

**PURIFICACIÓN DE AGUAS LLUVIAS**

**DIEGO MAURICIO VANEGAS ROMERO**

**Proyecto integral de grado para optar al título de  
ESPECIALISTA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**Director**

**HARVEY ANDRÉS MILQUEZ SANABRIA**

**Ingeniero químico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**BOGOTÁ D.C**

**2023**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

Nombre

Director de Trabajo de grado

---

Nombre

Firma del Presidente Jurado

---

Nombre

Firma del Jurado

---

Nombre

Firma del Jurado

## **DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García – Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García – Peña

Vicerrectoría Académica y de Investigación

Dra. Alexandra Mejía Guzman

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. Jose Luis Macias Rodriguez

Decana de la Facultad de Ingenierías

Ing. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora del Programa

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas del claustro de la Fundación Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente; no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de grado se lo dedico primeramente a Dios por el acompañamiento y brindarme sabiduría para alcanzar una nueva meta, a mi compañera de vida Deisy Dayana Gil Trullo por su apoyo, por estar en cada una de las etapas de búsqueda de objetivos y propósitos; por su paciencia y comprensión en la toma de decisiones.

A mi hija Eileen Ariana Vanegas por ser esa fuente de inspiración y motivación de mi día a día, superando las dificultades que se presenten en la vida cotidiana.

A mis padres y mis hermanos que con sus consejos y su lucha indeterminada les enorgullece verme salir adelantate, nunca permitieron que me rindiera, ni siguiera otros caminos. Sus grandes enseñanzas y buenos deseos me ayudaron a entender que todo lo que uno inicia debe terminarlo.

A mis compañeros y amigos que durante este proceso compartieron parte de sus conocimientos y capacidades para cumplimiento de mis objetivos.

A los docentes y la Universidad América que en todo momento nos acompañaron con cada una de las clases, ampliando nuestros conocimientos y haciendo acompañamiento a largo de este año aportando al cumplimiento de nuestros logros que nos permite hoy culminar esta nueva meta.

## **AGRADECIMIENTOS**

El agradecimiento de este proyecto primero va dirigido a la universidad América y a los docentes que a lo largo de este proceso que nos apoyaron en crecimiento continuo de esta investigación, para así llegar a cumplir nuestras metas y objetivos, brindando los conocimientos precisos en cada paso a seguir; fueron guías que me permiten hoy alcanzar este gran resultado.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS	14
JUSTIFICACIÓN	15
1. MARCO CONCEPTUAL	16
1.1 Generalidades	16
1.1.1 <i>Aguas residuales</i>	16
1.2 Biofiltro	16
1.2.1 <i>Biofiltro de arena</i>	17
1.2.2 <i>Biofiltros domiciliarios</i>	17
1.3 Etapas de filtración, remoción y sedimentación	18
2. METODOLOGÍA	19
2.1 Cuadro de problema	19
2.2 Levantamiento de línea base	20
2.3 Gestión	21
2.3.1 <i>Diagrama cauda, efecto</i>	21
2.4 Requerimientos	22
2.4.1 <i>Diseño de encuestas</i>	22
2.5 Arquitectura	24
2.5.1 <i>Diagrama de procesos</i>	24
2.5.2 <i>Composición de los Filtros Lentos</i>	25
2.6 Toma de muestras	26
2.6.1 <i>Parámetros por medir</i>	27
2.7 Conclusión	27

<b>2.8 Evolución</b>	<b>28</b>
<b>3. ANÁLISIS DEL PROYECTO</b>	<b>29</b>
<b>3.1 Recomendaciones de diseño</b>	<b>30</b>
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Encuesta</b>	<b>32</b>
<b>4.1.1 <i>Pregunta 1 ¿Usted cuenta con agua potable?</i></b>	<b>32</b>
<b>4.1.2 <i>Pregunta2 ¿Qué capacidad de almacenamiento de agua le gustaría que tuviera el purificador de aguas lluvia en litros?</i></b>	<b>32</b>
<b>4.1.3 <i>Pregunta 3 ¿Cuántas personas conviven con usted?</i></b>	<b>33</b>
<b>4.1.4 <i>Pregunta 4 ¿Para qué utiliza las aguas lluvias?</i></b>	<b>34</b>
<b>4.1.5 <i>Pregunta 5: ¿Qué cantidad de agua consume en metros cúbicos?</i></b>	<b>35</b>
<b>4.2 QFD "Quality function deployment"</b>	<b>36</b>
<b>4.3 Diseño arquitectónico</b>	<b>37</b>
<b>4.4 Toma de muestras</b>	<b>40</b>
<b>4.4.1 <i>Análisis fisicoquímico agua lluvia antes de entrar al filtro</i></b>	<b>40</b>
<b>4.4.2 <i>Análisis fisicoquímicos, de muestras realizados en el laboratorio del Acueducto después de pasar por el filtro</i></b>	<b>42</b>
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>43</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>44</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1 <i>Planteamiento problema</i>	19
Figura 2 <i>Diagrama causa efecto</i>	22
Figura 3 <i>Encuestas realizadas a la comunidad</i>	23
Figura 4 <i>Diagrama de proceso</i>	26
Figura 5 <i>Acceso a agua potable</i>	32
Figura 6 <i>Capacidad de almacenamiento</i>	33
Figura 7 <i>Convivencia de familias</i>	34
Figura 8 <i>Manejo de aguas lluvias</i>	35
Figura 9 <i>Consumo de agua</i>	36
Figura 10 <i>QFD (Quality function deployment)</i>	37
Figura 11 <i>Prototipo del filtro</i>	38
Figura 12 <i>Filtro para albercas</i>	39
Figura 13 <i>Filtro bidón 5 Litros</i>	40

## RESUMEN

La escasez del recurso hídrico es una de las problemáticas más preocupantes a nivel mundial, puesto a que este como todos sabemos es un recurso necesario no solo para la vida humana, sino también para el desarrollo de un ecosistema en general. Se han evidenciado casos en los que la falta de agua potable provoca afectaciones a la salud de las personas y/o animales; esto debido a que las condiciones actuales sanitarias para el tratamiento y uso de aguas son ineficaces e insostenibles. Algunos sectores del mundo no cuentan con el acceso al recurso hídrico, ni siquiera para cubrir sus necesidades básicas, como lo son alimentarse, realizar deposiciones de desechos biológicos o tomar un baño. Gracias al mal uso de aguas potables se han detectado y/o encontrado enfermedades e infecciones que pueden ocasionar la muerte. Por este motivo se han abierto oportunidades para investigaciones que tienen como objetivo la búsqueda de proyectos innovadores que permitan alternativas para el acceso de agua potable y de uso doméstico para sectores que no tienen acceso a ellos.

El análisis de este trabajo demuestra que hay la necesidad de un sistema que permita obtener la transformación del recurso hídrico de lluvias en agua potable. Se encontró que la condición de las aguas lluvias contienen características óptimas para su debido tratamiento y proceso de transformación del agua potable en este caso la biofiltración permitirá un acceso de agua de mejor calidad, económica y asequible para las diferentes familias que no tienen acceso a este recurso se encontraron que las condiciones de los parámetros fisicoquímicos de esta agua eran de pH que van desde 5,10 hasta 6,20, color que va 12 hasta 21 y se realizaron otros análisis como alcalinidad, turbiedad y conductividad de aguas lluvias. Por esta razón se decide que un biofiltro con diferentes capas como grava, arena, antracita, carbón activado y algodón permite realizar un proceso óptimo. además de ser adaptable a diferentes tanques de almacenamiento permitirá el correcto uso y tratamiento para este proyecto con las aguas lluvias; ya que como anteriormente se mencionó esta cuenta con las condiciones necesarias para el manejo de las aguas. Por otro lado, al realizar estos estudios se evidenció que los resultados del tratamiento del agua, son muy favorables y arrojan resultados de los diferentes parámetros que van desde los 5,8 hasta los 6,20 un color en promedio de 5 y turbiedades que oscilan desde 0,90 hasta 1,8 NTU también se realizaron más análisis como color con valores de 5 a 6 y alcalinidades que oscilan de 4 a 6 como resultado de aguas después del filtro, en

donde se obtuvieron datos según la resolución 2115 de 2007 la cual estipula los parámetros fisicoquímicos requeridos para que un agua pueda ser potable; es la indicada para ser un agua potable ya que posee el color, las características físicas y químicas que esta debe conservar y/o tener para serlo, por ejemplo, el agua conserva su color traslucido, su pH es mucho menos ácido y no presenta ningún olor característico. Así se cumple y garantiza el acceso a aguas de uso doméstico y potable por medio de aguas lluvias, lo único que haría falta es adicionar un desinfectante y esta podría cumplir con el propósito de agua potable.

**Palabras clave:** Población, potables, filtros, parámetros, contaminantes.

## INTRODUCCIÓN

El agua lluvia es perteneciente a uno de los recursos más importantes a nivel mundial el cual al ser un recurso renovable, sus parámetros de contaminación son bajos, y de fácil acceso, sin embargo a lo largo de la vida se han visto diferentes lugares en el mundo que no cuentan con acceso a agua potable es por esta razón, que nace la implementación de un sistema autosostenible donde el agua lluvia pueda ser tratada surge como una alternativa para evitar problemas relacionados con el estrés hídrico y la salud pública (Hernández, 2020).

