

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO POTABILIZADOR PARA
TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN LA
VEREDA GUACANÁ DEL MUNICIPIO DE TOCAIMA –CUNDINAMARCA, CON
BASE A LA CARACTERIZACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y
MICROBIOLÓGICAS.

DUBAN STIVEN VERA PEREZ
OSCAR JULIAN CASTAÑEDA PADUA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT – CUNDINAMARCA
2021

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO POTABILIZADOR PARA
TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN LA
VEREDA GUACANÁ DEL MUNICIPIO DE TOCAIMA –CUNDINAMARCA, CON
BASE A LA CARACTERIZACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y
MICROBIOLÓGICAS.

DUBAN STIVEN VERA PEREZ
OSCAR JULIAN CASTAÑEDA PADUA

Trabajo de grado presentado para obtener el título de
INGENIEROS CIVILES

Ing. Jesús Flaminio Ospitia Prada
Asesor

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT – CUNDINAMARCA
2021

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedicamos principalmente a Dios, por darnos la sabiduría y la gracia para el desarrollo de este proyecto y durante todo nuestro paso por nuestra carrera.

A nuestras familias ya que han sido el principal apoyo para lograr este valioso objetivo en nuestras vidas, y sobre todo por confiar en nuestras capacidades brindándonos enseñanzas y fortaleciendo las ganas que tenemos para salir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos inicialmente a Dios por las virtudes que nos ha dado para dar este gran paso, y a nuestras familias por ser el principal motor para poder lograr este objetivo tan importante en nuestras vidas.

Al ingeniero civil Jesús Flaminio Espitia, por brindarnos sus conocimientos para el desarrollo de este proyecto, por su tiempo y dedicación para con nosotros, teniendo toda la disposición al momento de requerirlo guiándonos con recomendaciones y aportes, los cuales fueron de suma importante para el desarrollo de este proyecto. Así mismo a la ingeniera ambiental Maira Alexandra Clavijo, por el acompañamiento en los distintos procesos que se utilizaron para el desarrollo de este proyecto.

Al señor alcalde del municipio de Tocaima – Cundinamarca Dr. Julian Rodrigo Mora Pineda, por brindarnos el apoyo económico para la ejecución de este proyecto y la disposición de recurso humano para el mismo.

Finalmente, a todos nuestros docentes y amigos que hicieron parte de todo este proceso que finaliza con la obtención de tan anhelado título como Ingenieros Civiles, brindando todos sus conocimientos en cada una de sus áreas y campos. A todos ellos ¡¡¡MUCHAS GRACIAS!!! y éxitos en sus vidas profesionales.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	11
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	13
2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
3. JUSTIFICACIÓN.	15
4. OBJETIVOS.	17
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
5. MARCO REFERENCIAL.	18
5.1. MARCO DE ANTECEDENTES.....	18
5.2. MARCO TEÓRICO.....	21
5.2.1. Agua.....	21
5.2.2. Calidad del agua	21
5.2.3. Directrices para la verificación.....	21
5.2.4. Plantas de potabilización.....	23
5.2.5. Filtración lenta de arena.....	23
5.2.6. Filtros de carbón activado.	24
5.2.7. Potabilización del agua.	24
5.2.8. Análisis que se realizan al agua para medir su calidad.	26
5.2.9. Filtros	26
5.2.10. Filtración lenta y rápida.....	27
5.2.11. Diseño de estaciones de cloración.....	27
5.2.12. Capacidad de las estaciones de cloración.	27
5.2.13. Punto de aplicación del cloro.	28
5.2.14. Filtración convencional.....	29
5.2.15. Desinfección con luz ultravioleta.....	30
5.3. MARCO CONCEPTUAL.....	32
5.4. MARCO LEGAL.....	34
5.5. MARCO GEOGRAFICO	44
5.6. MARCO INSTITUCIONAL.	46
5.6.1. Institución Educativa Departamental Hernán Venegas Carrillo.....	46

5.6.2. Universidad Piloto de Colombia (Seccional del Alto Magdalena).....	46
6. DELIMITACIÓN.....	49
7. DISEÑO METODOLOGICO.....	50
8. RECURSOS.....	53
8.1. HUMANO.....	53
8.2. MATERIAL.....	53
9. DESARROLLO PROPUESTA.....	56
10. CONCLUSIONES.....	75
11. RECOMENDACIONES.....	76
12. REFERENCIAS – BIBLIOGRAFÍA.....	77
13. ANEXOS.....	83

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características Métodos de Potabilización del Agua	25
Tabla 2. Características de filtración convencional RAS	29
Tabla 3. Rangos de tasa de filtración lenta en múltiples etapas (FIME) RAS	30
Tabla 4. Marco Legal	34
Tabla 5. Recurso humano.....	53
Tabla 6. Recursos materiales	53

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: ubicación del departamento de Cundinamarca	44
Ilustración 2: ubicación de Tocaima	45
Ilustración 3. Recipientes para toma de muestras.....	56
Ilustración 4. Toma de muestra para análisis físico y químico.	57
Ilustración 5. Muestra tomada.....	57
Ilustración 6. Toma de muestra características microbiológicas.....	58
Ilustración 7. Muestra tomada análisis microbiológicos.....	58
Ilustración 8. Almacenaje muestras.	59
Ilustración 9. Resultados análisis de laboratorio iniciales.....	60
Ilustración 10. Diseño acometida sistema de tratamiento.	61
Ilustración 11. Diseño filtro.....	62
Ilustración 12. Apertura orificios caneca de 55 galones	63
Ilustración 13. Instalación flanches.	64
Ilustración 14. Red de recolección y apertura de agujeros.....	64
Ilustración 15. Red de alimentación filtro.	65
Ilustración 16. Montaje redes filtro.	65
Ilustración 17. Lavado del material granular.....	66
Ilustración 18. Primera capa filtro.....	66
Ilustración 19. Extendida segunda capa filtro.....	67
Ilustración 20. Extendida capas de arena fina.....	67
Ilustración 21. Última capa de arena amarilla.	68
Ilustración 22. Filtro finalizado.....	68
Ilustración 23. Zona de desinfección.....	69
Ilustración 24. Toma de muestra final análisis físico y químico.	70
Ilustración 25. Muestra tomada.....	71
Ilustración 26. Toma de muestra final análisis microbiológico.....	71
Ilustración 27. Muestra tomada.....	72
Ilustración 28. Resultados análisis de laboratorio finales.	72
Ilustración 29. Presupuesto de obra.	73
Ilustración 30. Localización zona a intervenir.....	74
Ilustración 31. Georreferenciación.	74

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Visita de campo.	83
Anexo 2. Visita de campo.	83
Anexo 3. Agua cruda.	84
Anexo 4. Toma de muestras.	84
Anexo 5. Zona de trabajo.	85
Anexo 6. Montaje filtro (red inferior).	85
Anexo 7. Armado red inferior.	86
Anexo 8. Apertura orificios filtro.	86
Anexo 9. Capas de material granular filtro.	87
Anexo 10. Zona de desinfección.	87
Anexo 11. Zona de desinfección UV.	88
Anexo 12. Redes de alimentación.	88
Anexo 13. Salida filtro a zona de desinfección.	89
Anexo 14. Red de transporte final.	89
Anexo 15. Entrada tanque de almacenamiento agua potable.	90
Anexo 16. Resultados de laboratorio iniciales.	91
Anexo 17. Carta entrega resultados de laboratorio.	92
Anexo 18. Resultados de laboratorio segunda toma.	93
Anexo 19. Manual de uso prototipo.	94
Anexo 20. Documento expedido por la secretaría de educación.	95
Anexo 21. Documento expedido por la institución educativa.	96

1. INTRODUCCION.

Según (Manzanas, 2019) El agua envuelve un 71% de la superficie del planeta tierra, el agua de nuestro planeta se encuentra distribuida en los océanos, ríos y en el suelo. Tan solo el 3.5% del agua que tiene nuestro planeta es agua dulce y la mayor parte de este porcentaje se encuentra congelada; se puede considerar como fuente de vida ya que posee propiedades que son esenciales para todos los organismos vivos.

La vida humana depende del consumo del agua y para ello todas las personas deberían tener acceso a un servicio de agua potable. No obstante, vemos como la gran mayoría de poblaciones situadas en las partes rurales del municipio no poseen de este servicio, lo cual les proporciona malos hábitos y problemas de salud.

Teniendo en cuenta el grado de importancia del recurso hídrico y agua potable para el ser humano, es necesario conocer las condiciones físicas químicas y microbiológicas del recurso hídrico que están consumiendo, así podemos evitar malos hábitos y problemas de salud al momento de ser consumida, pero esta problemática nace de la carencia de acueductos de suministro de agua potable. Como es el caso de la población de la vereda Guacana del municipio de Tocaima Cundinamarca, quienes no cuentan con ningún acueducto que les pueda suministrar este servicio lo cual les da como única opción la recolección de aguas lluvias y hacer uso de ellas para el consumo humano.

La vereda Guacana cuenta con nueve familias y una sede educativa que no tienen este servicio de agua potable, en la siguiente investigación se llevara a cabo

la caracterización para determinar la calidad del agua que están consumiendo en la vereda Guacana, con el fin de determinar el tratamiento de agua más adecuado y que cumpla con los parámetros de la resolución 2115 de 2007 y llevar a cabo el diseño de un prototipo potabilizador e implementarlo.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

“Según la organización mundial de la salud el agua es esencial y todas las personas deben disponer de un suministro (suficiente, inocuo y accesible) y que acceder a un agua potable puede traer grandes beneficios para la salud. (OMS, 2006)” “Por ello en Colombia la constitución política establece por medio del artículo 366 que el estado debe asegurar el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población; dando solución a las necesidades básicas insatisfechas, entre las que se encuentra el acceso al servicio de agua potable. (Asamblea Nacional Constituyente , 1991)” más aun “siendo este líquido tan fundamental para la vida humana; En promedio una persona debe consumir entre 1.5 y 2 litros del líquido al día dependiendo del peso, de lo contrario se pueden presentar problemas de salud. Por ello el servicio de acueducto no solo debe tener una cobertura mundial, sino que debe ser continuo. (Procuraduría General de la Nación; UNICEF NACIONES UNIDAS , 2007).” Las zonas rurales del país son las más afectadas en cuanto al cumplimiento de dicho artículo, debido a diferentes factores económicos y geográficos que dificultan ampliar la cobertura de los acueductos municipales o implementar acueductos veredales.

“En las zonas rurales y en los municipios más pobres, enfrentan el riesgo de contraer enfermedades como la diarrea y el cólera que en muchos casos puede llegar hacer mortal. (Procuraduría General de la Nación; UNICEF NACIONES UNIDAS , 2007).” Como se expuso anteriormente “De acuerdo a esto podemos establecer que la escasez del recurso, la dificultad de acceder al mismo y la mala calidad van de la mano de la pobreza y las enfermedades (UNICEF, COSUDE; SODIS , 2003).” “Según un informe presentado por la Defensoría del Pueblo, basado en registros del IDEAM y las secretarías de salud, 21 millones de colombianos viven en lugares que tienen dificultades para mantener una disponibilidad apropiada de agua y del 56% de la población rural que cuenta con

algún tipo de abastecimiento de agua, solo el 6% consume agua a la cual se le realiza el tratamiento de desinfección. (Martinez, 2015).” “En Colombia varios municipios se ven afectados por falta de agua en las épocas de verano, pero aún más las zonas rurales, siendo estas las más vulnerables, por ello las poblaciones de dichas comunidades aprovechan las épocas de invierno para recolectar la mayor cantidad de agua posible para no sentirse afectados en las épocas de sequía, dicha agua es almacenada en tanques y es utilizada para consumo humano; en algunos casos las personas utilizan métodos convencionales para eliminar las cargas contaminantes que contiene dicha agua para posteriormente consumirla, pero dichos métodos no eliminan del todo los contaminantes. Por ello nace la idea de este proyecto el cual es el diseño e implementación de un prototipo potabilizador que cumpla con los parámetros de calidad establecidos en la resolución 2115 de 2007 y el decreto 1575 de 2007, por medio de los cuales se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para el consumo humano. (Ministerio De Protección Social, 2007).” “Igualmente dicho proyecto buscar brindar una solución práctica y confiable para las comunidades que utilizan el agua lluvia para consumo humano, logrando protegerlas de enfermedades de origen hídrico y asegurándoles un agua de mejor calidad lo cual hace referencia al conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua (Ministerio de Desarrollo Económico , 2000).” Finalmente el proyecto se implementará en la Institución Educativa Departamental Hernán Venegas Carrillo sede Guacaná de la vereda Guacana del municipio de Tocaima – Cundinamarca la cual no cuenta con servicio de acueducto y hacen uso del agua de lluvia para consumo humano, para ellos se realizará una caracterización del agua que consume la población actualmente, con ello se logrará identificar la carga contaminante que posee dicha agua y posterior a esto buscar los métodos correspondientes para eliminarlos del agua y esta se pueda ser consumida con confianza por la población de la vereda, logrando así mejorar su calidad de vida y protegiéndolos de enfermedades.

