava), libre de limo, arena y materia orgánica, (de tener alguno de estos componentes lavar), finalmente, acorde al tamaño de la grava se tomarán las especificaciones de la tabla C.7.4 del RAS 2000 en su título C.

TABLA C.7.4
Especificaciones de la grava soporte

Capa	Tamaño de la grava (mm)	Espesor del medio (m)
1	9 - 10	0.10 - 0.15
2	2 - 9	0.05
3	1 - 1.5 (arena)	0.05

Ilustración 9. Especificaciones de la grava soporte. Fuente RAS 2000

d. Dispositivo de entrada, que tenga un aliviadero de rebose, pero que a su vez tenga la suficiente altura para no afectar el lecho filtrante. Preferiblemente que sea un vertedero triangular de pared delgada y su entrada sea por un vertedero ancho y una pared gruesa.
e. Dispositivo de Salida, será 0,1 m mayor que la cota del nivel máximo del lecho de arena.
f. Condiciones como la altura del agua sobre el lecho, velocidad a la entrada y pérdida de la carga son datos que dependerán directamente del nivel de humedad relativa en el que se encuentre el aljibe en temporada, se define un bajo nivel del riesgo en este recurso hídrico de acuerdo a los estudios realizados previamente.
g. Unidades de filtración: 2 (Arena y Grava)
h. Dispositivo de control de velocidad de filtración, para evitar que el filtro esté vacío o que tenga pérdida de carga mínima, se deberá colocar un orificio o vertedero que deje pasar un caudal constante.
i. Sistema de drenaje, que podría ser el desarenador del filtro de ser necesario.

Filtro que debe manejar un control de calidad del proceso como lo es la determinación fisicoquímica y de eficiencia del recurso hídrico. No se manejarán unidades de desinfección debido

a la buena calidad del agua superficial y a los buenos resultados del análisis del agua. De igual modo si se realiza la construcción del filtro se deberá realizar un manual de funcionamiento y operación del sistema, junto con Criterios de sostenibilidad: económica, técnica, social y ambiental, y criterios de gestión del riego.

7. Plano Del Posible Diseño

Un posible diseño de este filtro lento se podría presentar como:



Ilustración 10. Plano Vista Lateral Filtro. Fuente: Propia

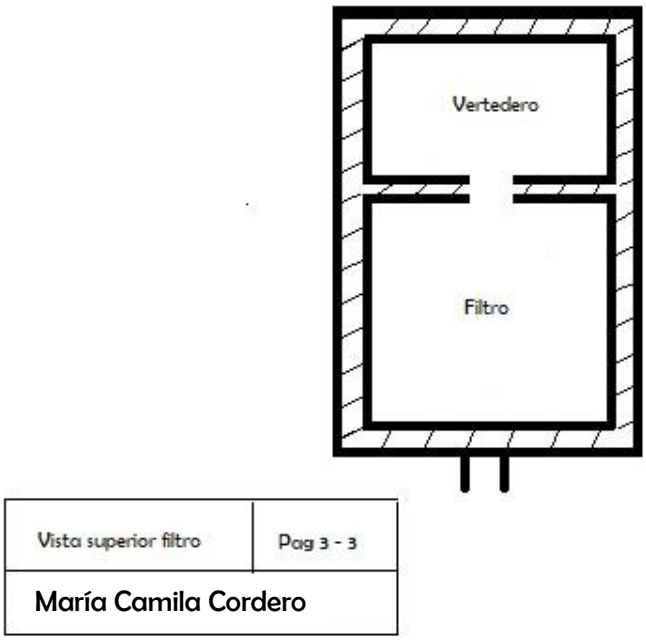


Ilustración 11. Plano Vista Superior Filtro. Fuente: Propia

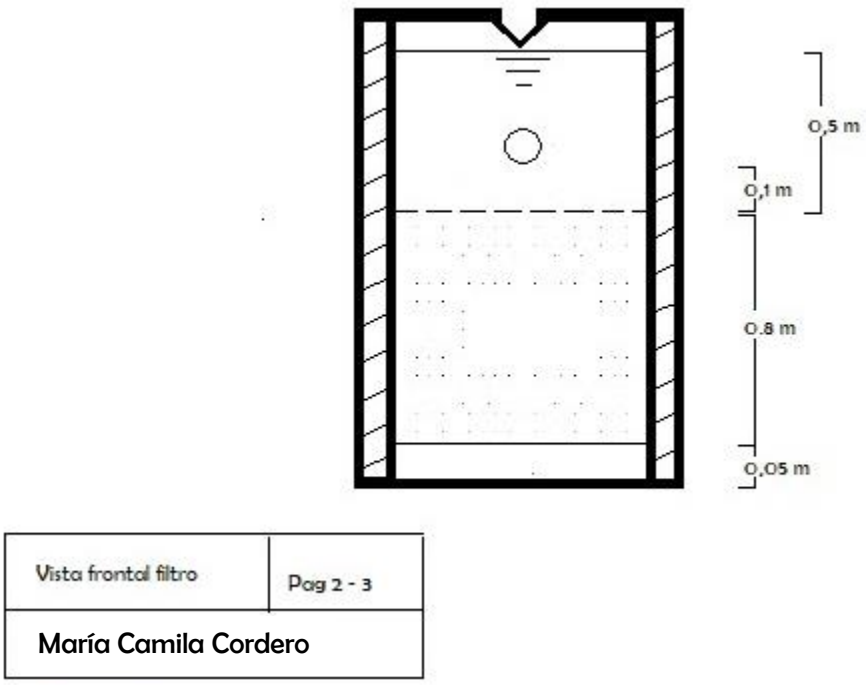


Ilustración 12. Plano Frontal Filtro. Fuente: Propia

Conclusiones

- Al analizar la características tanto físicas como químicas del recurso hídrico de estudio, se pudo evidenciar que el agua en su estado natural y sin pasar por ningún proceso es un agua parcialmente segura, descartando el parámetro de sólidos pues este parámetro es el único que pre y post estudio sigue incumpliendo la normatividad.
- Teniendo en cuenta la normatividad RAS 2000 en su título C – potabilización y la Resolución 0330 del 2017, se concluye que el cuerpo hídrico no necesita tener un sistema de tratamiento complejo, ya que éste al poseer tan buenas características físico-químicas y al no tener un gran nivel de complejidad, solo requiere pasar por 2 unidades de filtración que disminuyan la cantidad de sólidos que presenta el aljibe.
- El agua producida superficialmente en este estudio, y que no ha sido contaminada por ningún tipo de vertimiento, después de los análisis y antes del posible filtro se puede considerar como un agua consumible, a pesar de la alta cantidad de solidos se podría considerar como segura, ya que todos los habitantes de la vereda que se abastecen por este aljibe suelen hervir el agua antes de consumirla o de agregarla a sus comidas.
- Después de analizar los 5 lechos filtrantes de estudio (bagazo (seco y en cenizas), Sedimento de café, guata y gravilla) se concluye que el lecho filtrante más adecuado para tratar el agua de estudio, es el filtro es una capa de gravilla y una muy fina de guata, pues, el agua no presenta una variación positiva en su calidad en cuanto a purificación con los diferentes lechos añadidos a cada filtro.
- Al realizar el planteamiento del posible sistema de tratamiento para el recurso hídrico, se puede evidenciar que no se requiere un sistema con tantas tecnologías de tratamiento, pues

solo se requiere un filtro lento que remueva la cantidad de sólidos que la fuente hídrica excede.

Recomendaciones

1. El filtro será de uso continuo y tendrá una velocidad de filtración constante.
2. Cada vez que se halle material flotante (hojas, insectos, etc.) se deberá remover continuamente.
3. Realizar continuamente la medición de la velocidad de filtración.
4. Estudiar la calidad del agua periódicamente.
5. Desarrollar encuestas por si han habido enfermedades de carácter intestinal o de parásitos en relación al agua consumida en el aljibe.
6. De ser el caso, que el agua sobrepase el nivel de alcance, sacar el filtro servicio.