En la actualidad este estrés hídrico y la salud pública se ve afectada por la falta de agua potable que afecta a una de cada 4 personas, esto se debe a la falta del recurso no alcanza para satisfacer las necesidades diarias de las personas, solo un 70% de la población tiene acceso a agua solo para un lavado de manos en sus hogares, en muchos lugares este recurso es desperdiciado y contaminado por las diferentes poblaciones, en el mundo hay lugares que no tienen acceso ni siquiera a este preciado líquido lo cual genera los daños a la salud de las demás personas (Consejo Colombiano de seguridad, 2021).

Para los hogares rurales y comunidades pequeñas, el tratamiento de agua para el uso doméstico, de bajo costo y para la eliminación de los contaminantes biológicos y químicos se puede lograr, gracias a los filtros de agua. El riesgo presente en la salud de las personas ha sido un impacto significativo que ha dejado muchas crisis en la vida de las personas, causando enfermedades que pueden llevar hasta la muerte, es por esto por lo que la reducción de estos riesgos con un proceso de potabilización de agua permite generar un cambio en la vida de estas personas que se ven afectadas y no realizan el tratamiento óptimo que se necesita para no tener un riesgo en su salud (Gil et al., 2012).

El agua purificada significa un impacto positivo en la preservación de la salud de los consumidores, igualmente, la puesta en marcha de la empresa significa la creación de empleo directo e indirecto, así como la generación de ingresos para cada uno de los grupos interesados, propietarios, empleados, proveedores, distribuidores y el Estado (Rodríguez et al., 2012).

El presente proyecto consiste en el diseño y creación de un prototipo purificador de aguas lluvias para uso doméstico mediante procesos biológicos por medio de un biofiltro, para un proceso de distribución a los diferentes sectores de la ciudad de Bogotá. El proyecto busca satisfacer las necesidades de esta fuente hídrica tan importante en los barrios del sur de

Bogotá, que no cuentan con agua potable o simplemente quieran tener mejor calidad de vida por medio del uso de agua potable gracias a los biofiltros. Además, se busca contrarrestar la escasez de agua o como una alternativa adicional de ahorro dentro de una vivienda. Por esta razón se busca desarrollar un sistema de purificación de aguas para uso doméstico en las zonas de más bajos recursos de la ciudad de Bogotá.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Desarrollar un sistema de purificación de aguas lluvias para uso doméstico en las zonas de más bajos recursos de la ciudad de Bogotá.

### **Objetivos específicos**

1. Identificar los elementos necesarios para el sistema de purificación de aguas.
2. Establecer los requerimientos técnicos del sistema de acuerdo con las necesidades del usuario.
3. Diseñar el prototipo del purificador de aguas de acuerdo con los requerimientos identificados en etapas anteriores y su eficacia

## JUSTIFICACIÓN

El alcance de agua potable para algunas sociedades es un poco complicado aún si sus áreas son los lugares donde se genera la extracción del recurso, esto debido a la poca inversión en infraestructura en plantas de tratamiento de aguas potables, es por esto por lo que se deben buscar alternativas que permitan garantizar el consumo de agua potable en óptimas condiciones sin que genere un riesgo para las personas y afecte su salud (Juárez & Rodríguez, 2006).

Es por esto por lo que los biofiltros ayudarán a optimizar y garantizar un tratamiento adecuado de bajos costos y permitirá que aquellas personas que no tienen el recurso corran menos riesgos de adquirir enfermedades que puedan causar hasta la muerte (Forero, 2003).

Según el censo que realizó el DANE en la vereda el destino hay 610 familias aproximadamente que no tienen acceso de acueducto, en la vereda la flora hay 55 familias y en otros barrios de la localidad como lo son sucre y partes de Usme pueblo (Localidad de Usme, 2009).

El tratamiento que realizará el biofiltro a todas estas comunidades permitirá reducir los índices de enfermedad y ayudará a que más familias del sector puedan adquirir el recurso hídrico cumpliendo la normatividad legal vigente (Ávila & moreno, 2016).

## **1. MARCO CONCEPTUAL**

### **1.1 Generalidades**

#### **1.1.1 Aguas residuales**

Las aguas residuales son uno de los problemas más comprometidos que tiene Colombia ya que se presenta una inadecuada recolección, tratamiento y disposición de vertimientos de aguas residuales generadas por la agricultura, la industria, el uso doméstico; cada día están más contaminados los ríos y demás corrientes de agua, las aguas subterráneas, los humedales y las represas de agua, causando un gran daño ambiental y a la salud pública.

El tratamiento de aguas residuales se caracteriza por incorporar pretratamientos físicos como el cribado o desarenador, tratamiento aeróbico, anaeróbicos, acompañados de un sistema de floculación o decantación y por último el módulo de desinfección para el vertimiento del agua tratada en fuentes hídricas. Las plantas de tratamiento poseen una eficiencia en remoción de contaminantes del 70,9% (DBO, DQO, SST, Grasas y Aceites, etc.) (Ingeniería en aguas, 2017).

### **1.2 Biofiltro**

En Colombia el sistema de alcantarillado no está desarrolla de manera adecuada para la necesidad en si de una población o nicho. En estos lugares en específico las personas encuentran una gran dificultad al acceso a ella y así mismo nosotros una problemática que solucionar por medio de los biofiltros y así saciar las necesidades básicas de estas comunidades. El proceso de purificación o biofiltración de agua consiste en la purificación de agua proveniente de ríos, lagos, agua de lluvia y pozos que contenga compuestos y/o elementos que sean dañinos para el ser humano. En este paso existen una serie de procesos que deben llevarse a cabo con el fin de asegurar que el agua sea segura para beber y uso doméstico de esta.

Los biofiltros aparecen para dar una solución o alternativa de purificación, siendo una solución para el tratamiento de las aguas grises, residuales, ayudando al medio ambiente y a toda la población, reduciendo los impactos negativos que ocasiona por el mal manejo de la disposición de dichas aguas “sucias”, al mejorar su calidad antes de ser regresadas a la naturaleza o utilizada para otras actividades domésticas, ya que mejora la calidad de vida de las personas y el ciclo natural del medio ambiente.

Se consultó otros proyectos de filtros realizados, en Nicaragua-Guatemala se realizó el diseño para el tratamiento del agua de consumo humano en comunidades indígenas, el cual se diseñó permitiendo el tratamiento de más de 200 litros por día, teniendo en cuenta que lo que se pretende es disponer de agua para beber y preparar alimentos, lo que se estima en 8 litros por persona y por día, este filtro puede proveer mucha más agua que la necesaria. El filtro propuesto tiene la ventaja de no necesitar válvulas o llaves de tipo alguno, su operación es simple y puede esperarse de él, una vida útil prolongada(Palacios & Sequeira, 2002).

### **1.2.1 Biofiltro de arena**

Se halló información sobre manual para la realización de un filtro de bioarena diseño, construcción, instalación, operación y mantenimiento; el filtro de bioarena (BSF) busca transformar el agua con condiciones poco higiénicas en agua que pueda ser utilizada para consumo humano y consta de diferentes capas de arena y grava que retienen la mayor cantidad de micropartículas o contaminantes que se encuentran presentes en el agua, lo hace el filtro más adecuado que se pueda utilizar a niveles domésticos (Cawst, 2012).

### **1.2.2 Biofiltros domiciliarios**

Los biofiltros domiciliarios, son construidos para tratar aguas grises por la biofiltración el cual cuenta con varios procesos como:

- Tratamiento primario o pretratamiento: en esta etapa se separa la mayor cantidad de sólidos tanto flotantes como los más pesados, que pueden ser destacados situándose en la parte inferior del tanque. Se producirá una separación de las grasas y detergentes, que quedarán en la parte superior del depósito, mediante la diferencia de pesos específicos.
- Tratamiento biológico (biofiltros): el agua gris contiene nutrientes como nitrógeno y fósforo (proviene principalmente de los detergentes y jabones), es por esto por lo que se utilizan microorganismos que utilicen estos recursos del agua aprovechándolos para su crecimiento.
- Disposición final de las aguas (vertido o aprovechamiento): como última etapa, en el sistema de biofiltros se encuentra la disposición final de las aguas ya tratadas. Esta agua, por presentar ausencia de gran parte del material orgánico y por ser clara y sin

turbidez, permite a la familia su reutilización como agua de riego, lavado de plantas o limpieza de letrinas. (Amunic, 2010)

### **1.3 Etapas de filtración, remoción y sedimentación**

De acuerdo con la formación Bureau Veritas (2008) estas son las diferentes etapas de tratamiento del agua y se definen de la siguiente forma:

- Sedimentación: retira partículas grandes y con frecuencia más del 50% de los patógeno.
- Filtración: retira partículas pequeñas y con frecuencia más del 90% de los patógenos.
- Desinfección: retira, desactiva o elimina cualquier remanente de patógeno.
- Tratamiento biológico: es un tratamiento en el cual se eliminan sólidos no sedimentados, se estabiliza la materia orgánica por medio de la actividad de los microorganismos, que se alimentan de los diferentes compuestos que contaminan las aguas.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Cuadro de problema

La falta del recurso hídrico ha provocado enfermedades a la salud de las personas, esto ha provocado que muchas personas mueran por consecuencia de un pésimo tratamiento del agua. En la figura 1 se encuentra la identificación y los diferentes aspectos que se evaluarán para darle solución a esta problemática.