3. JUSTIFICACIÓN.

De acuerdo a la ubicación geográfica de las zonas rurales en los municipios se ha logrado identificar su difícil acceso a diferentes servicios “Las zonas rurales son las más afectadas en cuanto a la accesibilidad, suministro y calidad del agua, ya que algunas comunidades no cuentan con fuentes de abastecimiento o acueductos veredales y las que tiene acceso el agua dicho liquido no cumple algunas veces con los parámetros que se establecen en la resolución 2115 de 2007 para poder utilizarse para consumo humano, la gestión de este líquido depende en gran parte de la participación de la misma comunidad en la administración y en el uso del recurso. (Delgado, Trujillo, & Torres, 2017)” Por otra parte el municipio de Tocaima cuenta con 37 veredas de las cuales 17 cuentan con servicio de acueducto, algunas con cobertura del acueducto municipal y otras con su propio acueducto veredal; 5 cuentan con acueductos artesanales y las otras 15 veredas no cuenta con ningún tipo estructura o método de tratamiento. (Alcaldía de Tocaima , 2019) La vereda Guacana es una de las veredas que se encuentran alejadas del casco urbano del municipio y presenta una altitud elevada, lo cual hace que se dificulte la ampliación de la cobertura del acueducto municipal y debido a que no cuenta con ninguna fuente de abastecimiento se hace imposible la implementación de un acueducto veredal, en épocas de sequía la alcaldía del municipio implementa la llevada de carro tanques con agua para suplir las necesidades de la población de la vereda, pero en el resto del año la población de la zona de estudio acude a la recolección y aprovechamiento del agua de lluvia, para utilizarla tanto para consumo humano, como para uso doméstico. Algunas personas utilizan métodos convencionales como hervir el agua o aplicarle pastillas de cloro para posteriormente consumirla, pero dichos métodos no eliminan del todo la carga contaminante que posee el agua, exponiéndose con esto a adquirir una enfermedad hidro-transmisible y poniendo en riesgo su vida ya que algunas veces dichas enfermedades pueden llegar hacer mortales, se estima que en el mundo el 4% de las muertes están relacionadas con la calidad del agua, higiene y saneamiento. (Rodriguez, Garcia, & Garcia, 2016) por

ello nace este proyecto el cual busca realizar un diseño e implementarlo de un prototipo de potabilización; el cual se implementará en la Institución educativa Departamental Hernán Venegas Carrillo sede Guacaná de la vereda Guacana, logrando mejorarle la calidad al agua que consumen los habitantes de dichas viviendas. Se realizará una caracterización del agua la cual busca analizar las variables físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico. (CorAntioquia , 2019) para lograr identificar la carga contaminante que posee el líquido y buscar los métodos para eliminar dichos contaminantes del agua y que este pueda ser consumido con confianza y teniendo la certeza de que los librara de adquirir una enfermedad de origen hídrico.

4. OBJETIVOS.

4.1. OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar e implementar un prototipo potabilizador para tratamiento de agua de lluvia para consumo humano en la vereda Guacaná del municipio de Tocaima – Cundinamarca, con base a la caracterización de propiedades físicas, químicas y microbiológicas.

4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Caracterización física, química y microbiológica del agua de lluvia en la zona, para determinar la tecnología de tratamiento de potabilización del agua con la que se diseñará el prototipo.
- Investigar los métodos que se utilizan para realizar el tratamiento del agua a través de potabilizadores.
- Diseñar un prototipo potabilizador para el tratamiento de agua que cumpla con los parámetros de calidad del agua para consumo.
- Implementar un prototipo potabilizador para la comunidad estudiantil de la Institución Educativa departamental Hernán Venegas Carrillo sede Guacaná.

5. MARCO REFERENCIAL.

5.1. MARCO DE ANTECEDENTES.

El agua de lluvia se ha utilizado para el abastecimiento de agua y el uso doméstico desde hace más de cinco mil años, y el ser humano ha obtenido enormes beneficios de esta actividad, ya que a medida que la población crece, le proporciona un sustituto de su vida. El agua de lluvia cobró mayor importancia, pero no sabían nada sobre las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua, lo que llevó a la implementación de sistemas de recolección de agua, lo que les ayudó a eliminar ciertas características bacterianas.

Según (Serviquality, 2016) Uno de los temas más preocupantes en la historia de la humanidad es obtener el agua más pura y limpia. El tratamiento del agua se centró inicialmente en mejorar la calidad estética del agua. La historia del agua potable es muy remota. En Siria y Babilonia, la gente construyó tuberías de piedra y acueductos para sacar agua de su fuente a las casas cercanas.

En la antigüedad, los habitantes de Oriente utilizaban arena y barro poroso para filtrar el agua. En Europa, los romanos también construyeron una red de tuberías y estanques que podían traer casi 90 kilómetros de agua. Instalaron filtros para obtener agua de mayor calidad. El agua de calidad que obtenían de otras fuentes para beber y cocinar la obtenían de otras fuentes para riego y limpieza. Esto es un hecho que hoy en día en la mayoría todavía no hay separación en la ciudad y el agua que se usa para beber es la misma que el agua potable, se usa para limpiar inodoros y otros fines. Los métodos documentados pueden mejorar el sabor y el olor del agua cuatro mil años antes de Cristo. Los escritos griegos recomiendan métodos de tratamiento, como el filtrado a través del carbón vegetal, la exposición a la luz solar y la ebullición. En el antiguo Egipto dejaban agua en vasijas de barro durante varios meses para permitir que las partículas e impurezas se asentaran y luego extraían el agua de la parte superior mediante un sifón (decantación). En otros casos, también mezclaban ciertos minerales y las verduras son sustancias que promueven la precipitación de partículas y clarifican el agua (condensación). A principios del 1500 a.C., existían documentos que mencionaban que los egipcios habían utilizado un producto, que ahora se utiliza con el mismo propósito, el alumbre para precipitar partículas suspendidas en agua.

De la misma manera (Serviquality, 2016) En el siglo XX, la filtración se había establecido como un medio eficaz para eliminar partículas del agua, aunque no se

pudo medir la claridad lograda en ese momento. A principios del siglo XX, la filtración lenta de arena se hizo más común en Europa. En la segunda mitad del siglo XX, los científicos tenían un conocimiento profundo de las fuentes y los efectos de los contaminantes en el agua potable (en 1855, se demostró que el cólera era una enfermedad transmitida por el agua, que estaba relacionada con un brote en Londres y fue causado por la contaminación del cólera.). Pasteur explicó en 1880 cómo los organismos microscópicos propagan enfermedades a través del agua. En el siglo XX, la gente descubrió que la turbidez del agua no es solo un problema estético, sino también problemas de calidad del agua. El material articulado en las fuentes de agua, como la materia fecal, puede servir como refugio para los patógenos.

Así mismo (ambiental, 2018) Aunque muchos hitos importantes en la historia del tratamiento del agua ocurrieron en el siglo XIX y principios del XX, la industria aún está desarrollando y mejorando el proceso de tratamiento del agua. El ritmo de la invención y la innovación en el siglo XX y principios del XXI ha superado con creces todos los desarrollos que han tenido lugar en los últimos siglos.

En la actualidad, la comprensión y el desarrollo de la industria del tratamiento del agua, la tecnología de filtración y la tecnología de desinfección aún se están mejorando, y enfrentan nuevos desafíos que trae la tecnología en sí, como la existencia de subproductos de la desinfección del agua y la cloración es dañina para la salud. O la sostenibilidad medioambiental del proceso de desinfección del agua.

La era de la información y el crecimiento explosivo de todas las tecnologías relacionadas con la vigilancia y el control continúan cambiando la naturaleza del tratamiento del agua. Los avances en microbiología y la capacidad cada vez menor de la industria para detectar y controlar la contaminación sin duda afectarán el tratamiento del agua durante décadas. (ambiental, 2018)

Todo esto se debe en parte a los aportes de ingenios como Luc Antonio Porzio, Joseph Amy, John Gibb, John Snow o John L. Leal, si estos grandes de la ciencia pudiesen ver las plantas de tratamiento de agua potable actuales, definitivamente quedarán muy conmocionados.

A lo largo de nuestra historia se han realizado trabajos similares a nivel regional encontramos (IVAN RICARDO AVILA BAREÑO, 2016) el cual llevo a cabo el proyecto denominado “DISEÑO, PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DE UN FILTRO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS DE USO DOMÉSTICO EN TANQUES DE RESERVA EN LA POBLACIÓN DEL CASCO URBANO DE LA INSPECCIÓN

DE SAN ANTONIO DE ANAPOIMA'' en el cual se utilizaron métodos de observación directa para llevar a cabo la investigación, los cuales fueron de vital importancia en dicho proyecto ya que se brindaron tres opciones de solución a la problemática en este mismo y con ello la tecnología más adecuada.

Así mismo a nivel nacional encontramos (LEIDY JOHANA CASTELLANOS RINCÓN, 2015) el proyecto llamado ''DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO AGUAS LLUVIAS EN CASA MULTIFAMILIAR PARA USO DOMÉSTICO EN EL BARRIO CONSUELO LOCALIDAD DE RAFAEL URIBE URIBE'' en el cual plantearon la opción de creación de un sistema de recolección de aguas lluvias para que este sea reutilizado en labores domésticas y que con la implementación de un filtro, el agua obtenida tuviera una calidad similar a la del agua procesada en plantas de tratamiento de agua potable. Aun así, a pesar de que los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras de agua antes y después de ser utilizado el filtro, no se recomienda que el agua obtenida tenga como destino el consumo humano, ya que no todos los microorganismos son eliminados y algunos de ellos pueden acarrear problemas a la salud, el cual fue implementado en otras ciudades del país.

Finalmente no podemos dejar de mencionar los aportes internacionales, en los cuales se destaca un líder colombiano como el grupo AQUA el cual ha cruzado fronteras llevando sus aportes, tales como los menciona la (Universidad cooperativa de Colombia, 2020) en el caso de Nicaragua donde desarrollo El dispositivo denominado MARAQUA, se diseñó para dar su aplicación práctica en el corredor norte seco de Nicaragua (Somoto), caracterizado por deficiente oferta hídrica superficial, donde la población se abastece de agua almacenada en reservorios o lagunetas a cielo abierto, producto de la escorrentía de agua de lluvia (cosecha de agua). Esta al estar expuesta al ambiente, se contamina física, química y microbiológicamente, no siendo apta para el consumo humano. La prospectiva del proyecto AQUA es avanzar para brindar calidad de vida a los más necesitados, preferencialmente la población infantil, implementando la solución a viviendas, instituciones educativas, centros de capacitación y hogares comunitarios, entre otros, a nivel nacional e internacional. Se está apoyando la gestión del Programa Fe en Colombia de la Décima Brigada del Ejército Nacional de Colombia, para llegar a la población de La Guajira que corresponde a una de las regiones más necesitadas en calidad de agua del país.

5.2. MARCO TEÓRICO.

5.2.1. Agua

Se trata de una sustancia compuesta por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno. Es un líquido inodoro (no tiene olor), insípido (no tiene sabor), e incoloro (no tiene color).

El agua existe en diferentes estados, por lo que la encontraremos en diferentes elementos naturales distribuidos por todo el planeta. Fluye a través de ríos, arroyos y océanos en forma líquida. Desde una perspectiva sólida, aparece en los polos, o cuando los lagos y ríos se congelan y se convierten en hielo. Finalmente, el agua gaseosa es vapor y la encontramos en la atmósfera. (AQUAE Fundación, 2021)

5.2.2. Calidad del agua

Según la (OMS, 2006), el agua potable es la que no genera una amenaza importante para la salud en el transcurso de su vida, dadas las diferentes sensibilidades que pueden tener las personas en las distintas etapas de la vida.