Bibliografía

- Alcaldía municipal de San juan de Rioseco. (30 de abril de 2012). Plan de desarrollo final. Recuperado de: http://oaica.car.gov.co/archivos/PLAN_DE_DESARROLLO_FINAL_2012-2015.pdf
- Alcaldía municipal de San Juan de Rioseco. (29 de agosto 2012) Plan municipal de gestión del riesgo de desastre. Recuperado de: https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/459/2_PMGRD.pdf?sequence=5&isAllowed=y

- Ávila, Cristian. (22 de marzo de 2015). ¿Cómo es el avance en la cobertura de acueducto en Colombia? Recuperado de: https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15445939#:~:text=El%2028%20por%20ciento%20de,se%20exponen%20as%C3%AD%20a%20enfermedades.
- Córdoba, D; Acosta, R; Pacheco, F; Ramírez, C. (Marzo 27 de 2016) Recopilación de experiencias en la potabilización del agua por medio del uso de filtros. Recuperado de: Texto%20del%20art%C3%ADculo-3853-1-10-20170705.pdf
- FAO. (13 de junio de 2002). El agua y la agricultura. Recuperada de : http://www.fao.org/WorldFoodSummit/sideevents/papers/Y6899S.htm
- Forero, Liliana; Veloza, Paola. (2018). Propuesta de sistema de suministro de agua potables para fincas agrícolas de la vereda guayabal en onzaga Santander. Recuperado de: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22575/1/PROPUESTA%20DE%20SUMINISTRO%20DE%20AGUA%20POTABLE%20PARA%20FINCAS%20AGRICOLAS%20DE%20LA%20VEREDA%20GUAYABAL%20EN%20ONZAGA%20SAN.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2017). Reglamento técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Recuperado de: https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0330-2017.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2011). Manual de Instrucciones para la toma, Preservación y Transporte de Muestras de Agua de Consumo Humano para Análisis de Laboratorio. Recuperado de: https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf

- NN. (2012) Filtro Artesanal Casero Recuperado de: https://filtroartesanalcaserosa.blogspot.com/p/definicion.html
- OMS. (2006). Guías para la calidad del agua potable. Recuperado de: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowsres.pdf
- OMS. (14 de junio de 2019). Agua, datos y cifras. Recuperado de: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water.
- IDEAM. (2007) Demanda Química de Oxígeno por Reflujo cerrado y volumetría. Recuperado de: http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno.pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb.
- IDEAM (2007) Sólidos Totales Secados a 103° y 105°C. Recuperado de: http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Totales+secados+a+103+-+105%C2%BAC.pdf/d4faab4a-34e4-4159-bf4c-50353b101935
- Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico (2000) Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico RAS - 2000. Recuperado de: https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=16483
- Función Pública (1984) Decreto 1594 del 1984. Recuperado de: funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=18617
- MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (2007). Resolución 2115 de 2007. Recuperado de: https://laboratoriodeanalisis.lasalle.edu.co/wcm/connect/LIAC/d951c109-a227-44a3-8a42-1d1f87db2b43/Resoluci%C3%B3n_2115-2007.pdf?MOD=AJPERES&CVID=lMo0SFe

- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (2018). Decreto 1090 de 2018. Recuperado de: https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201090%20DEL%2028%20DE%20JUNIO%20DE%202018.pdf
- Función Pública (2007) Decreto 1575 de 2007. Recuperado de: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007
- Función Pública (1978) Decreto 1541 de 1981. Recuperado de: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1250#:~:text=%2D%20Todos%20los%20habitantes%20pueden%20utilizar,de%20los%20recursos%20naturales%20renovables.
- Función Pública (1944) Ley 142 del 1944. Recuperado de: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752