**Figura 1**

*Planteamiento problema*

Identificación de problemas					
Idea principal	Identificar	Contrastar	Formular	Evaluar	Socializar
<b>Plantear y diseñar un proyecto de purificación de aguas lluvias, para sectores que no cuenten con agua potable o simplemente clientes potenciales que quieran adquirir el purificador.</b>	Se realiza una lluvia de ideas para identificar el problema, luego un diagrama de afinidad y por último un diagrama de relaciones, este con el fin de establecer el problema puntual para identificar el potencial problema. Ya establecido	Se contrasta definiendo las situaciones deseadas del problema es decir por desempeño. Un ejemplo es la situación actual insatisfecha y la situación actual satisfecha	¿Qué tipo de producto a nivel de gestión se hace necesario diseñar e implementar para responder a las necesidades específicas de agua potable de la	Se identifica si el problema es relevante o es viable para realizar el proyecto.	Se socializa el problema para definir el siguiente paso que es los requerimientos de los actores escogidos.

	<p>el problema se realiza un plan de acción que contenga actividades, fechas de inicio y fin, responsabilidad es, recursos. Para definir las responsabilidades es necesario crear un organigrama y un manual de funciones.</p>	<p>superada (mejoramiento de algún problema actual por ejemplo un sueño)</p>	<p>población de escasos recursos en Bogotá y que a su vez cumpla con una función social?</p>		
--	--	--	--	--	--

**Nota.** Esta figura muestra los diferentes requerimientos que se utilizan para realizar la identificación del problema

## 2.2 Levantamiento de línea base

Los lugares que se van a tomar como muestras, son tres barrios que se encuentran ubicados en la localidad quinta (5) de Usme, que son la Vereda el destino, Usme pueblo y Sucre.

Para la realización del presente trabajo, se utilizará como base el modelo GRACE de la Universidad EAN (Barros, 2010), en el cual se evidencian:

- Gestión.
- Requerimientos.
- Arquitectura.
- Construcción.
- Evolución.

## **2.3 Gestión**

En la gestión se definen los pasos que se tendrán en cuenta para cumplir con lo solicitado en la metodología Grace, es por esto por lo que se define realizar, un sistema de causa-efecto que permita identificar las posibles problemáticas que se podrían presentar a lo largo de realizar este proyecto.

### **2.3.1 Diagrama cauda, efecto**

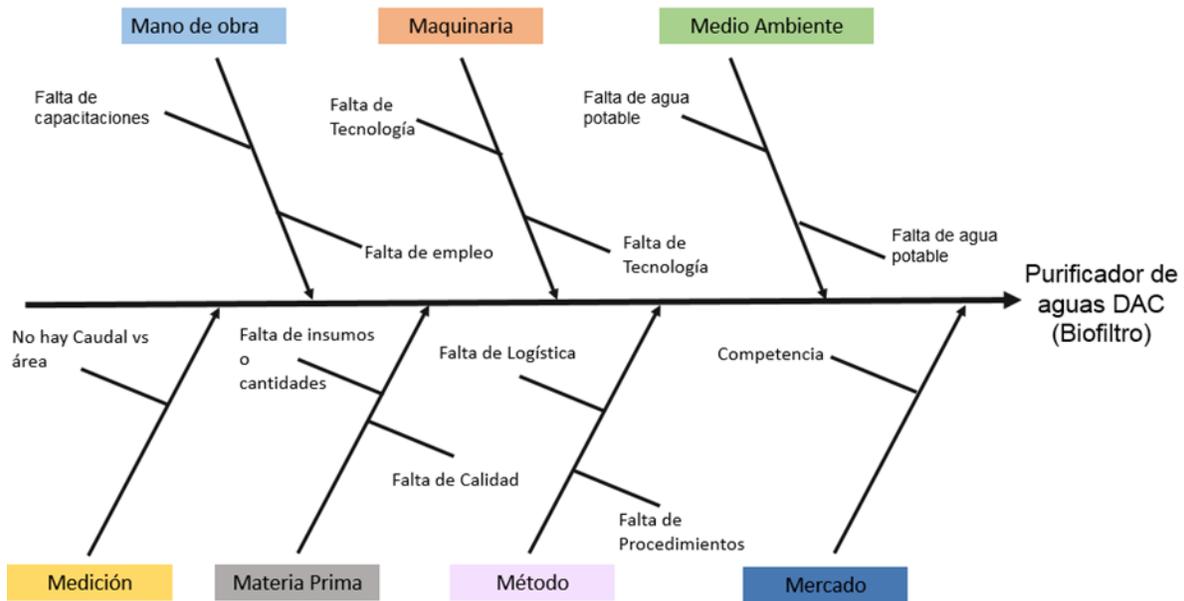
Tiene como objetivo dar claridad de cuáles son las posibles causas para generar la solución al problema. El análisis causa – efecto según Amoletto (2007) puede dividirse en tres etapas:

- Definición del efecto o en este caso la solución al problema que se desea estudiar.
- Construcción del diagrama causa – efecto.
- Análisis causa – efecto del diagrama construido.

A continuación, en la figura 2. Se relacionan las posibles causas que puedan dar solución a la problemática planteada.

**Figura 2**

*Diagrama causa efecto*



**Nota.** causas para hallar las problemáticas del proyecto.

## 2.4 Requerimientos

Los requerimientos que se emplean en la metodología Grace buscan identificar, los diferentes aspectos que interfieren en la construcción del prototipo, para esto lo primero que se realizaron son unas encuestas que permitan obtener, información de los diferentes actores, que serán los que utilizaran y manejaran el producto.

### 2.4.1 Diseño de encuestas

Tras la gestión realizada, se establecieron encuestas (personas que conocen la falta de aguas doméstica).

Para esta encuesta se decidió tomar una población objeto aproximadamente de 100 habitantes, los cuales no cuenta con el recurso hídrico doméstico ni potable, que se encuentra en los barrios más vulnerables de la localidad 5 de Usme. Para esto se realizó la muestra de 80 habitantes, esta encuesta se ejecutará en los barrios de Sucre, Usme pueblo y la Vereda el Destino, la cual a cada persona se le realizaron las siguientes

preguntas que puedan dar un cumplimiento con los requerimientos solicitados, para cumplir con las expectativas de las diferentes poblaciones:

**Figura 3**

*Encuestas realizadas a la comunidad*

Preguntas	Respuestas de la 1° encuesta	Respuestas de la 2° encuesta	Respuestas de la 3° encuesta	Respuestas de la 4° encuesta
1. ¿Usted cuenta con agua potable?	Si	No	Pocas veces	Nunca
2. ¿Qué capacidad de almacenamiento de agua le gustaría que tuviera el purificador de aguas en litros?	Que contenga 1 litros	Que contenga 2 litros	Que contenga 3 litros	Una capacidad de 4 a 8 litros
3. ¿Cuántas personas conviven en su casa?	3	5	8	10 o Más de 10 personas
4. ¿Cuándo piensa en purificadores de agua, qué características busca?	Que el agua sea 100% potable. Que el agua no tenga ningún sabor ni olor.	Que sea fácil de instalar Que sea económico. Que los repuestos sean fáciles de encontrar.	Que purifique el agua. Que no ocupe tanto espacio.	Que sea útil. Que tenga buena capacidad. Que sea visualmente agradable. Que no sea demasiado grande.
5. ¿Para qué utiliza las aguas lluvias?	Consumo humano	Uso doméstico	Solo uso doméstico	Para las dos actividades

6. ¿Qué cantidad de agua consume en metros cúbicos?	Entre 10 a 22m <sup>3</sup>	Entre 22 a 44m <sup>3</sup>	Menos de 10m <sup>3</sup>	Más de 44m <sup>3</sup>
---	-----------------------------	-----------------------------	---------------------------	-------------------------

**Nota.** En esta figura se encuentran las diferentes preguntas que se realizaron en la encuesta para fabricación del biofiltro.

Después de realizar las encuestas se realizará una matriz QFD, La metodología QFD "Quality function deployment", es una metodología que consiste en buscar el enfoque de acuerdo con las especificaciones técnicas para concebir, diseñar o mejorar algún producto o servicio. También se conoce popularmente "como la voz del cliente" (debido a su filosofía de transmisión de requisitos) y también como "la casa de la calidad" (debido al aspecto de una de sus construcciones gráficas) (La Función Calidad, 2009)

## 2.5 Arquitectura

Para este sistema de arquitectura se busca que el prototipo cumpla con las diferentes especificaciones que se obtengan en las diferentes encuestas, es por esto por lo que se decide realizar un diagrama de procesos con el fin de cumplir con los requerimientos.

### 2.5.1 Diagrama de procesos

Los diagramas de proceso, son planes de los cuales se establece un método para el manejo de actividades futuras, también son guías de acción, en las que se detalla la manera exacta en que deben realizarse ciertas actividades.