El agua tiene propiedades variables que varían según la ubicación y la fuente, y estas propiedades se pueden medir y clasificar de acuerdo con las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua. Estos últimos son parámetros que determinan su calidad y lo hacen apto para un fin específico, teniendo en cuenta las “*Guías para la calidad del agua potable*” donde se indican los principales parámetros, que determinan si la calidad del agua para un fin determinado es buena o no en función de sus valores. (OMS, 2006)

5.2.3. Directrices para la verificación.

La seguridad del agua potable se puede garantizar mediante la aplicación de PSA, que incluye el uso del monitoreo que se selecciona de manera apropiada para determinar la efectividad de las medidas de control. Además de este seguimiento de la operación, también se requiere un control de calidad final. Hay muchos tipos de microorganismos y componentes químicos en el agua potable que tendrán un efecto adverso en la salud humana. Ya sea en agua cruda o en agua suministrada a los consumidores, la velocidad de detección suele ser lenta, complicada y cara, lo que limita su utilidad en la alerta temprana y la abarata. Dado que no es física o económicamente factible analizar todos los parámetros de calidad del agua, las actividades de monitoreo y los recursos utilizados para monitorear los parámetros de calidad del agua deben planificarse cuidadosamente, enfocándose en las características clave. (OMS, 2006)

La validación incluye métodos, procedimientos o pruebas que se utilizan en el monitoreo operativo para determinar si el sistema de suministro de agua potable

cumple con las metas especificadas en las metas de protección de la salud, o si es necesario modificar y revalidar el PSA. (OMS, 2006, pág. 42)

5.2.3.1. Calidad microbiológica del agua.

Según la (OMS, 2006) la verificación de la calidad microbiológica del agua suele incluir análisis microbiológicos. En la mayoría de los casos, esto implicará la realización de pruebas de microorganismos indicadores de contaminación de heces, pero en algunos casos también puede incluir la determinación de la concentración de patógenos específicos. La verificación de la calidad microbiológica del agua potable puede ser realizada por el proveedor, la agencia responsable de la supervisión o una combinación de ambos.

La verificación implica analizar el agua de origen, el agua tratada, el agua de un sistema de distribución o el agua almacenada en un hogar. La verificación de la calidad microbiológica del agua potable incluye pruebas para detectar la presencia de *E. coli*, que es un indicador de contaminación fecal. *E. coli* no debe estar presente en el agua potable, ya que esta es una evidencia concluyente de contaminación fecal reciente. De hecho, en muchos casos, las pruebas de presencia de coliformes termo tolerantes pueden ser una alternativa aceptable. *E. coli* es un indicador útil, pero tiene sus limitaciones. Los enterovirus y protozoos son más resistentes a la desinfección; por lo tanto, la presencia de *E. coli* no significa necesariamente que *E. coli* no exista. En algunos casos, puede ser necesario incluir microorganismos más resistentes en el análisis, como bacteriófagos o esporas bacterianas, por ejemplo, cuando se conoce la fuente de agua. Si la incidencia de virus y enfermedades parasitarias en la comunidad es alta, está contaminada por virus y parásitos intestinales. (OMS, 2006)

5.2.3.2. Calidad química del agua.

La evaluación de la aplicabilidad de la calidad química del agua potable se basa en la comparación de los resultados del análisis con los valores de referencia.

Según la (OMS, 2006) en el caso de los aditivos (sustancias derivadas principalmente de materiales y productos químicos utilizados en la producción y distribución de agua potable), la atención se centra en el control directo de la calidad de estos productos. Los procedimientos analíticos diseñados para controlar la presencia de aditivos en el agua potable suelen determinar su concentración en el agua y considerar su evolución para calcular un valor que se pueda comparar con un valor de referencia que indica la *“Guía para la calidad del agua potable”*.

El valor de referencia significa que la concentración de los ingredientes consumidos durante la vida no causará más efectos en la salud que los riesgos para la salud tolerables. Los valores de referencia para ciertos contaminantes químicos (como el plomo y el nitrato) se establecen para proteger a los subgrupos de población

vulnerables. Estos valores también protegen a la población en general que consume agua a lo largo de su vida. (OMS, 2006)

Es importante que el valor de referencia recomendado garantice que su aplicación sea práctica y proteja la salud pública. Los valores de referencia generalmente no se establecen en concentraciones por debajo del límite de detección alcanzado en condiciones normales de funcionamiento del laboratorio. Además, al establecer el valor de referencia, es necesario considerar la tecnología disponible para controlar, eliminar o reducir la concentración de contaminantes al nivel requerido. Por lo tanto, en algunos casos, se han establecido valores de referencia temporales para las emisiones contaminantes. En determinadas situaciones de incertidumbre, o cuando la concentración no se puede reducir a un nivel de referencia calculado en la práctica, se puede obtener la información disponible. (OMS, 2006, pág. 46)

5.2.4. Plantas de potabilización.

La calidad del agua cruda varía en función del entorno natural en el que se encuentra. Por tanto, el tipo de tratamiento necesario para producir agua potable puede resultar más o menos complicado.

Aunque no existe un estándar para determinar el tipo de plantas necesarias para tratar el agua, si es necesario realizar investigaciones para comprender el estado actual de la fuente de agua (donde se extraerá el agua), y a través de una serie de estudios similares para formular y finalizar el proceso y operación del sistema de purificación de agua. Estos procesos son: coagulación, floculación, precipitación, filtración y desinfección. (Pinzon Cortéz, 2015)

Por tanto, una planta potabilizadora no es más que un conjunto de estructuras o una serie de procesos efectivos, a través de estos procesos o de un tiempo determinado se procesa el agua para obtener agua pura, sin ningún tipo de microorganismos cumpliendo con la Resolución 2115 de 2007. (Pinzon Cortéz, 2015)

5.2.5. Filtración lenta de arena.

La filtración biológica (filtración de arena) se logra pasando agua cruda a través de una capa de arena porosa. En este proceso, las impurezas están en contacto con la superficie de las partículas del medio filtrante y son retenidas, desarrollando así aún más el proceso de degradación química y biológica, reduciendo el residuo a una forma más simple. El agua cruda que ingresa al equipo permanece en el medio filtrante, dependiendo de la velocidad de filtración utilizada. El principio de eliminación incluye la formación de una capa biológica coexistente de bacterias, protozoos, algas y nematodos en la superficie de la capa biológica, formando así una relación simbiótica, en la que las algas proporcionan el oxígeno necesario para la supervivencia de otros microorganismos, y estos microorganismos proporcionan el consumo de dióxido de carbono producido por las algas. (Blacio, 2011)

La filtración lenta de arena es el sistema de tratamiento de agua más antiguo utilizado por la humanidad. Es simple y efectivo porque replica con precisión el proceso de purificación que ocurre naturalmente cuando el agua de lluvia atraviesa la corteza terrestre hasta que encuentra un acuífero subterráneo o un río.

El filtro de arena es el elemento más utilizado para filtrar agua con carga contaminante baja o moderada, lo que requiere la retención de partículas de hasta 20 micrones. Las partículas en suspensión transportadas por el agua se retienen durante el paso a través del lecho de filtración de arena. Una vez que el filtro está lleno de impurezas y alcanza una caída de presión predeterminada, se puede regenerar mediante lavado a contracorriente. La calidad de la filtración depende de varios parámetros, incluida la forma del filtro, la altura del lecho del filtro, las características y el tamaño de partícula de la calidad del filtro y la velocidad de filtración. (Sefiltra, 2020)

Finalmente, estos filtros pueden estar hechos de resinas de poliéster y fibra de vidrio y, debido a su resistencia general a la corrosión, son muy adecuados para filtrar agua de río y agua de mar. También en acero inoxidable y acero al carbono, se utiliza en aplicaciones que requieren mayor resistencia a la presión.

5.2.6. Filtros de carbón activado.

Los filtros de carbón activado se utilizan principalmente para eliminar el cloro y los compuestos orgánicos del agua. El sistema operativo es el mismo que el del filtro de arena, cuando el agua pasa a través de un lecho filtrante compuesto de carbón activado, los contaminantes son retenidos. Muy adecuado para la filtración de aguas subterráneas. Están fabricados en acero inoxidable, acero al carbono y fibra de vidrio. (Sefiltra, 2020)

El filtro de carbón activado se puede utilizar como tamiz para extraer sustancias pesadas del agua y el aire. Entonces actúa como depurativo. El carbón activado es un material muy poroso, sus poros miden menos de 2 nanómetros y es muy efectivo para la adsorción. Esto se basa en el proceso de atraer moléculas pesadas a la superficie sólida (como el carbono), permitiendo que solo pasen las moléculas más puras del líquido o gas. (Peñañiel, 2010)

5.2.7. Potabilización del agua.

Existen varias técnicas para hacer que el agua sea potable. Cada uno de estos utiliza diferentes etapas del proceso de purificación para lograr condiciones de bajo riesgo. Dependiendo de los contaminantes a eliminar, el agua puede tratarse de forma diferente. Los métodos de tratamiento más comunes para el agua potable son:

- Precipitación de impurezas con floculantes o coagulantes.

- Filtración con carbón activado.
- Ósmosis inversa.

Y algunos tratamientos de desinfección con:

- Cloro.
- Ozono.
- Rayos UV (ultravioleta)

Consiguientemente se indican algunas de las características de los métodos antes mencionados: **(ver Tabla 1)**

Tabla 1. Características Métodos de Potabilización del Agua

MÉTODO	CARACTERÍSTICAS
Precipitación de impurezas con floculantes o coagulantes.	La adición de productos químicos hace que los sólidos de la suspensión se aglomeren y sedimenten. (OMS, 2006)
Filtración con carbón activado.	Purificar el suministro de agua que no contenga patógenos (bacterias o virus) en principio. Debido al fenómeno de adsorción, el filtro puede retener algunos microorganismos, pero no puede garantizar una filtración completa. (OMS, 2006)
Ósmosis inversa.	El agua dura contiene iones de calcio y magnesio, que se pueden precipitar combinados con iones como carbonato, sulfatos o hidróxidos. (OMS, 2006) A través de la ósmosis inversa, estos depósitos químicos se pueden eliminar.
Desinfección con cloro	Es eficaz para todo tipo de microorganismos. Incoloro y relativamente no tóxico. Es fácil de preparar, se presenta en forma sólida, líquida y gaseosa, es económico y no se ve afectado por el agua dura y otros desinfectantes. (OMS, 2006)
Desinfección con Ozono	Un fuerte poder oxidante puede eliminar virus, bacterias y microorganismos resistentes al cloro. Puede precipitar metales pesados presentes en la solución y eliminar compuestos orgánicos, pesticidas, olores y sabores extraños que el agua pudiese contener. (OMS, 2006) Actúa rápidamente y puede completar un tratamiento muy eficaz en unos pocos segundos o minutos.

Desinfección con Rayos UV (ultravioleta)	Es un proceso de tratamiento inmediato, ninguna necesidad de contar con tanques de retención. No es necesario agregar productos químicos al suministro de agua ni subproductos. No cambia el sabor, olor, pH o conductividad o propiedades químicas generales del agua. (OMS, 2006) Resiste los virus con mayor eficacia que el cloro.
--	---

Fuente: (Autores, 2021)

Tomado de: (OMS, 2006)

La potabilización se puede realizar mediante uno o varios métodos combinados. El tipo de tratamiento depende del uso del agua en el proceso, por ejemplo, si se usa agua como ingrediente, se debe asegurar que se elimine el máximo número de microorganismos y Sustancias que pueden poner en peligro su seguridad.

5.2.8. Análisis que se realizan al agua para medir su calidad.

Los principales análisis que se realizan para medir la calidad del agua para consumo humano son las siguientes:

- pH
- Nitratos
- Dureza
- Iones comunes (sulfatos, cloruros, sodio, calcio, magnesio, etc)
- Metales pesados y elementos tóxicos
- Pesticidas

Sin embargo, de acuerdo con las Directrices para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud, no es necesario realizar pruebas detalladas para cada patógeno, ya que llevará mucho tiempo hacerlo y los procedimientos serán demasiado complicados (OPS, 1988). Por tanto, basta con identificar determinados microorganismos nocivos para la higiene y la salud humana: los denominados indicadores de bacterias contaminantes. (Bialab, 2019)

5.2.9. Filtros

El filtro se puede considerar como un tamiz, que debe tener características especiales y poder capturar la mayoría de las partículas en suspensión. Las principales variables del diseño de filtros incluyen: características del medio filtrante, porosidad y profundidad del lecho, tasa de filtración, pérdida de carga utilizable y características de entrada de agua. La filtración depende de una combinación compleja de mecanismos físicos y químicos, como cribado, sedimentación,

intercepción, adhesión, adsorción química, adsorción física y crecimiento biológico. (Rossi, 2017)

5.2.10. Filtración lenta y rápida.

El proceso es el proceso de eliminar la materia suspendida del agua. A través de material poroso. Por lo general, el material utilizado es arena. Hay dos tipos de filtros de arena: de acción lenta y de acción rápida. En un filtro lento, el agua atraviesa la arena a baja velocidad bajo la acción de la gravedad, y la separación de la materia sólida se realiza haciendo pasar el agua por los poros de la capa filtrante y adhiriendo las partículas a la arena. En el caso del filtro de arena rápido, las partículas grandes en suspensión se eliminan mediante procesos físicos, y estos sólidos se acumulan en la parte superior del medio filtrante durante esta operación. (UNAD, 2013)

5.2.11. Diseño de estaciones de cloración.

Se debe tener especial cuidado al diseñar la estación de cloración. En comparación con cualquier otra parte de la planta de tratamiento, la planificación descuidada incluso en los detalles aparentemente pequeños de estas plantas de tratamiento puede provocar interrupciones frecuentes o ineficiencias en el proceso de desinfección. (Valencia, 1992)

La cloración del agua tiene tres componentes básicos diferentes:

1. Almacenamiento de cloro.
2. Sistema de medida y control.
3. Sistema de inyección.

En sitios grandes, estos tres componentes se pueden separar y en los sitios pequeños, por lo general están muy cerca. El cloro puede almacenarse en forma líquida, medirse en forma de gas y usarse en solución, o puede almacenarse y usarse en alguna de sus sales, lo que se denomina hipocloración. (Valencia, 1992)

5.2.12. Capacidad de las estaciones de cloración.

La capacidad de una estación de cloración depende de una serie de factores, entre los que se deben considerar los siguientes:

- a. Demanda de cloro en agua.
- b. La cantidad de cloro necesaria para la desinfección.
- c. Punto de aplicación de cloro.