Para este diagrama de procesos se decidió tomar criterios de diseño enfocados en un filtro de retención lenta, el cual según los parámetros fisicoquímicos que presenta el agua lluvia en estas zonas permite cumplir con lo necesario para plantearse, en la parte de construcción se terminan de definir los criterios, los cuales están estipulados en el título C del Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS (RAS, 2010), en donde se define que, para decidir qué sistema de filtración es el más eficaz se deben realizar estudios previos que indiquen la calidad en la que se encuentran estas aguas lluvias, es por esto por lo que se decide realizar un sistema de filtración lenta por diversas capas debido a que según las indicaciones del RAS se debe cumplir con estos dos parámetros uno de color de 20 UPC y otro de 15 UNT y para poder utilizar este sistema de tratamiento (RAS,2010).

### **2.5.2 Composición de los Filtros Lentos**

Los medios filtrantes lentos se componen de varias capas, para esto se utiliza arena la cual debe de estar exenta de arcilla libre de material orgánico, no contener más de un % de carbonato de calcio su medida efectiva debe de estar en 0,20m a 0,25 m, con un coeficiente de uniformidad entre 2 y 4. Y deberá adaptarse según las condiciones del filtro a utilizar se deberá asegurar el buen lavado de estas (RAS,2010).

La segunda capa está constituida por grava las piedras deben ser duras y redondeadas y debe estar libre de limo y arena y debe tener un peso específico de 2,5 (RAS,2010).

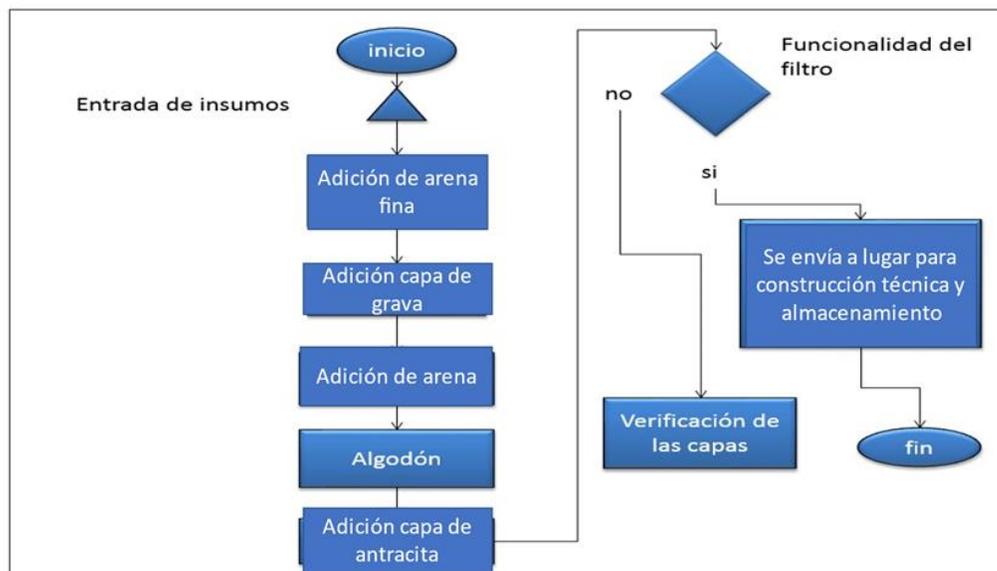
En su tercera capa se decide poner una capa de algodón con el fin de saber cuál es el comportamiento de las dos capas anteriores y si fueron distribuidas de forma correcta.

En su cuarta capa se coloca una capa de antracita la cual removerá los olores colores y sabores que tiene el agua cada una de estas capas será medida y acomodada según la requiera su tanque o lugar donde se colocará.

A continuación, se muestra el diagrama de procesos el cual ayuda a la optimización de recursos y el manejo de tiempo para la realización del biofiltro.

**Figura 4**

*Diagrama de proceso*



**Nota.** en esta imagen se describe las diferentes capas que llevará el filtro.

## 2.6 Toma de muestras

Se realizarán las muestras de aguas lluvias, en algunas de las casas seleccionadas en la muestra de la localidad de Usme, en las cuales se midieron inicialmente color, pH, temperatura, turbiedad, alcalinidad y conductividad con estas muestras se efectuarán pruebas en el diseño. En donde se pondrán las diferentes capas descritas en el diagrama de procesos, luego bajo la resolución 2115 de 2007, se realizó la toma de 6 muestras de aguas lluvias en las cuales se determinó que se tomaron 2 muestras de agua en el barrio Sucre, 2 en el sector de Usme Pueblo y otras 2 se tomaron en el sector del Destino, estas muestras se tomaron una vez se termine la finalización del prototipo, esto con el fin de identificar las diferentes características físico- químicas que permitan ver la efectividad y el cumplimiento del tratamiento del recurso hídrico, luego de pasar por las diferentes capas del biofiltro.

Se enviaron a uno de los laboratorios ubicados en la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, en la planta el dorado estos análisis fueron realizados por el analista Bairon Camargo en compañía de William Charles y mi persona, esto con el fin

de encontrar si el biofiltro cumple con los requerimientos solicitados según la normatividad legal vigente.

Las muestras son tomadas según los criterios estipulados por el manual para la toma, preservación y transporte de muestras de consumo humano el cual se basa en el artículo 27 del decreto 1575 de 2007, y la caracterización está basada en la normatividad de la norma resolución 2115 de 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

### **2.6.1 Parámetros por medir**

Para la medición de pH se utilizó un medidor de pH marca Hach posteriormente después de ser calibrado y verificar que la curva cumpla con lo estipulado en el manual de calibración de la empresa.

Para la determinación de color se utilizó un colorímetro en el cual se toma un color blanco se coloca el programa para ser posteriormente medida la muestra.

En la determinación de la conductividad, se utilizó un conductímetro, que cumpliera con lo establecido por el manual de muestreos de la empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá.

Para la determinación de turbiedad se utilizó un turbidímetro el cual es encargado de medir las partículas suspendidas que se encuentran presentes en el agua.

Para la alcalinidad se utilizó el método de titulación, cabe resaltar que cada una de las determinaciones nombradas anteriormente fueron determinadas en el laboratorio de la empresa se Acueducto y Alcantarillado de Bogotá cumpliendo con los manuales establecidos para la medición y verificación de los datos manejados allí.

## **2.7 Conclusión**

Para la construcción del prototipo se realizarán primero unos esquemas en Google SketchUp (Trimble, 2022), esto con el fin de identificar cuáles y cómo serán la forma de cada uno de los prototipos que se emplearán para esto se tendrán en cuenta todo lo estipulado en el RAS 2000, Para el diseño de los filtros gruesos dinámicos y filtros

gruesos ascendente véase el literal C.3.5.2.3. de este Título. Para el diseño del filtro lento de arena véase el literal C.7.5.2 de este mismo Título

## **2.8 Evolución**

En este punto, es donde se evalúa cómo va el funcionamiento de prototipo si cumplió con las expectativas y como es su desempeño, según los estudios realizados a lo largo de la gestión, construcción y los requerimientos es por eso que se emplearon diferentes pruebas análisis que permitieron ver el cumplimiento del prototipo sin embargo como aún no se han realizado las pruebas en los diferentes tanques si no solo en el tanque portátil de 5 litros se observara su evolución y rendimiento.

### 3. ANÁLISIS DEL PROYECTO

La identificación del problema donde se realiza el diagrama causa-efecto permitió entender cómo era el comportamiento de los diferentes factores que interferían y se podría convertir en posibles problemáticas para la creación del prototipo es por esto por lo que se decide realizar diferentes actividades que permitan cumplir con cada uno de los objetivos planteados, tras la gestión realizada, se establecieron encuestas (personas que conocen la falta de aguas doméstica).

En esta encuesta se obtuvieron diferentes resultados en donde se realizaron 80 encuestas los cuales permiten obtener una información reconfortante, para la creación y diseño del prototipo, también después de realizar la metodología QFD permitió obtener, mejores resultados de cómo y cuándo se podría realizar las diferentes pruebas y diseños.

Se pudo observar la disponibilidad u oferta del recurso puede ser favorable dado que en el área de estudio se encuentra identificada como una zona media de estrés hídrico. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).