La demanda debe determinarse en el laboratorio para comprender el consumo de cloro producido por el agua en diferentes épocas del año. Esta demanda varía según la fuente de contaminación, el contenido orgánico y otros factores de análisis oportunos. (Valencia, 1992)

Para determinar la dosis promedio de cloro en la que se solicita el equipo, se deben estudiar los siguientes factores:

- a. Tiempo de contacto disponible (relación concentración-tiempo).
- b. Posibles puntos de aplicación (precloración, poscloración).
- c. Cómo se clorará el agua (en el punto crítico, cloraminación, supercloración y decloración).
- d. Buscar la eficacia de la cloración (destrucción de coliformes, quistes o virus).

Los factores anteriores deben estudiarse con base en consideraciones económicas y con la ayuda de pruebas de laboratorio para poder sacar conclusiones correctas sobre la mejor manera de aplicar cloro al agua. Las plantas de cloración generalmente se calibran en unidades de kilogramos o libras por día o kilogramos o libras por hora. (Valencia, 1992) La capacidad en kg / día se puede calcular de la siguiente manera:

$$Capacidad = \frac{Q * C}{1000}$$

Donde:

Q: Flujo de la planta en $m^3/día$

C: Dosis de cloro promedio, en mg/l

5.2.13. Punto de aplicación del cloro.

La selección del punto de aplicación es muy importante. Ya sea antes o después de la cloración, los puntos seleccionados para la inyección de cloro no deben estar aislados en la mayor parte del líquido y deben poder dispersarse muy rápidamente en la mayor parte del líquido.

Selleck y Collins (1970); Selleck, Collins y White (1970); Stenquist y Kaufman (1972); Morris (1971) y otros, han estudiado el efecto de la mezcla rápida sobre la aplicación de cloro al agua. Todas estas operaciones se realizan con aguas residuales, pero los resultados se pueden aplicar extrapolando al agua potable. Según ellos, es evidente que la rápida dispersión de cloro en agua a granel mejora la eficiencia del proceso similar a la obtenida por la dispersión instantánea de coagulantes. La razón aún se desconoce. Se ha sugerido que el primer residuo formado en los primeros segundos después de la aplicación de cloro forma un compuesto mucho más activo que las etapas posteriores. La reacción del cloro con el compuesto de nitrógeno fue relativamente tardía e inicialmente se pensó que tenía una alta concentración de cloro. Es mucho más eficaz como desinfectante que el cloro combinado. (Valencia, 1992)

Se ha demostrado que más del 90% de los organismos en el agua se destruyen en los primeros segundos después de la aplicación de cloro y antes de que haya tiempo para interactuar con compuestos nitrogenados. La evidencia anterior es suficiente para concluir que se consideró el diseño de un sistema de mezcla rápida de cloro similar al discutido para la coagulación en agua. Este sistema debe purgar un máximo de pistones. Sin embargo, se ha informado en algunas fábricas que las corrientes parásitas generadas por la aplicación de cloro estimulan la evolución de gas en el caso de canales abiertos. Probablemente esto se deba a varios factores. Entre ellos, tiene una concentración demasiado alta de solución de cloro derivada del cloro (más de 3500 mg / l), por lo que el difusor no funciona. (Valencia, 1992)

5.2.14. Filtración convencional.

Le resolución 0330 del 08 de Junio de 2017 en el artículo 114 (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017) indica que debe desarrollarse un estudio de alternativas multicriterio, con el fin de definir el tipo de tecnología de filtración que se utilizará. Teniendo en cuenta la turbiedad objetivo de salida, el dimensionamiento de las unidades deberá tener como referencia los criterios de la tabla 10 y 11 del RAS.

Tabla 2. Características de filtración convencional RAS

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

Fuente: (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017)

Tabla 3. Rangos de tasa de filtración lenta en múltiples etapas (FIME) RAS

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

Fuente: (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017)

5.2.15. Desinfección con luz ultravioleta.

La luz ultravioleta (UV) es una alternativa madura y cada vez más popular al uso de productos químicos para desinfectar el agua potable, las aguas residuales y el agua de diversas industrias con diferentes calidades de agua. Siempre que se preste la debida atención a la calidad del agua que se desinfecta y los objetivos de desinfección requeridos, el sistema de desinfección UV puede diseñarse para una amplia gama de aplicaciones. (H.B. Wright y W.L.Cairns, 2018)

Los rayos ultravioleta forman parte del espectro electromagnético y tienen longitudes de onda entre 100 y 400 nanómetros (nm). Cuanto más corta es la longitud de onda, mayor es la energía producida. La lámpara de vapor de mercurio de baja presión más utilizada tiene una longitud de onda de 253,7 nm. Por lo tanto, la banda UV-C es la más adecuada para eliminar microorganismos. La banda ultravioleta de vacío (UV-V), especialmente la longitud de onda de 185 nm, es adecuada para la producción de ozono (O₃). Las lámparas ultravioleta y las lámparas fluorescentes son similares. La corriente eléctrica pasa a través del vapor de mercurio entre los electrodos de la lámpara para generar rayos ultravioleta. La mayor parte de la luz producida por la lámpara de mercurio de baja presión tiene una longitud de 253,7 nm. Esta longitud está muy cerca de la longitud de 260-265 nm, que es la más eficaz para matar microorganismos. (Elio Pietrobán, 2017)

5.2.15.1. Cómo funciona la desinfección.

"Microorganismo" es un término amplio que incluye varios grupos de patógenos. Tienen diferentes formas y ciclos de vida, pero son similares debido a su pequeño tamaño y estructura relativamente simple. Los cinco grupos principales son virus, bacterias, hongos, algas y protozoos. Al observar una célula bacteriana básica, estamos interesados en la pared celular, la membrana citoplasmática y el ácido nucleico. El principal objetivo de la desinfección UV es el material genético-ácido nucleico. Microbios destruidos Cuando la luz penetra en las células y es absorbida por los ácidos nucleicos, pasa a través de la radiación ultravioleta. La absorción de los rayos ultravioleta por los ácidos nucleicos conduce al reordenamiento de la información genética, lo que interfiere con la capacidad de la célula para reproducirse. Por tanto, los microorganismos son inactivados por los rayos ultravioleta debido al daño fotoquímico que sufren los ácidos nucleicos. El ADN es una molécula de doble hélice compuesta de bases nitrogenadas: adenina, timina, citosina y guanina. El ADN almacena toda la información necesaria para crear seres vivos. Un gen es una unidad de ADN capaz de sintetizar proteínas. Un cromosoma es una secuencia de ADN larga y lineal. El genoma es el genoma completo de una especie. Alta energía asociada con la longitud de onda corta (240-280 nm). (Elio Pietroban, 2017)

5.3. MARCO CONCEPTUAL.

- **Agua cruda:** El agua cruda cambia con la fuente de agua, si la fuente de agua es poco profunda, debería cambiar con las estaciones. Por ejemplo, la mayoría de los patógenos acuáticos se introducen a través de la contaminación fecal y E. coli es un organismo indicador en el medio acuático. (Mora & Cedeño, 2006)
- **Agua potable:** es el agua que reúne los requisitos físicos, químicos y microbiológicos establecidos por la resolución 2115 de 2007 (MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2007), para que pueda ser usada como manera de consumo sin afectar la integridad de la salud.
- **Calidad del agua:** La calidad del agua potable es un factor decisivo que afecta a la salud de las personas de la población, todas sus características pueden ser propicias para prevenir la transmisión como factor patógeno que pueden llegar a causar enfermedades, tales como: eda, hepatitis A, polio y parasitosis por protozoarios y helmintos; entre estas, amebiasis, giardiasis, cryptosporidiasis y helmintiasis. La diferencia entre prevenir o propagar estas enfermedades transmitidas por el agua depende de varios factores, siendo el factor principal: la calidad y continuidad de los servicios de agua. Sin embargo, estos riesgos no se pueden eliminar por completo porque estas enfermedades también pueden transmitirse a través del contacto personal, aerosoles y alimentos. La importancia de monitorear y controlar la calidad del agua para consumo humano es brindar información para que la toma de decisiones pueda mejorar su calidad. (Briñez, Guarnizo, & Arias, 2012)
- **Filtración:** según (SÁNCHEZ, 2013, pág. 32) La filtración es el proceso de
- remoción de sólidos suspendidos o separación sólido-líquido. Los sólidos se separan del fluido en la suspensión usando un lecho poroso llamado medio filtrante. Cuando el fluido pasa a través del filtro, el lecho retendrá partículas. El medio se llama filtrado.
- **Análisis físico y químico del agua:** son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas. (Ministerio De Proteccion Social, 2007)
- **Análisis microbiológicos del agua:** son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos. (Ministerio De Proteccion Social, 2007)
- **Análisis básicos del agua:** Es el procedimiento que se efectúa para determinar la turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre o residual de

desinfectante usado, coliformes totales y Escherichia coli. (Ministerio De Proteccion Social, 2007)

- **Tratamiento o potabilización:** es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla apta para el consumo humano. (Ministerio De Proteccion Social, 2007)
- **Caudal:** Como definición general, se llama Caudal, que es la cantidad de fluido que circula en una parte de un oleoducto (ya sea un oleoducto, oleoducto, río o canal) por unidad de tiempo. Generalmente, la tasa de flujo está determinada por el flujo volumétrico o el volumen que pasa por un área determinada en una unidad de tiempo específica. (FIBRAS Y NORMAS DE COLOMBIA S.A.S, 2004)

5.4. MARCO LEGAL.

Para el desarrollo del presente proyecto se tuvo en cuenta la normatividad vigente colombiana, promulgadas por el Ministerio de la Protección social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, donde se tendrán en cuenta la Resolución 2115 de 2007 y el Decreto 1575 de 2007, además de otras normas que rige el estado social de derecho colombiano.

Tabla 4. Marco Legal

NORMA	TÍTULO	CAPITULO	ART.	DESCRIPCIÓN
Constitución Política de Colombia año 1991	Título I		1	Colombia es un Estado social de derecho, organizado en forma de República unitaria, descentralizada, con autonomía de sus entidades territoriales, democrática, participativa y pluralista, fundada en el respeto de la dignidad humana, en el trabajo y la solidaridad de las personas que la integran y en la prevalencia del interés general. (Constitución Política de Colombia [Const.], Art. 1. 7 de Julio de 1991)
	Título II	Capítulo 3	79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. (Constitución Política de Colombia [Const.], Art. 79. 7 de Julio de 1991)
	Título XII	Capítulo 5	365	Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional. (Constitución Política de Colombia [Const.], Art. 365. 7 de Julio de 1991)
	Título XII	Capítulo 5	366	El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. (Constitución Política de Colombia [Const.], Art. 366. 7 de Julio de 1991)

Decreto 1575 del 09 de Mayo de 2007	Capítulo II	3	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO: Las características físicas, químicas y microbiológicas, que puedan afectar directa o indirectamente la salud humana, así como los criterios y valores máximos aceptables que debe cumplir el agua para el consumo humano, serán determinados por los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en un plazo no mayor a un (1) mes contado a partir de la fecha de publicación del presente decreto. (Decreto 1575 de 2007 [Ministerio de la Protección Social], Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. 9 de Mayo de 2007)
	Capítulo IV	12	ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO – IRCA- Es el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano. (Decreto 1575 de 2007 [Ministerio de la Protección Social], Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. 9 de Mayo de 2007)
Resolución 2115 del 22 de Junio de 2007	Capítulo II	2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS: El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan en el cuadro No.