Posteriormente se definió realizar un diagrama de procesos en donde se pudieron identificar las diferentes capas que llevaría el biofiltro en él se establecieron y se unieron conceptos según lo estipulado en el RAS (2010), también se tuvo en cuenta el manual que maneja el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (lineamientos para potencializar el uso de aguas lluvias), en donde se deberá hacer un análisis detallado de la oferta y la demanda de agua lluvia disponible en la zona, para esta identificación se puede utilizar un Pluviómetro en la zona para conocer la cantidad de agua lluvia disponible, gracias a este manual se conoce que entre los usos que tiene el recurso en zonas de evidente estrés hídrico solo el 3,6% de estas aguas son utilizadas como fuente de abastecimiento para consumo humano y el 70% de estas aguas son utilizadas en proyectos agrícolas, las condiciones que permiten su uso para consumo humano. Por lo cual deben tenerse en cuenta en el diseño de manera que el agua purificada cumpla con los parámetros de calidad establecidos en la norma para este uso. Esto con el fin de seguir recomendaciones que permitan establecer una planeación, diseño, construcción, operatividad y el manejo de los mantenimientos a realizar. Se adoptan los consejos del manual (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022) (lineamientos para

potencializar el uso de aguas lluvias) y teniendo en cuenta las condiciones que presenta el agua se deciden condiciones propias para instalar el biofiltro fabricado, por eso a lo largo del proyecto se muestra la capacidad para obtener y convertir un recurso natural en una fuente de abastecimiento para las personas más vulnerables, el cual muestra algunos conceptos y lineamientos para potenciar el manejo del agua lluvia según los criterios de normatividad y viendo los diferentes cambios que está teniendo la disponibilidad y calidad del recurso hídrico como consecuencia del cambio climático y la capacidad de recurso que almacenan los diferentes departamentos Colombia en donde se evidencia que la ciudad de Bogotá, gracias a la cercanía de sus páramos se presenta solo un estrés medio lo cual favorece el uso de las aguas lluvias ( Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).

### **3.1 Recomendaciones de diseño**

Para la elaboración del prototipo se deben tener en cuenta diferentes factores y variables, que se van teniendo a lo largo de la implementación del proyecto por eso lo primero que se realizó fue conocer los parámetros fisicoquímicos que se presentan en las aguas lluvias de la zona se aconseja que las turbiedades no superen las 0 a 15 UNT, y un color bajo que este alrededor de 20 UPC, se tiene en cuenta que este biofiltro se empleara para una familia promedio de 3 personas, las precipitaciones que caen en la zona, la oferta de agua lluvia, lo primero que se debe entender es la cantidad promedio de flujo agua que entraría por cada vivienda, para así mismo definir la composición y capacidad de los lechos filtrantes. A continuación, se nombran los criterios que se deben tomar en cuenta en el momento de ya empezar a realizar cada uno de los biofiltros según lo estipulado en título C del Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS (RAS, 2010):

- Velocidad de filtración: en esta etapa se deben hacer pruebas con el filtro y definir la velocidad y cantidad de agua que esta siendo tratada en el filtro.
- Altura del agua sobre el lecho: esta agua no debe superar el 0,80m.
- Velocidad de entrada: esta no debe superar 0,1 m/h
- Pérdida de carga: se debe mantener una pérdida de carga 0,10m y 1,0m.

Se recomienda que en el periodo de prueba se utilice día y noche el biofiltro para encontrar los diferentes resultados, realizar la medición de la velocidad filtrante, si se reduce su velocidad se debe lavar el filtro para mayor efectividad, cuando las arenas suban su espesor se recomienda que sea modificada, se recomienda lavar una vez cada 6 meses el biofiltro dependiendo de la periodicidad con la que se utilice, las medidas anteriormente nombradas serán diseñadas según lo requiera el biofiltro que se va a diseñar es por esto que se define realizar el biofiltro portátil con capacidad de 5 L esto con el fin de empezar a realizar las pruebas y determinar su funcionamiento, después de realizar la filtración se realizaron análisis fisicoquímicos al agua determinando la reducción de los parámetros fisicoquímicos frente, a las condiciones iniciales con las que llego el agua lluvia.

Pero para conocer la calidad de los parámetros, se realizó el muestreo según lo estipulado en la metodología, también se efectuó el análisis físico-químico de las aguas lluvias que se utilizarían en el proyecto es por esto que se tiene en cuenta estos tres barrios como lo son Vereda el Destino, Usme Pueblo y Sucre, por su falta de recurso potable, en donde se tomaron las 6 muestras y a cada una de ellas se le realizo la medición de los parámetros de pH, conductividad, turbiedad, alcalinidad y color, en donde se obtuvieron resultados muy buenos.

Con esos resultados obtenidos, permite entender el comportamiento que tienen las aguas lluvias en estos barrios seleccionados y se procede a realizar la arquitectura del biofiltro sin embargo el día que se realiza las diferentes encuestas se realiza una inspección de los diferentes tanques de almacenamiento y esto permite evidenciar la variedad que hay, por esto se decide realizar un biofiltro que pueda ser adaptable a cada tanque de almacenamiento con el fin de economizar recursos a cada una de estas familias que no cuentan con los recursos necesarios.

## 4. RESULTADOS

Una vez se realizaron las diferentes encuestas a los grupos seleccionados se encontraron los siguientes resultados:

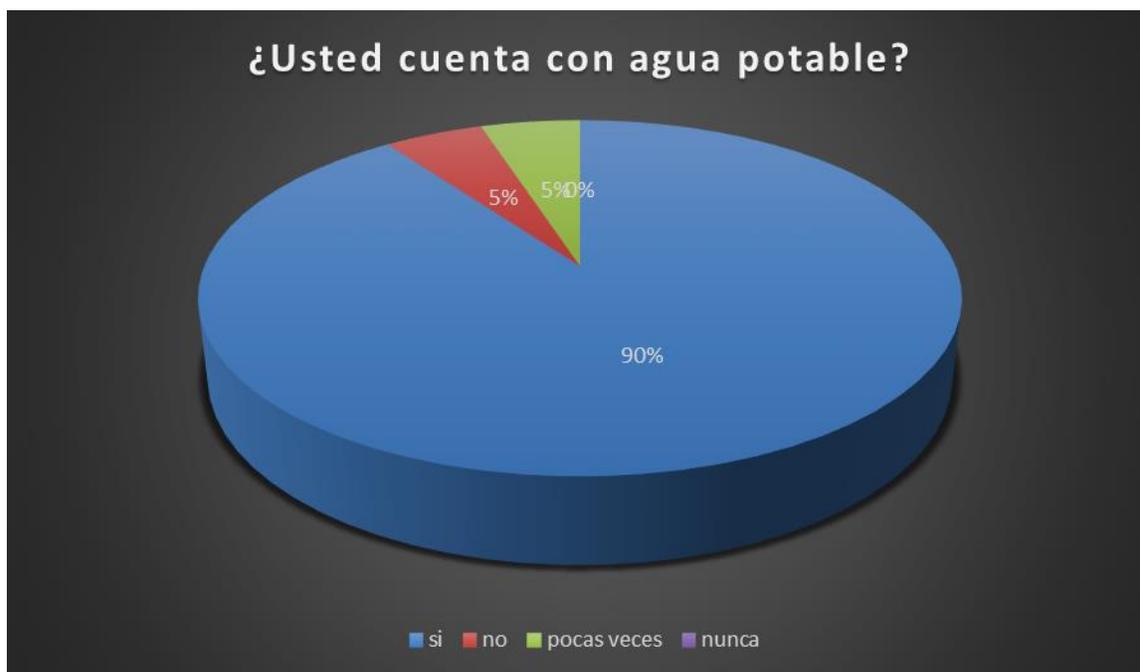
### 4.1 Encuesta

#### 4.1.1 Pregunta 1 ¿Usted cuenta con agua potable?

En la figura 5 se puede evidenciar como un 10% de la población ubicada en la Localidad de Usme, aún no cuenta con sistemas de tratamientos de agua potable, o tienen alguna intermitencia en el sistema que no les permite tener el recurso a diario.

**Figura 5**

*Acceso a agua potable*



**Nota.** Encuesta realizada en barrios del Destino, Sucre y Usme pueblo de la localidad de Usme.

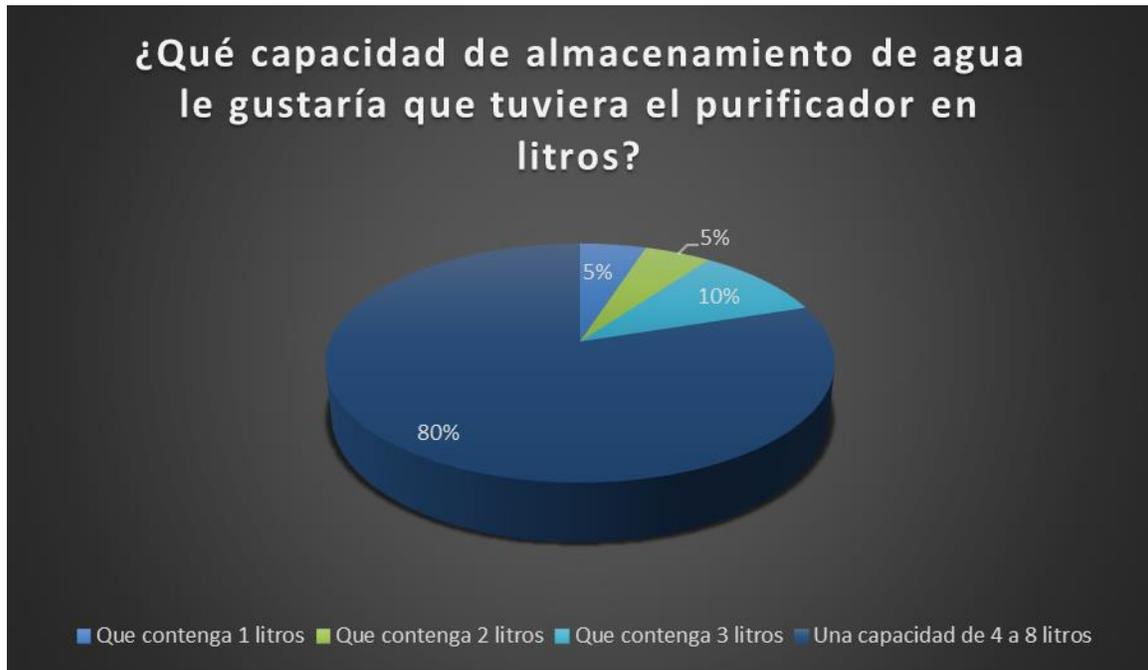
#### 4.1.2 Pregunta2 ¿Qué capacidad de almacenamiento de agua le gustaría que tuviera el purificador de aguas lluvia en litros?

En esta gráfica, se evidencia cómo la población rural del sector de Usme suele ser muy agradecida con el agua potable, por eso cuando se realiza la pregunta de qué capacidad

le gustaría que manejaran los biofiltros ellos dicen que manejen capacidades de 4 a 8 litros esto con el fin de obtener un recurso hídrico constante suficiente.

**Figura 6**

*Capacidad de almacenamiento*



**Nota.** Capacidad del filtro en almacenamiento del recurso.

#### **4.1.3 Pregunta 3 ¿Cuántas personas conviven con usted?**

En promedio las familias de Usme se constituyen de 5 integrantes como lo evidencia la figura 7, por eso se debe buscar un prototipo que cumpla con los mínimos vitales de agua para proporcionar a estas familias que son de 1,5 m<sup>3</sup> a 2,5m<sup>3</sup> por persona o 6 m<sup>3</sup> por familia (Senado,2023).

## Figura 7

### Convivencia de familias



**Nota.** Promedio de familias por casas encuestadas

#### 4.1.4 Pregunta 4 ¿Para qué utiliza las aguas lluvias?

En promedio las familias del sector de Usme no saben el uso adecuado y el beneficio que obtendrán recolectando las aguas lluvias, el 70% de los usuarios tomados en la muestra evidenció que esas aguas no les interesa o no las utilizan debido a que no le ven una gran importancia.

**Figura 8**

*Manejo de aguas lluvias*



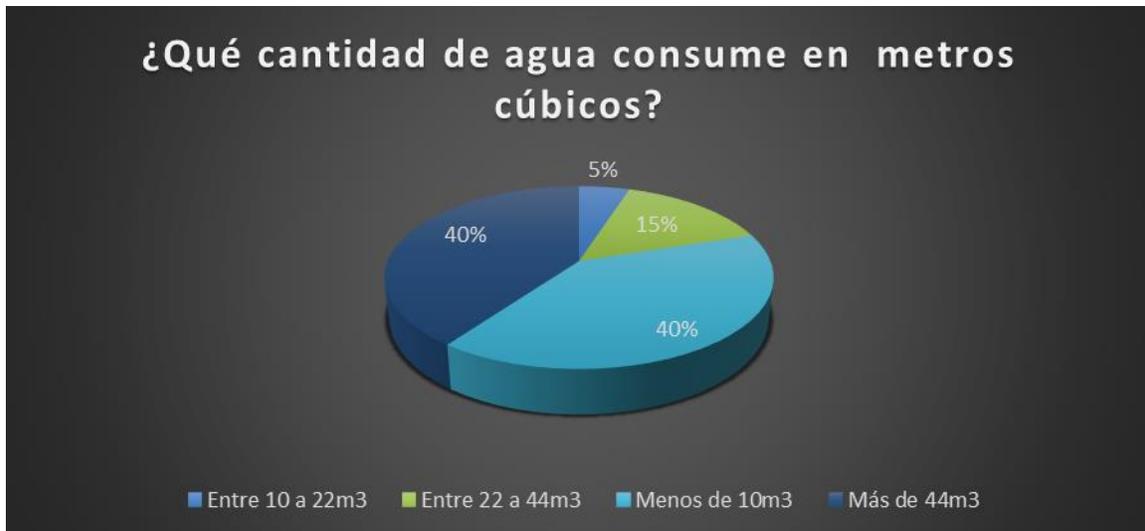
**Nota.** Utilización de aguas lluvias.

**4.1.5 Pregunta 5: ¿Qué cantidad de agua consume en metros cúbicos?**

El consumo de agua potable es muy importante en la localidad, evidenciando que casi un 40% de la población seleccionada utiliza más de 44 m<sup>3</sup> de agua, se evidencia un consumo alto el cual nos muestra beneficios que tendría reutilizar las aguas lluvias.

## Figura 9

### Consumo de agua



**Nota.** Cantidad de recurso hídrico que utilizan, según su conocimiento

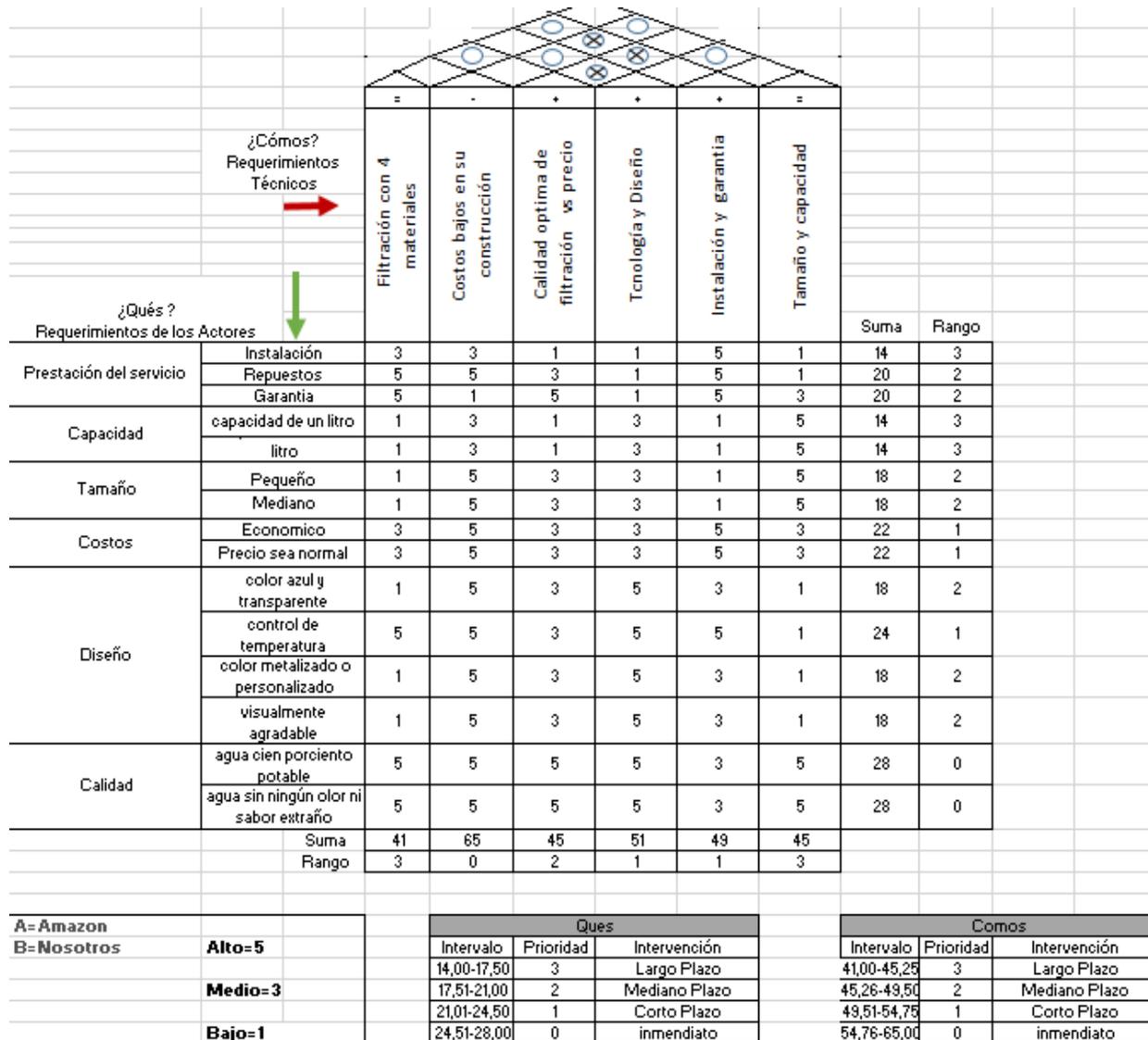
#### 4.2 QFD "Quality function deployment"

En este caso, se tomaron los requerimientos de los clientes vs los requerimientos técnicos para determinar un plazo en la construcción del proyecto.

Esto se hace después de realizar la encuesta y se determinan, como es el diseño, la capacidad, el tamaño, la calidad del recurso y la prestación del servicio.

**Figura 10**

*QFD (Quality function deployment)*



**Nota.** En esta figura 10 se muestra cómo se determinó la metodología para dar los requerimientos y tiempos del Proyecto, Obteniendo como resultado calidad del producto en los requerimientos del cliente y bajos costos en la construcción en los requerimientos técnicos como plazo inmediato.