				<p>1 de la resolución 2115. (Resolución 2115 de 2007 [Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial], 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. 22 de Junio de 2007)</p>
		Capítulo II	3	<p>CONDUCTIVIDAD: El valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000 microsiemens/cm. Este valor podrá ajustarse según los promedios habituales y el mapa de riesgo de la zona. Un incremento de los valores habituales de la conductividad superior al 50% en el agua de la fuente, indica un cambio sospechoso en la cantidad de sólidos disueltos y su procedencia debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitaria y ambiental competentes y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano. (Resolución 2115 de 2007 [Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial], 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. 22 de Junio de 2007)</p>
		Capítulo II	4	<p>POTENCIAL DE HIDRÓGENO: El valor para el potencial de hidrógeno pH del agua para</p>

				consumo humano, deberá estar comprendido entre 6,5 y 9,0. (Resolución 2115 de 2007 [Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial], 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. 22 de Junio de 2007)
		Capítulo II	5	<p>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SUSTANCIAS QUE TIENEN RECONOCIDO EFECTO ADVERSO EN LA SALUD HUMANA: Las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, deben enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables que se señalan en el cuadro No. 2 de Resolución 2115. (Resolución 2115 de 2007 [Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial], 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. 22 de Junio de 2007)</p>
		Capítulo II	6	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SUSTANCIAS QUE TIENEN IMPLICACIONES

			<p>SOBRE LA SALUD HUMANA: Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana que se señalan en el cuadro No. 3 de la resolución 2115 de 2007. (Resolución 2115 de 2007 [Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial], 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. 22 de Junio de 2007)</p>
		<p>Capítulo III</p>	<p>10</p> <p>TÉCNICAS PARA REALIZAR ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS: Las técnicas aceptadas para realizar los análisis microbiológicos del agua para consumo humano son las siguientes:</p> <p>a) PARA ESCHERICHIA COLI Y COLIFORMES TOTALES: Filtración por membrana, Sustrato Definido, enzima sustrato y presencia - ausencia. (Resolución 2115 de 2007 [Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial], 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. 22 de Junio de 2007)</p>

		Capítulo III	11	<p>CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS: Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm³ de muestra.</p> <p>(Resolución 2115 de 2007 [Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial], 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. 22 de Junio de 2007)</p>
		Capítulo IV	13	<p>ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO – IRCA: Para el cálculo del IRCA al que se refiere el artículo 12 del Decreto 1575 de 2007 se asignará el puntaje de riesgo contemplado en el cuadro N°.6 a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la presente Resolución.</p> <p>(Resolución 2115 de 2007 [Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial], Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia</p>

				para la calidad del agua para consumo humano. 22 de Junio de 2007)
Resolución 0330 del 08 de Junio de 2017		Sección 2	104	Protocolo de caracterización y tratabilidad: Para la fase de selección del tratamiento de todo proyecto de sistemas de potabilización de aguas, ya sea nuevo, de expansión, rehabilitación u optimización, deberá implementarse, seguirse e informarse un protocolo de caracterización de agua cruda en la fuente de abastecimiento escogida. Los cuales se describen en los siguientes artículos. (Resolución 0330 de 2017 [Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio], Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009. 08 de Junio de 2017)
		Sección 3	109	Tipos y procesos unitarios de potabilización: Para aguas provenientes de fuentes de abastecimiento superficiales o subterráneas, las opciones de selección de los procesos unitarios que se van a diseñar, construir y operar, deben tener en cuenta los contaminantes presentes en ellas. Se deberá estudiar y evaluar la configuración del tren de procesos seleccionado para garantizar los estándares de calidad de agua para consumo humano, según la normativa vigente con las más altas eficiencias operativas, de

<p>NTC ISO 5667 – 2 del 21 de Junio de 1995</p>	<p>2</p>		<p>Esta norma constituye una guía sobre técnicas de muestreo utilizadas con el fin de obtener los datos necesarios para hacer análisis con propósitos de control de calidad, caracterización de la calidad e identificación de fuentes de contaminación del agua. No se incluyen instrucciones detalladas para situaciones de muestreo ni procedimientos de muestreo específico. (ICONTEC, 1995)</p>
<p>NTC ISO 5667 – 3 del 03 de Noviembre de 2004</p>	<p>3</p>		<p>Esta norma suministra directrices generales sobre las precauciones que se deben tomar para preservar y transportar muestras de agua, con excepción de las muestras microbiológicas. Estas directrices son adecuadas, en particular cuando una muestra (puntual o compuesta) no se puede analizar en el sitio y tiene que ser transportada para analizarla en el laboratorio. (ICONTEC, 2004)</p>
<p>NTC ISO 5667 – 14 del 24 de Noviembre de 1999</p>	<p>14</p>		<p>Esta parte de la NTC-ISO 5667 provee una guía sobre la selección y uso de varias técnicas de aseguramiento de la calidad relacionadas con el muestreo manual de aguas superficiales, agua potable, aguas negras, aguas marinas y aguas subterráneas. (ICONTEC, 1999)</p>
<p>NTC ISO 5667 – 16 del 15 de Diciembre de 2000</p>	<p>16</p>		<p>Esta norma ofrece una guía práctica acerca del muestreo, tratamiento previo, desempeño y evaluación de las aguas en el contexto del ensayo biológico. Se brinda información acerca de</p>

				<p>cómo enfrentar los problemas del ensayo biológico que surjan como consecuencia de la naturaleza de la muestra de agua y la adaptabilidad del diseño del ensayo. Se tiene como propósito dar a conocer experiencia práctica en cuanto a las precauciones que se deben tomar por medio de la descripción de métodos probados con éxito para solucionar o evitar algunos de los problemas experimentales del ensayo biológico de las aguas. (ICONTEC, 2000)</p>
--	--	--	--	---

Fuente: (Autores, 2021)

5.5. MARCO GEOGRAFICO

Según (observatorio regional ambiente y desarrollo sostenible del rio bogota) El área geográfica donde se llevará el proyecto de investigación es la vereda Guacana del municipio de Tocaima, forma parte de la Provincia del Alto Magdalena, en el suroeste del Departamento de Cundinamarca, Está situada en la parte media de la Región Andina

Límites del municipio: Limita con los municipios de Girardot por el occidente, Nariño y Jerusalén por el noroeste, Apulo por el oriente y norte, Viotá por el oriente, Nilo y Agua de Dios por el sur.

Su Extensión total es de 246 km², su extensión en el área urbana es de 2.8 km² y su extensión área rural es de 243 km², tienen una altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar) de 400, su temperatura media es de 28°.

Ilustración 1: ubicación del departamento de Cundinamarca



Fuente: (Toda Colombia, 2019)

5.6. MARCO INSTITUCIONAL.

5.6.1. Institución Educativa Departamental Hernán Venegas Carrillo.

La Institución Educativa Departamental Hernán Venegas Carrillo es una institución ubicada en la municipalidad de Tocaima – Cundinamarca. Cuenta con más de 55 años de trayectoria donde con el pasar del tiempo se ha expandido de manera que ha hecho llegar sus sedes hasta las diferentes zonas del municipio con el fin de garantizar la educación de todas las personas. Las sedes que actualmente hacen parte de la institución son la siguientes:

- Sede Principal.
- Sedes Urbanas (La Pola, Kennedy, San Jacinto, Carranza, Progreso, Los Panches, Jardín Departamental y Danubio).
- Sedes Rurales (La Colorada, Armenia, Vásquez, Copó, Guacaná, Portillo, Acuatá, Soleto, Capotes y Cerro de la Mata).

Su misión que se encuentra consagrada en el “manual de convivencia y prevención de la violencia escolar” indica lo siguiente:

“La institución educativa departamental Hernán Venegas Carrillo brinda una educación integral e incluyente con calidad a la comunidad de Tocaima y la provincia, orientándolos hacia un desarrollo ético en los ámbitos personal, laboral, social y cultural, en el contexto local, regional y nacional; mediante la potencialización de la comunidad educativa soportada en los valores institucionales con la implementación de métodos, técnicas y tecnologías.”
(I.E.D. HERVECA, 2018)

Por otro lado, su visión definida es: *“En el año 2020 ser la institución con mayor reconocimiento a nivel académico, deportivo y cultural en la región del Alto Magdalena, líderes en la prestación de sus servicios y en el mejoramiento continuo de los niveles educativos ofertados logrando la articulación con la Educación Superior, generando ciudadanos comprometidos con el contexto en el que se desempeñe.”* (I.E.D. HERVECA, 2018)

Finalmente teniendo en cuenta estos aspectos es necesario prestar servicios de calidad con el fin de que los que ocupan la institución puedan disfrutar de un ambiente sano y saludable, y de esta manera puedan cumplir con todas sus expectativas.

5.6.2. Universidad Piloto de Colombia (Seccional del Alto Magdalena)

La Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena es una institución con 58 años de trayectoria, donde se ha consolidado como una de las mejores universidades de la región, su sede principal se encuentra en el municipio de

Girardot – Cundinamarca, donde actualmente cuenta con siete (7) carreras universitarias.

Su misión institucional se basa en una “institución de formación que hace investigación” dado que ese el objeto de la universidad. Y ésta indica lo siguiente: *“La Universidad Piloto de Colombia forma profesionales con pensamiento crítico, conocimiento científico, respetuosos de la diversidad humana y sus expresiones culturales; comprometidos con la solución de problemas en el contexto nacional e internacional; mediante la investigación científica, la formación integral de personas como actores de cambio, para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida y la sostenibilidad.”* (Unipiloto SAM, 2014)

Por otra parte, la visión de la universidad Piloto de Colombia SAM enmarca lo siguiente:

“La Universidad Piloto de Colombia se proyecta como un centro universitario de excelencia, que fundamenta su prestigio en la práctica de la gestión institucional en el impacto en la cultura, en la ciencia, en la tecnología y en el desarrollo de la sociedad. El alcance de la Universidad Piloto de Colombia se basa en el reconocimiento por la comunidad académica y científica, como líder en la formación integradora del ser social para el progreso intelectual y científico del hombre libre, con altos valores humanos y comprometidos con la sociedad en general.” (Unipiloto SAM, 2014)

Una de las facultades de la Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena es la Facultad de Ingeniería dentro de la que se encuentra la carrera de Ingeniería Civil la cual se caracteriza por ser una de las más fuertes en la región, y cuenta también con una misión y visión las cuales se relacionan a continuación:

Por un lado, la misión de la ingeniería civil de la Universidad Piloto de Colombia indica que *“promueve el desarrollo de un conjunto de procesos que se orientan hacia la formación integral de personas, caracterizadas tanto por su sólida fundamentación conceptual en las áreas técnicas de la ingeniería civil, como por sus fortalezas humanísticas y económico- administrativas, para afrontar la realidad de su país y participar en la búsqueda de soluciones puntuales a las necesidades de desarrollo de la nación, a través de la construcción sostenible de proyectos de infraestructura civil, enmarcados en la ética, la calidad y la responsabilidad ambiental y social.”* (Unipiloto SAM, 2014)

Y por otro lado, en su visión enmarca que *“El programa de ingeniería civil de la Universidad Piloto de Colombia, fortalecerá durante la próxima década una dinámica académica en el programa tendientes al cambio, que permitan la formación de profesionales de los más altos estándares académicos con una gran*

capacidad técnica y humana, que permitan garantizar el compromiso institucional de una verdadera transformación nacional, cifrada en soluciones a los problemas de la infraestructura civil para el desarrollo del país, convirtiéndose así sus egresados, en testimonio vivo de la interpretación de tendencias de desarrollo y utilización de nuevas tecnologías al servicio de la sociedad del siglo XXI.” (Unipiloto SAM, 2014)

Dado lo anterior este proyecto está enmarcado en los énfasis que tienen las instituciones antes mencionadas tanto en el tema de investigación como el desarrollo de este tipo de proyectos.

6. DELIMITACIÓN.

Este proyecto se realizará en la Institución Educativa Departamental Hernán Venegas Carrillo sede Guacaná del municipio de Tocaima – Cundinamarca, a partir de la necesidad de contar con el suministro de agua potable debido a que por cuestiones topográficas se hace imposible llevar la red de acueducto hasta la institución; se abarcará la comunidad estudiantil de la vereda Guacaná la cual está conformada por 11 niños menores de edad y la docente de la institución. Para el montaje del prototipo potabilizador se realizará la caracterización física, química y microbiológica del agua con el fin de conocer el estado del agua que consume dicha comunidad y de esta manera de acuerdo a la normatividad colombiana elegir la tecnología con la cual se hará el tratamiento utilizado en el prototipo que se entregará a la comunidad antes mencionada. Finalmente, el tiempo estimado para la ejecución de este proyecto está determinado por el cronograma aportado en este documento.

7. DISEÑO METODOLOGICO.

METODO DE LA INVESTIGACION

Basados en la bibliografía sugerida por el tutor del proyecto, la base de datos de la universidad Piloto de Colombia haciendo énfasis en los artículos científicos se ha concluido para este proyecto una metodología de carácter científico con orientación cualitativo y cuantitativo, respectivamente haremos énfasis en la parte cualitativa con la caracterización de la zona, accediendo a la información de la población para lograr identificar la problemática de que no tienen este recurso hídrico en óptimas condiciones, así mismo en la parte cuantitativa se abarcara toda la recolección de datos para los respectivos análisis, en aras de diseñar un prototipo de potabilización para de agua de lluvia de la vereda Guacana del municipio de Tocaima Cundinamarca.

MODALIDADES DE LA DE LA INVESTIGACION

En el presente trabajo se utilizaron las diferentes modalidades de investigación las cuales son:

Investigación Bibliográfica.

Se hizo uso de medios informáticos dentro de los cuales encontramos: libros, artículos científicos, normas Icontec, normas Apa, tesis con enfoques al tema de investigación, estos artículos relacionados y demás fuentes sirvieron de apoyo con el tema de investigación proporcionando toda la información necesaria para llevarse a cabo el producto del presente trabajo.

Investigación de Campo.

Se realizaron entrevistas y encuestas que permitieron recopilar toda la información sobre el problema investigado y así obtener un diagnóstico del mismo.

Investigación Experimental.

Se utilizó tecnología experimental de laboratorio para determina la calidad del agua mediante análisis físicos, químicos y microbiológicos.

Tipo de Investigación.

Se utilizaron los siguientes tipos de investigación:

Investigación exploratoria: permitió recopilar información detallada de las problemáticas que se presentaba en el lugar de la investigación debido a la carencia

de un sistema de potabilización del agua que consumen con un grado de importancia alto ya que esto les causaba problemas en su salud.

Investigación Descriptiva: permitió determinar de manera clara la problemática presentada y así poder determinar cuál sería la solución más óptima, el cual se logró con los análisis que arrojaron los laboratorios hechos.

PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Se tendrá en cuenta para la recolección de información:

- Encuestas: en estas se realizará la captación de la información de esta comunidad para lograr identificar los problemas de salud que está causando el consumo de este recurso hídrico no apto para las condiciones humanas y así mismo lograr una obtener una base de datos de esta población.
- Entrevistas con expertos: se buscó apoyo de ingenieros expertos en el tema para llevar a cabo de la mejor manera este proyecto.
- Formatos de protocolo de agua: Estos serán adquiridos de las normativas vigentes los cuales serán implementados por los laboratorios certificados en el tema.
- Triangulación de la información proveída por los expertos y resultados de laboratorio

La comunidad que se beneficiara será la vereda Guacaná del municipio de Tocaima Cundinamarca, la cual se conforma por una sede educativa que no poseen el servicio a el agua potable, para este proyecto se proporcionara de manera autónoma la entrega del prototipo a la sede educativa Guacana.

PROCEDIMIENTO A LLEVAR CABO

Los pasos para desarrollar la metodología son:

- Se llevará a cabo la caracterización de las condiciones microbiológicas físicas y químicas del agua de lluvia en la vereda Guacaná del municipio de Tocaima Cundinamarca, mediante análisis de laboratorio cumplimiento los lineamientos de la (Colombiana, 1995) NTC ISO 5667 la cual nos establece las precauciones que se deben tomar al momento de captar las muestras ya que el laboratorio que nos hará los respectivos análisis nos suministra una guía para esta misma toma y no llegar a contaminarla con agentes externos. Así mismo se llevará a cabo una ardua investigación acerca de los métodos que puede utilizar para llevar a cabo el tratamiento del agua de lluvia a través potabilizadores, el cual genere un impacto positivo en esta comunidad de escasos recursos y que sea de fácil adquisición, para

esto se brindará la mejor alternativa de solución a este problema. Terminado el proceso anterior se llevará a cabo el proceso del diseño del potabilizador para el tratamiento de agua de lluvia teniendo en cuenta que se realizará el diseño de acuerdo a los parámetros de tratamiento de agua potable que indica la tabla número 4 de la Resolución 0330 del 2017 RAS. El cual deberá cumplir con todos los parámetros establecidos por la resolución 2115 de 2007, que establece las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para el consumo humano (Ministerio de Protección Social, 2007) Finalmente se llevará a cabo la implementación del prototipo potabilizador a la sede educativa ubicada en la zona de estudio, una vez realizados los pasos anteriores.

8. RECURSOS.

Para la elaboración de este proyecto fue necesario contar con unos recursos tanto materiales y humanos que serán descritos a continuación:

8.1. HUMANO.

Dentro del recurso humano se encuentran las siguientes personas que fueron necesarias para el desarrollo de este proyecto:

Tabla 5. Recurso humano

JESÚS FLAMINIO OSPITIA	TUTOR TESIS
JULIAN RODRIGO MORA PINEDA	ALCALDE MUNICIPIO DE TOCAIMA
MANUEL ANTONIO HERNANDEZ R.	RECTOR I.E.D. HERNÁN VENEGAS CARILLO
DUBAN STIVEN VERA PEREZ	ESTUDIANTE
OSCAR JULIAN CASTAÑEDA PADUA	ESTUDIANTE

Fuente: (Autores, 2021)

8.2. MATERIAL.

Además de contar con el recurso humano nombrado anteriormente, se contó con los siguientes materiales para la ejecución del proyecto:

Tabla 6. Recursos materiales

COMPUTADOR	
-------------------	--

	<p>Fuente: (Google, 2021)</p> <p>Especificaciones:</p>	
	Nombre del dispositivo:	PORTATIL
	Procesador:	Intel® Core™ i5-7200U CPU @ 2.50GHz 2.71 GHz
	Id del dispositivo:	TX2-RTL8723DE
	Id del producto:	00331-10000-00001-AA124
	RAM instalada:	8,00 GB
	Tipo de sistema:	Sistema operativo de 64 bits, procesador x64
MEDIO DE TRANSPORTE		
	<p>Fuente: (Google, 2021)</p> <p>Especificaciones:</p>	
	Tipo de vehículo:	Motocicleta
	Cilindraje:	109 cc
	N° de velocidades:	4 velocidades
	Potencia máxima:	8,6HP @ 8000 rpm
	Torque máximo:	9.0N.m @ 6000 rpm
	Color:	Negro
	Marca:	Honda
	Referencia:	Cb110
Modelo:	2016	

ELEMENTOS DE PAPELERÍA



Fuente: (Google, 2021)

INSTRUMENTOS DE LABORATORIO



Fuente: (Google, 2021)

Fuente: (Autores, 2021)

9. DESARROLLO PROPUESTA.

TOMA DE MUESTRAS INICIALES

De acuerdo a los capítulos II y III de la resolución 2115 del 2007 emitida por el (Ministerio De Proteccion Social, 2007), para conocer las condiciones del agua de lluvia que se iba a intervenir fue necesario realizar la caracterización física, química y microbiológica del líquido, para lo cual se contrató al laboratorio de aguas de la compañía ACUAGYR S.A. E.S.P. con el fin de que analizaran las muestras que fueron tomadas.

Las muestras fueron tomadas el día 30 de Abril de 2021 a las 7:52 a.m., con los recipientes estériles que fueron suministrados por la compañía encargada de los análisis de laboratorio.

Ilustración 3. Recipientes para toma de muestras.



FUENTE: (Autores, 2021)

Se inició con la toma de muestras en el recipiente para el análisis de las características físicas y químicas, siendo tomadas por Duban Stiven Vera Perez acorde con lo indicado en el manual de toma de muestras suministrado por ACUAGYR S.A. E.S.P. y de acuerdo a lo indicado en la NTC ISO 5667 – 2 del 21 de Julio de 1995, (ilustración 4 y 5).

Ilustración 4. Toma de muestra para análisis físico y químico.



FUENTE: (Autores, 2021)

Ilustración 5. Muestra tomada.



FUENTE: (Autores, 2021)

Posteriormente se tomó la muestra para el análisis de las características microbiológicas, siendo tomadas por Oscar Julian Castañeda Padua acorde con lo indicado en el manual de toma de muestras suministrado por ACUAGYR S.A. E.S.P. y de acuerdo a lo indicado en la NTC ISO 5667 – 2 del 21 de Julio de 1995, (ilustración 4 y 5).

Ilustración 6. Toma de muestra características microbiológicas.



FUENTE: (Autores, 2021)

Ilustración 7. Muestra tomada análisis microbiológicos.



FUENTE: (Autores, 2021)

Una vez tomadas las muestras fueron refrigeradas y llevadas de manera inmediata al laboratorio, acorde a como lo indica la NTC ISO 5667 – 3 del 03 de Noviembre de 2004 (*ver ilustración 8*).

Ilustración 8. Almacenaje muestras.



FUENTE: (Autores, 2021)

Dos semanas después de haber entregado las muestras fueron recibidos los resultados de los análisis de laboratorio, arrojando la siguiente información (*ilustración 9*):

Ilustración 9. Resultados análisis de laboratorio iniciales.

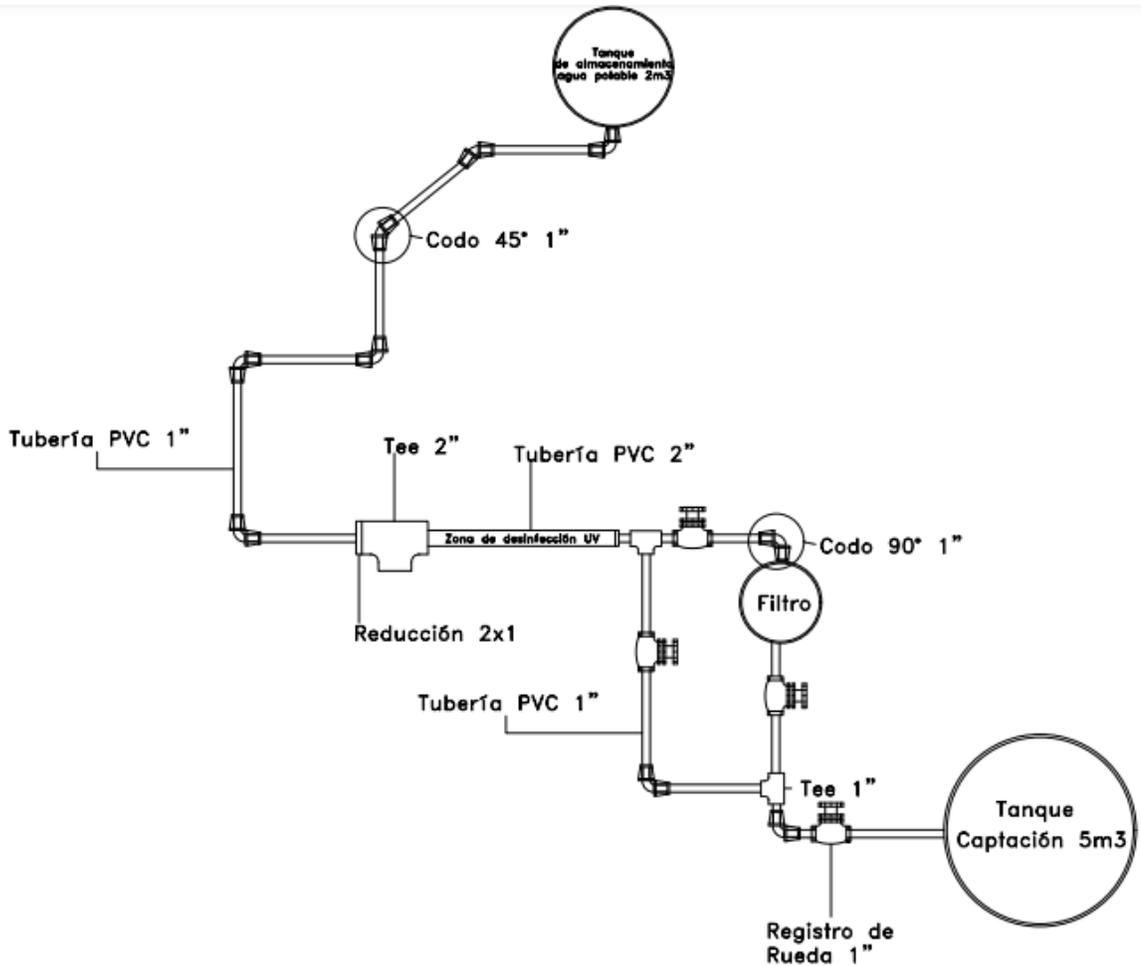
FECHA DE ANÁLISIS:		2021-04-30					
REPORTE DE RESULTADOS							
Parametro	Unidades	Acreditada	Método	Límite de Cuantificación	Resultado	Incertidumbre del resultado	Límite Normativo
Fisicoquímicos							
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO ₃ /L	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Titولمétrico. SM-2320 B	5,00	23	±1,0	200
COLOR APARENTE	UPC	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Espectrofotométrico. P. 38-LAB Versión: 07	1,5	4	±0,22	15
CLORUROS	mg Cl ⁻ /L	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Titولمétrico. SM-4500 Cl ⁻ C	2,00	<2	±0,2	250
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Potenciométrico. SM-2510B	147	<147	± 6	1000
DUREZA TOTAL	mg CaCO ₃ /L	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Titولمétrico. SM-2340 C	5,00	27	±0,97	300
NITRATOS	mg NO ₃ ⁻ /L	—	Espectrofotométrico. P-57-LAB	—	1,1	—	10
PH	Und. pH	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Electrométrico. SM-4500H+B	N.A	7,16	±0,09	6.5-9.0
SULFATOS	mg SO ₄ ²⁻ /L	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Espectrofotométrico. P-41-LAB Versión: 07	5,0	6	±0,3	250
TURBIEDAD	NTU	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Nefelométrico. SM-2130B	0,27	1,59	±0,031	2
Microbiológicos							
Parametro	Unidades	Acreditada	Método	Límite de Cuantificación	Resultado	Incertidumbre	Límite Normativo
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Enzima Sustrato SM 9223 A - B	1	>2419,6	± 0,008° C (concentración obtenida en el ensayo)	<1microorganismo / 100ml
E. COLI	NMP/100ml	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Enzima Sustrato SM 9223 A - B	1	>2419,6	± 0,027° C (concentración obtenida en el ensayo)	<1microorganismo / 100ml