### 4.3 Diseño arquitectónico

Los diseños se destacan por ser creados para cada tipo de envase, mejorando las condiciones de las aguas lluvias y dan una mejor perspectiva de diseño, esto depende de los diferentes tanques de almacenamiento. Por ejemplo, para un tanque de 5 galones

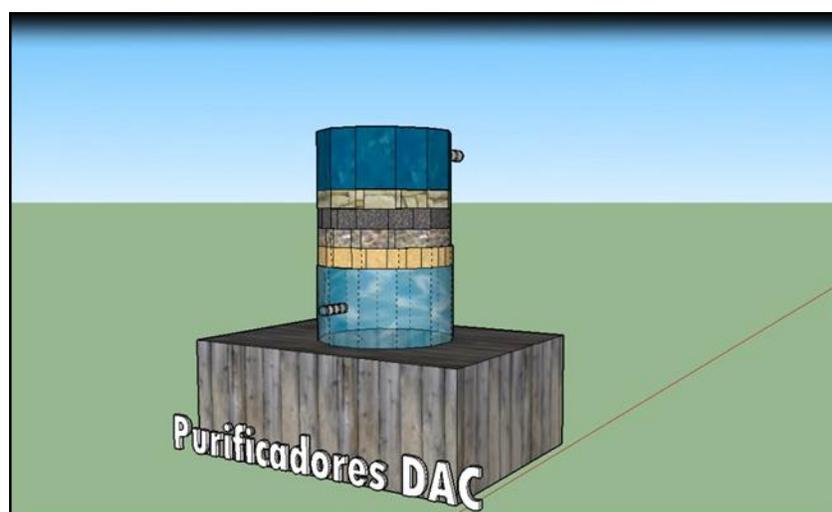
las medidas aproximadas son de 11,16 cm x 10,20 cm x 14,25cm" (largo \*Ancho\*Alto) entonces el biofiltro ocuparía con todas sus capas 11,16 cm x 10,20 cm x 7,10cm, y esto dependerá del tanque de almacenamiento.

- Prototipo de Biofiltro

El diseño del prototipo se muestra en la figura numero 11 es el prototipo genérico un prototipo que permitirá montarse en una gran variedad de lugares de almacenamiento, es porque en muchos lugares donde se realizaron las encuestas se evidenció que todos contaban con este mismo tanque de almacenamiento para aguas.

### Figura 11

*Prototipo del filtro*



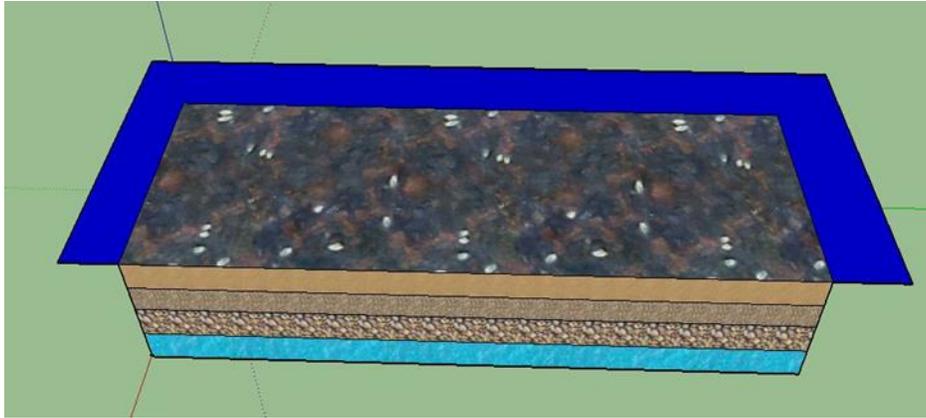
**Nota.** En la figura 11 se encuentra el prototipo genérico del filtro.

- Filtro para albercas.

Este filtro fue diseñado con el fin de dar a conocer que se pueden crear variedad de filtros que permitan garantizar un adecuado tratamiento dando cumplimiento a lo establecido en la normatividad vigente

## Figura 12

### *Filtro para albercas*



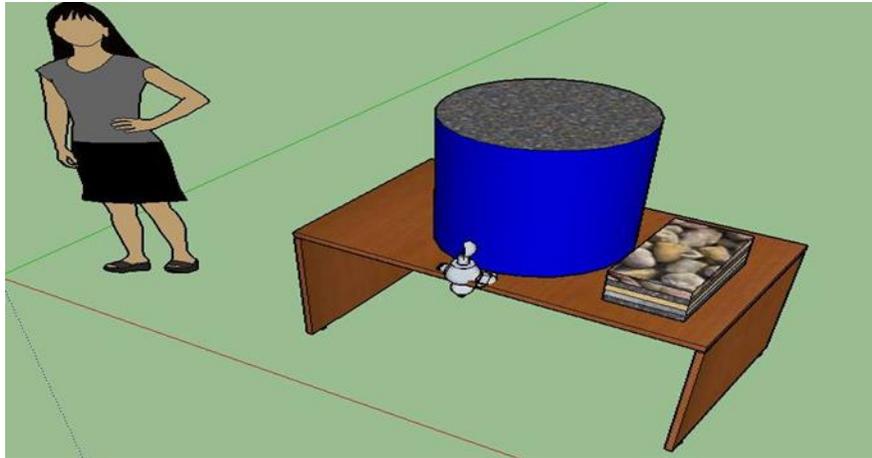
**Nota.** En la figura 12 se muestra el filtro para albercas cuadradas con sus diferentes capas

- Filtro para envase de 5 litros

Este filtro se diseña con el fin de mostrar un filtro portátil en el cual si la persona recolecta el agua en algún envase lo puede adicionar por la parte de encima y este pasara todo el sistema de filtrado entregando el recurso en muy buenas condiciones este se diseña con el fin de entender que en los diferentes barrios aún hay personas que no cuentan ni con un tanque para almacenar el recurso hídrico.

**Figura 13**

*Filtro bidón 5 Litros*



**Nota.** Figura 13 muestra el biofiltro para un Bidón de 5 litros

#### **4.4 Toma de muestras**

Luego de realizar las diferentes encuestas, se realizaron la toma de 6 muestras de aguas lluvias en las cuales se determinó que se tomarían 2 muestras de agua en el barrio Sucre, 2 en el sector de Usme Pueblo y otras 2 se tomaron en el sector del Destino, esta toma de muestras y análisis físico químico fueron tomadas el día 10 de octubre del 2022 y se tomaron diferentes características físico- químicas que permitan ver la efectividad y el cumplimiento del tratamiento del recurso hídrico, luego de pasar por las diferentes capas del biofiltro.

En el Análisis Físicoquímico agua lluvia, se evidencian los diferentes resultados tomados estos análisis físicoquímicos se determinan en el laboratorio de la planta el Dorado, perteneciente a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

##### **4.4.1 Análisis físicoquímico agua lluvia antes de entrar al filtro**

A continuación, en la tabla 1 se muestran los diferentes datos analizados en los laboratorios de tratamiento de agua potable de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá.

En él se emplearon diferentes métodos de análisis.

**Tabla 1***Resultados de Análisis Aguas Lluvias*

Antes del Filtro						Barrio	Muestra
Muestra	pH	Color mg/L	Conductividad mhos/cm	Turbiedad NTU	Alcalinidad mg/L		
1	5,20	15	35	6	4	Sucre	1 y 2
2	5,10	16	40	7	5	Usme Pueblo	3 y 4
3	5,50	20	55	5,10	3	Destino	5 y 6
4	5,60	21	57	5,25	3		
5	6,10	14	62	6,20	5		
6	6,20	12	64	6,28	5		

**Nota.** En la tabla número 1

, muestra los parámetros físicos analizados de las diferentes muestras de agua antes de entrar al biofiltro.

#### **4.4.2 Análisis fisicoquímicos, de muestras realizados en el laboratorio del Acueducto después de pasar por el filtro**

Después de conocer las características fisicoquímicas iniciales del agua lluvia se pudo obtener como resultado, que el biofiltro que se aplicaría para realizar las diferentes pruebas es el biofiltro que se utiliza para los 5 litros (figura 13) se elige este prototipo debido a su capacidad para ser transportado, manejado y que permitía ser llevado son necesidad de un tanque de almacenamiento, esto con el fin de ver su comportamiento y realizar las pruebas. Después de conocer los resultados se empezaría a realizar pruebas en los otros filtros.

Según los análisis realizados en la tabla 2, se puede identificar que el agua puede llegar a ser potable si se adiciona un desinfectante y cumple con lo estipulado en la norma 2115 del 2007. Sin embargo, como aún no se encuentra la presencia de dicho desinfectante, esta agua puede ser perfectamente utilizada en los diferentes quehaceres del hogar o también podría ser utilizada en las actividades de riego.

**Tabla 2**

*Resultado aguas después del filtro*

<b>Identificación del agua después del filtro. (purificada)</b>					
<b>Muestra</b>	<b>PH</b>	<b>Color</b>	<b>Conductividad</b>	<b>Turbiedad</b>	<b>Alcalinidad</b>
1	5,20	6	59	0.89	4
2	5,10	6	52	1,4	5
3	5,50	6	55	0.92	5
4	5,60	5	53	1,2	6
5	6,10	5	57	1,8	6
6	6,20	5	56	1,7	6

**Nota.** En la tabla número 2, muestra los parámetros físicos analizados de las diferentes muestras de agua después de entrar al biofiltro.