FUENTE: (ACUAGYR S.A.E.S.P., 2021)

DISEÑO SISTEMA DE TRATAMIENTO

Una vez realizados los análisis de laboratorio se inició con los diseños necesarios para la red de transporte del agua, el filtro y la zona de desinfección; optimizando los elementos que actualmente existían en la zona a intervenir, para lo cual fueron tenidos en cuenta los 2 tanques de almacenamiento que se encontraban en el lugar utilizándolos para el desarrollo del proyecto. (Ver ilustración 10)

Ilustración 10. Diseño acometida sistema de tratamiento.

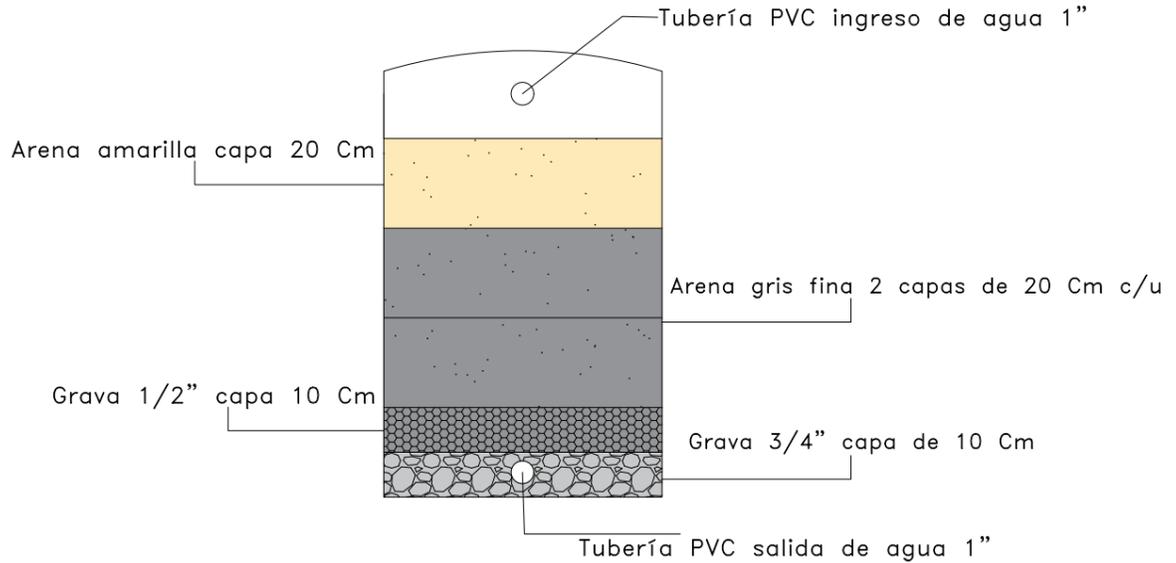


ACOMETIDA SISTEMA DE TRATAMIENTO

FUENTE: (Autores, 2021)

Se continuó con el diseño del filtro, delimitando los espesores de cada una de sus capas y el tipo de material a utilizar.

Ilustración 11. Diseño filtro.



FUENTE: (Autores, 2021)

Teniendo en cuenta los parámetros de diseño establecidos en la tabla No. 10 de la Resolución 0330 del 2017, se implementó un filtro rápido de arena con lecho simple de una profundidad del medio de 0,6 m. Estructuralmente el prototipo del filtro quedó organizado de la siguiente forma 2 capas de arena gris fina de 20 Cm cada una y una capa de arena amarilla de 20 Cm; además 1 capa de 10 Cm de grava de 3/4" y una capa de 10 Cm de grava de 1/2" los cuales son utilizados como material de soporte.

Finalmente, ya con los diseños establecidos se procede a hacer todo el montaje y el armado del prototipo, las redes y las adecuaciones pertinentes para el sistema de tratamiento.

CONSTRUCCIÓN FILTRO

Materiales:

- Caneca de 55 galones con tapa en polietileno de alta densidad.
- Taladro.
- Tubería PVC de 1”.
- Grava 3/4 “.
- Grava 1/2 “.
- Arena fina.
- Arena amarilla.

Montaje:

Una vez se tiene la caneca limpia se procede a abrir las respectivas aberturas para el ingreso y la salida de la tubería de 1” (ilustración 12).

Ilustración 12. Apertura orificios caneca de 55 galones



FUENTE: (Autores, 2021)

Ya abiertos los orificios se procedió con la instalación de los flanches de salida de la caneca de 55 galones.

Ilustración 13. Instalación flanches.



FUENTE: (Autores, 2021)

Al tener instalados los flanches se procedió a armar la red de recolección del filtro junto con los agujeros para la captación del agua una vez pase por el sistema de filtrado (ver ilustración 14).

Ilustración 14. Red de recolección y apertura de agujeros.



FUENTE: (Autores, 2021)

Posteriormente se realizó el armado de la parte superior del filtro (red de alimentación) y apertura de los orificios para una descarga distribuida de agua como se evidencia en la ilustración 15.

Ilustración 15. Red de alimentación filtro.



FUENTE: (Autores, 2021)

Una vez armadas las redes inferior y superior se procedió a hacer el montaje dentro del filtro.

Ilustración 16. Montaje redes filtro.



FUENTE: (Autores, 2021)

Ya con todo el montaje se realizó el lavado del material, hasta que este estuviese completamente limpio (ilustración 17).

Ilustración 17. Lavado del material granular



FUENTE: (Autores, 2021)

Se continuó con el extendido de las capas de material granular; inicialmente con una capa de 10 Cm de grava de 3/4" (ver ilustración 18).

Ilustración 18. Primera capa filtro



FUENTE: (Autores, 2021)

Posteriormente se extendió una capa de 10 Cm de grava de 1/2".

Ilustración 19. Extendida segunda capa filtro



FUENTE: (Autores, 2021)

Se continuó con el extendido de 40 Cm de arena fina dividida en 2 capas de 20 Cm cada una, como se aprecia en la ilustración 20.

Ilustración 20. Extendida capas de arena fina



FUENTE: (Autores, 2021)

Finalmente se procedió con la extendida de la última capa de 20 Cm de arena amarilla, para de esta manera concluir con la construcción del filtro (ilustración 21).

Ilustración 21. Última capa de arena amarilla.



FUENTE: (Autores, 2021)

Ilustración 22. Filtro finalizado.



FUENTE: (Autores, 2021)

CONSTRUCCIÓN ZONA DE DESINFECCIÓN UV

Materiales:

- 1.50 m de tubería PVC 2”.
- 2 Reducciones de 2” x 1”.
- 1 Unión PVC 2”.
- 1 Tee PVC 2”.
- 1 Tapón PVC 2”.
- 1 Cinta ultravioleta germicida.
- Pulidora.
- Taladro.
- Silicona líquida.

Montaje:

Inicialmente se le hacen dos perforaciones al tubo donde irán las cintas UV las cuales estarán debidamente ajustadas con silicona para que se mantengan en la parte superior de la tubería, se instala una tee de 2 pulgadas con un segmento de tubo y a este a su vez sellado con un tapón de 2 pulgadas el cual lleva dos perforaciones en la parte superior para que salga y quede aislada la conexión de la cinta uv, finalmente se instalan dos reducciones de dos pulgadas a una pulgada en los bordes de la tubería dejando así el paso del agua de manera correcta con un flujo laminar, para una óptima desinfección.

Ilustración 23. Zona de desinfección.



FUENTE: (Autores, 2021)

TOMA DE MUESTRAS FINALES

Una vez realizados los procesos de filtración y desinfección del agua se llevó a cabo la toma de muestras para conocer las condiciones finales del agua que se trató realizando nuevamente la caracterización física, química y microbiológica del líquido, para lo cual se contrató al laboratorio de aguas de la compañía ACUASLAB S.A.S. para el respectivo análisis de las muestras que fueron tomadas.

Las muestras fueron tomadas el día 03 de Agosto de 2021 a las 2:48 a.m., con los recipientes estériles que fueron suministrados por la compañía encargada de los análisis de laboratorio. Iniciamos con la toma de muestras en el recipiente para el análisis de las características físicas y químicas, siendo tomadas por Oscar Julian Castañeda Padua acorde con lo indicado en el manual de toma de muestras suministrado por AGUASLAB S.A.S. y según lo establecido por la NTC ISO 5667 – 2 del 21 de Julio de 1995. (ilustración 24 y 25)

Ilustración 24. Toma de muestra final análisis físico y químico.



FUENTE: (Autores, 2021)

Ilustración 25. Muestra tomada.



FUENTE: (Autores, 2021)

Posteriormente se tomó la muestra para el análisis de las características microbiológicas, siendo tomadas por Oscar Julian Castañeda Padua acorde con lo indicado en el manual de toma de muestras suministrado por AGUASLAB S.A.S. y de la misma manera acorde a lo establecido en la NTC ISO 5667 – 2 del 21 de Julio de 1995. (ver ilustración 26 y 27).

Ilustración 26. Toma de muestra final análisis microbiológico.



FUENTE: (Autores, 2021)

Ilustración 27. Muestra tomada.



FUENTE: (Autores, 2021)

Tres días después de haber entregado las muestras fueron recibidos los resultados de los análisis de laboratorio del agua tratada, arrojando lo siguiente:

Ilustración 28. Resultados análisis de laboratorio finales.

RESULTADOS FISICOQUIMICOS					
CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL AGUA	METODO ANALITICO	FECHA DE ANALISIS	VALOR REFERENCIA RESOLUCION 2115 / 2007	UNIDADES	RESULTADOS
p.H.	Electrométrico	4/08/2021	6,5 a 9,0	UNIDADES	6,7
COLOR	Espectofotométrico	4/08/2021	Menor ó igual = a 15	UPC	7
TURBIEDAD	Nefelométrico	4/08/2021	Menor ó igual = a 2	NTU	0,9
CLORUROS	Titulométrico	4/08/2021	Hasta 250	mg/ L Cl	7
SULFATOS	Turbidimétrico	4/08/2021	Hasta 250	mg/ L SO ₄	7,7
FOSFATOS	Colorimétrico	4/08/2021	Hasta 0.50	mg/ L PO ₄	0,04
NITRITOS	Colorimétrico	4/08/2021	Hasta 0.1	mg/ L NO ₂	0,03
HIERRO TOTAL	Colorimétrico	4/08/2021	Hasta 0.3	mg/ L Fe	0,08
ALCALINIDAD TOTAL	Titulométrico	4/08/2021	Hasta 200	mg/ L CaCO ₃	38
DUREZA TOTAL	Titulométrico	4/08/2021	Hasta 300	mg/ L CaCO ₃	180
MANGANESO	Colorimétrico	4/08/2021	Hasta 0,5	mg / L Mn	0,09
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico	4/08/2021	Hasta 300	mg/ L μS/cm	293
NITRATOS	Colorimétrico	4/08/2021	Hasta 10	mg / L NO ₂	1

RESULTADOS BACTERIOLOGICO				
BACTERIOLOGICO	FECHA DE ANALISIS	VALORES DE REFERENCIA RESOLUCION 2115 / 2007	UNIDADES	RESULTADOS
COLIFORMES TOTALES	4-08-2021	0 U.F.C / 100 ml	U.F.C / 100ml	0 U.F.C / 100ml
ESCHERICHIA COLI	4-08-2021	0 U.F.C / 100 ml	U.F.C / 100ml	0 U.F.C / 100ml

FUENTE: (AGUASLAB S.A.S., 2021)

Una vez recibidos los análisis de laboratorio realizados, se verificó el cumplimiento con lo establecido en la Resolución 2115 del 2007, arrojando resultados favorables con el cumplimiento de los criterios mínimos de calidad del agua para consumo humano, resaltando que los resultados de la muestra 1 y la muestra 2 varían satisfactoriamente, destacando la casilla del cloro ya que inicialmente el resultado de la muestra 1 arroja <2 unidades de cloro y los resultados de la muestra final arrojan 7 unidades de cloro; esto debido a agentes externos de la investigación del presente trabajo (la señora relata que días antes la alcaldía municipal les suministró agua potable mezclándola con el agua de lluvia que tenían almacenada debido a la sequía que se presentaba actualmente).