## 5. CONCLUSIONES

Se puede afirmar que el uso de biofiltro puede mejorar en gran medida la calidad de vida de las poblaciones afectadas, en el prototipo realizado se evidenció que las condiciones del agua lluvia cuando pasa por el biofiltro mejoraron de forma favorable según los criterios de calidad establecidos en la resolución 2115 del 2007, esto permite mejorar las condiciones físico-químicas que presenta el agua lluvia, para poder ser utilizada en las diferentes actividades rutinarias reduciendo los riesgos a la salud de las personas por su alto grado de retención de contaminantes presentes en el agua lluvia.

En resultados específicos se evidenció que:

El desarrollo del sistema de purificación de agua para el uso doméstico. Fue viable para la comunidad por la eficiencia y la innovación de la idea que ayuda a reducir el impacto negativo hacia las diferentes fuentes hídricas.

Se identificaron los elementos necesarios que se deben tener en cuenta para la realización del sistema de purificación, con los parámetros fisicoquímicos establecidos, es por esto por lo que se realizaron análisis fisicoquímicos que ayudaron a evidenciar los requerimientos necesarios y se dan a conocer las nuevas características con las que debe salir el agua, después de salir del biofiltro.

Se estableció los requerimientos técnicos del sistema de acuerdo con las necesidades del usuario, confirmando con lo que el consumidor requiere con la realización de encuestas.

Se propone el prototipo del purificador de aguas lluvias de acuerdo con los requerimientos identificados en etapas anteriores a la filtración, cumpliendo con los parámetros de calidad de agua.

Se evidencia que el agua que pasa por los filtros puede llegar a ser potable, sin embargo, al no tener la presencia de un desinfectante no puede catalogarse como tal, pero sus condiciones son óptimas para ser utilizada en actividades del hogar o actividades agrícolas

## BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, E. A. (2019). *Modelo cinético para la degradación de contaminantes emergentes (antibióticos) presentes en un agua residual, bajo un sistema de tratamiento secuencial vermifiltración –tecnologías de oxidación avanzada*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76818>
- Altalyan, H. N., Jones, B., Bradd, J., Nghiem, L. D., & Alyazichi, Y. M. (2016). Removal of volatile organic compounds (VOCs) from groundwater by reverse osmosis and nanofiltration. *Journal of Water Process Engineering*, 9, 9–21. <https://doi.org/10.1016/J.JWPE.2015.11.010>
- Amunic, H. (2010). *BIOFILTROS DOMICILIARES Filtros biológicos para la remoción de nutrientes de aguas grises Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología Vice Presidencia de la República de Nicaragua*. <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Biofiltros-Domiciliares.pdf>
- Brignoli, D. (2016). *Estudio de la calidad del agua de lluvia, para el consumo humano y productivo en Los Talas, partido de Berisso*.
- Cawst. (2012). *CAWST 2012a. Manual construcción filtro bioarena*. [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/CAWST%202012a.%20Manual%20construcci%C3%B3n%20filtro%20bioarena.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CAWST%202012a.%20Manual%20construcci%C3%B3n%20filtro%20bioarena.pdf)
- Consejo Colombiano de seguridad. (2021). *Antes de los 2030 miles de millones de personas se quedarán sin acceso a servicios de agua potable - ccs.org.co*. <https://ccs.org.co/antes-del-2030-miles-de-millones-de-personas-se-quedaran-sin-acceso-a-servicios-de-agua-potable/>
- De Políticas, V., Ambiental, N., Técnico, D., & Soporte, D. E. (2022). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Lineamientos para potencializar el Uso del agua lluvia*.
- Duran Juárez, J. M., & Torres Rodríguez, A. (2006). Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media. *Espiral (Guadalajara)*, 12(36), 129–162.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-05652006000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-05652006000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

- Estrada, J. M., Kraakman, N. J. R. B., Muñoz, R., & Lebrero, R. (2011). A comparative analysis of odour treatment technologies in wastewater treatment plants. *Environmental Science and Technology*, 45(3), 1100–1106. <https://doi.org/10.1021/ES103478J>
- Forero, F., Vela, D., Brito, P., Hernández, M., Acevedo, P., & Cabeza, I. (2003). *La biofiltración como alternativa para la eliminación de olores ofensivos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales*.
- Galindo, A., Toncel, E., Rincón, N., Galindo, A., Toncel, E., & Rincón, N. (2016). Evaluación de un filtro biológico como unidad de post-tratamiento de aguas residuales utilizando conchas marinas como material de soporte. *Revista ION*, 29(2), 39–50. <https://doi.org/10.18273/REVISION.V29N2-2016003>
- Grisés, A., El, E. N., Cristian, H., Espinal, M., David, V., Acosta, O., David, J., García, R., Tecnológica, U., Pereira, D. E., & De, F. (2014). *Construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas residuales*.
- Hernández Avilés, D. M., & Chaparro, T. (2020). Tratamiento de agua lluvia con fines de consumo humano. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 30(2), 97–107. <https://doi.org/10.18359/rcin.4409>
- Hernández, D., & Chaparro, T. (2020). Tratamiento de agua lluvia con fines de consumo humano. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 30(2), 97–107. <https://doi.org/10.18359/RCIN.4409>
- Iranpour, R., Cox, H. H. J., Deshusses, M. A., & Schroeder, E. D. (2005). Literature review of air pollution control biofilters and biotrickling filters for odor and volatile organic compound removal. *Environmental Progress*, 24(3), 254–267. <https://doi.org/10.1002/EP.10077>
- Ivan Ricardo Avila Bareño Mario Arturo Moreno Figueroa. (2016). ante Proyecto seminario filtro arena última entrega junio 11. *Iván Ricardo Ávila Bareño*.

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10401/ANTEPROYECTO%20SEMINARIO%20FILTRO%20ARENA%20ULTIMA%20%20ENTREGA%20JUNIO%202011.pdf?sequence=1>

Janet Gil, M., María Soto, A., Iván Usma, J., & Darío Gutiérrez, O. (2012). *Emerging contaminants in waters: effects and possible treatments Contaminantes emergentes em águas, efeitos e possíveis tratamentos* (Vol. 7, Issue 2).

La Función Calidad, despliegue de, clase Profesor, A. DE, & Ruiz-Falcó Rojas Madrid, A. (2009). *Despliegue de la función calidad (QFD) Módulo 8*.

Leson, G., & Winer, A. M. (1991). Biofiltration: An innovative air pollution control technology for voc emissions. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 41(8), 1045–1054. <https://doi.org/10.1080/10473289.1991.10466898>

Localidad de Usme. (2009). Diagnóstico local de salud con participación social 2009-2010. *diagnóstico local de salud con participación social*.

Nava Tovar, G., & Instituto Nacional de Salud Bogotá. (2011). *Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo para análisis de laboratorio artículo 27 del decreto 1575 de 2007*.

Observatorio ambiental de Bogotá. (2021). *Información ambiental de la localidad de Usme*. <https://oab.ambientebogota.gov.co/localidades/usme/>

Palacios, N., & Sequeira. Magda. (2002). *Impacto de Filtros Caseros y Cloro en Jinotega*.

Ramírez, L., & Ospina, D. (2021, August 21). *Revisión conceptual de medios filtrantes para el proceso de filtración del recurso hídrico - hdl:11349/29288*. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/29288>

Rene, E. R., Veiga, M. C., & Kennes, C. (2013). Biofilters. *Air Pollution Prevention and Control: Bioreactors and Bioenergy*, 57–119. <https://doi.org/10.1002/9781118523360.CH4>

Rodríguez, D. M., Universidad, P., Facultad De Administración, E. A. N., Ciencias, Y., & Programa De Administración De Empresas Bogotá, E. (2012). *Plan de negocio*

*para la creación de una empresa purificadora y envasadora de agua Daliana María Acosta Iguaran.*

Romero, L. (2014). *proyecto de grado, diseño de un sistema de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales que llegan de manera directa al humedal Neuta en el municipio de Soacha.*

Ruiz, Á. *La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua* (Vol. 1, Issue 2).

Secretaría de salud. (2009). *La salud y la calidad de vida.* 1–24.

Senado. (2023). *Población vulnerable tendría mínimo vital de agua potable.*  
<https://www.senado.gov.co/index.php/el-senado/noticias/4458-poblacion-vulnerable-tendria-minimo-vital-de-agua-potable>

SYNERTECH. (2022). *Tratamiento de Aguas - Syner Tech SAS.*  
<https://www.nyfdecolombia.com/>

Título C, Bogotá D C, & De, N. (2000). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico ras-2000 sección ii.*

Título C, Bogota D C, & De, N. (2010). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico ras-2010 sección ii.*

Trimble. (2022). *Software de diseño 3D | Modelado 3D en la web | SketchUp.*  
<https://www.sketchup.com/es>

Unesco. (2015). *Abordar la escasez y la calidad del agua.*  
<https://es.unesco.org/themes/garantizar-suministro-agua/hidrologia/escasez-calidad>