PRESUPUESTO DE OBRA

Ilustración 29. Presupuesto de obra.

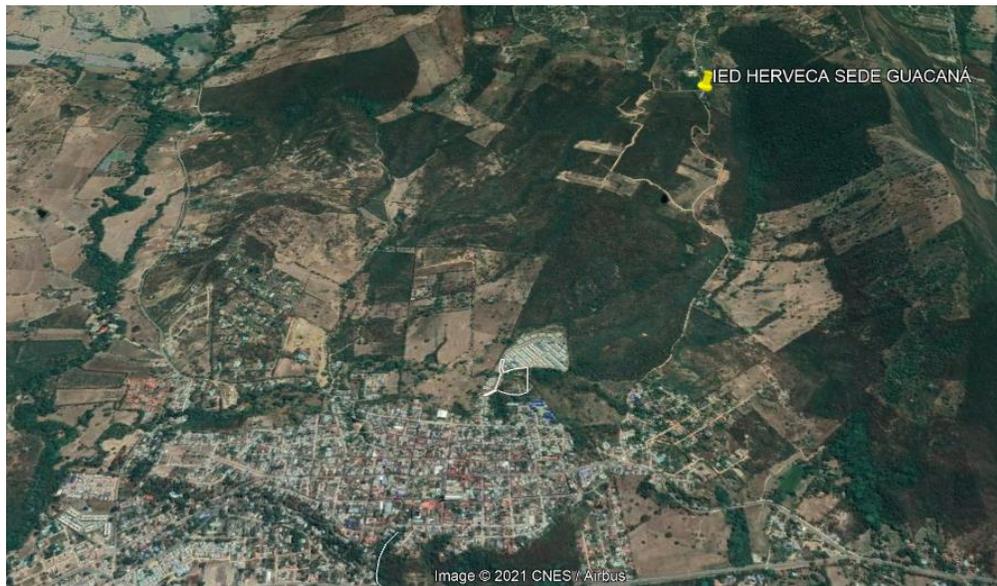
REPUBLICA DE COLOMBIA DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA MUNICIPIO DE TOCAIMA					
RESUMEN PRESUPUESTO OFICIAL					
“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO POTABILIZADOR PARA TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN LA VEREDA GUACANA DEL MUNICIPIO DE TOCAIMA CUNDINAMARCA, CON BASE A LA CARACTERIZACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS”					
FORMATO CANTIDADES Y PRESUPUESTO					
VEREDA GUACANA			SEDE EDUCATIVA GUACANA		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE ÍTEMS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	CANECA DE 55 GALONES EN POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD CON TAPA PUESTA EN OBRA.	UNIDAD	1,00	\$ 250.000,00	\$ 250.000
2	LAMPARA UV GERMICIDAD	UNIDAD	1,00	\$ 400.000,00	\$ 400.000
3	LABORATORIOS FISICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS IN SITU ANTES DEL DISEÑO	UNIDAD	1,00	\$ 300.000,00	\$ 300.000
4	LABORATORIOS FISICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS IN SITU DESPUES DEL DISEÑO	UNIDAD	1,00	\$ 300.000,00	\$ 300.000
5	TUBERIA PVC DE 1 PULGADA	METROS	12,00	\$ 5.700,00	\$ 68.400
6	TUBERIA PVC DE 2 PULGADA	METROS	3,00	\$ 15.000,00	\$ 45.000
7	ACCESRIOS PVC PRESION	GLOBAL	1,00	\$ 150.000,00	\$ 150.000
8	REGISTROS 1 PULGADA PVC	UNIDAD	4,00	\$ 20.000,00	\$ 80.000
9	MATERIAL GRANULAR PARA FILTRO PUESTO EN OBRA	GLOBAL	1,00	\$ 75.000,00	\$ 75.000
10	TRANSPORTE-COMBUSTIBLE	GLOBAL	1,00	\$ 50.000,00	\$ 50.000
11	VARIOS (PEGANTE-SILICONA-DISCOS DE CORTAR-BROCAS)	GLOBAL	1,00	\$ 80.000,00	\$ 80.000
COSTOS DIRECTOS					\$ 1.798.400
VALOR TOTAL DEL PROYECTO AJUSTADO AL PESO					\$ 1.798.400

FUENTE: (Autores, 2021)

GEOREFERENCIACIÓN

La zona a intervenir se encuentra ubicada en la vereda Guacaná del municipio de Tocaima – Cundinamarca, con una georreferenciación por el norte en $4^{\circ} 28' 44.45''$ y por el oeste en $74^{\circ} 37' 21.91''$, como se puede evidenciar en la ilustración 30 y31.

Ilustración 30. Localización zona a intervenir.



FUENTE: (GOOGLE EARTH, 2021)

Ilustración 31. Georreferenciación.



FUENTE: (GOOGLE EARTH, 2021)

10. CONCLUSIONES.

- Se realizó la caracterización física, química y microbiológica del agua, con lo cual se decidió el tipo de tecnología de tratamiento de agua implementado en el prototipo, en este caso de acuerdo a la información de los resultados y con base a la tabla No. 4 del RAS se determinó hacer una filtración convencional y desinfección UV.
- Una vez realizada la investigación, se diseñó un prototipo potabilizador para el tratamiento de agua de lluvia, el cual consiste en determinadas capas granulares para garantizar una filtración efectiva.
- Se implementó el diseño final del prototipo potabilizador de agua de lluvia en la Institución Educativa Departamental Hernán Venegas Carrillo sede Guacaná del municipio de Tocaima – Cundinamarca, dando resultados favorables en la comunidad educativa de la zona.
- Finalmente se realizaron las respectivas muestras de agua para verificar su calidad dando un resultado favorable, y cumpliendo con lo establecido con los parámetros establecidos por la Resolución 2115 del 2007, para agua potable.
- Se estableció un protocolo para el óptimo funcionamiento del esquema potabilizador de agua de lluvia y se entregó en un modelo de manual de uso.
- Se logró evidenciar la funcionalidad que tiene la radiación UV para la desinfección de los microorganismos en el agua, con un 99,9% de efectividad.

11. RECOMENDACIONES.

- Al momento de la ubicación del tanque recolector es necesario acondicionar una zona totalmente plana y estable con el fin de que el tanque no se desestabilice y así evitar daños en el mismo, que pueden generar costos adicionales.
- Para la ubicación de este prototipo debe tenerse en cuenta el manejo de alturas debido a que el sistema funciona por gravedad.
- Al utilizar la lámpara UV es necesario tener precaución con la piel y los ojos debido a que luz ultra violeta es sensible para el ser humano.
- Se recomienda hacer un tratamiento complementario con hipoclorito de sodio al 20%, ya que al tratarse de agua estancada y dejar de tener contacto con la luz UV los microorganismos podrán hacer presencia sin barrera alguna, para lo cual recomendamos 10 ml por cada metro cubico.
- Teniendo en cuenta la recomendación anterior bajo el siguiente procedimiento matemático:

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

$$20\% * 0.01 \text{ litros} = C_2 * 1000 \text{ litros}$$

$$C_2 = \frac{20\% * 0.01 \text{ litros}}{1000 \text{ litros}}$$

$$C_2 = 0,0002\% = 2 \text{ mg/L } Cl_2$$

Podemos demostrar que adicionando 10 ml de hipoclorito de sodio al 20% por cada metro cubico de agua, el resultado es 2 mg/L, cumpliendo con la establecido en la Resolución 2115 del 2007.

- Finalmente se recomienda la reestructuración o adecuación del sistema de recolección de agua de lluvia debido a que la estructura actual no cumple adecuadamente con su función.

12. REFERENCIAS – BIBLIOGRAFÍA.

- ACUAGYR S.A.E.S.P. (2021). *AGUAS DE GIRARDOT RICAURTE Y LA REGIÓN*. Girardot.
- AGUASLAB S.A.S. (2021). *LABORATORIO DE AGUAS*. Girardot.
- Alcaldía de Tocaima . (2019). *Acueductos veredales* . Obtenido de <http://empresa-regional-de-servicios-publicos-de-tocaima-y.micolombiadigital.gov.co/informacion-adicional/acueductos-veredales-tocaima-cundinamarca>
- ambiental, h. (07 de 03 de 2018). *La historia del tratamiento del agua potable: un camino hacia la mejora radical de la salud pública*. Obtenido de <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/la-historia-del-tratamiento-del-agua-potable-un-camino-hacia-la-mejora-radical-de-la-salud-publica>
- AQUAE Fundación. (2021). *AQUAE Fundación*. Obtenido de AQUAE Fundación: <https://www.fundacionaquae.org/que-es-el-agua/>
- Argandoña Zambrano. (2013). DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES, SUSPENDIDOS, SEDIMENTADOS Y VOLÁTILES, EN EL EFLUENTE DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN SITUADAS EN LA PARROQUIA COLÓN. Manabí, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/137/1/DETERMINACION%20DE%20SOLIDOS%20TOTALES%2C%20SUSPENDIDOS%2C%20SEDIMENTADOS%20Y%20VOLATILES.pdf>
- Asamblea Nacional Constituyente . (1991). *Constitucion Política de Colombia* . Obtenido de <https://pdba.georgetown.edu/Constitutions/Colombia/colombia91.pdf>
- Autores. (11 de 03 de 2021). Girardot, Cundinamarca, Colombia.
- Bialab. (05 de 08 de 2019). *Bolivar Industrial Ambiental Laboratorios S.A.S*. Obtenido de Bolivar Industrial Ambiental Laboratorios S.A.S.: <https://www.bialab.co/publicaciones/actualidad/analisis-de-agua-en-que-consiste-y-para-que-sirve>
- Biologica, convenio sobre la Diversidad. (2010). *GUIA DE BUENAS PRACTICAS, AGUA POTABLE DIVERSIDAD BIOLOGICA Y DESARROLLO*. Obtenido de <https://www.cbd.int/development/doc/cbd-good-practice-guide-water-booklet-web-es.pdf>

- Blacio, O. D. (2011). *Universidad de Cuenca*. Obtenido de Universidad de Cuenta: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/751/1/ti878.pdf>
- Briñez, K. J., Guarnizo, J. C., & Arias, S. A. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 176. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/120/12023918006.pdf>
- Colombiana, N. T. (10 de 05 de 1995). *NTC ISO 5667*. Obtenido de Calidad del agua: <http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000145-d5b44d6af9/NTC-ISO%205667-01-1995.%20Directrices%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20planes%20de%20muestreo.pdf>
- CorAntioquia . (2019). *Monitoreos físicos, químicos y microbiológicos* . Obtenido de <http://www.piraguacorantioquia.com.co/piragua/caracterizacion-del-agua/>
- Cundinamarca, G. d. (15 de 08 de 2017). Obtenido de http://www.cundinamarca.gov.co/Home/SecretariasEntidades.gc/Secretaria deplaneacion/SecretariadeplaneacionDespliegue/asmapas_contenidos/csec replanea_mapas_mapasdepart
- Delgado, S., Trujillo, J., & Torres, M. (2017). *GESTIÓN DEL AGUA EN COMUNIDADES RURALES; CASO DE ESTUDIO CUENCA DEL RÍO GUAYURIBA, META-COLOMBIA*. Obtenido de <http://vip.ucaldas.edu.co/lunazul/index.php/english-version/91-coleccion-articulos-espanol/249-gestion-del-agua-en-comunidades-rurales>
- Elio Pietroban, T. (2017). *Desinfección por luz ultravioleta*. Sao Paulo: Academia. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55669588/5_Luz_UV_Desinfeccion-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1628302201&Signature=XxosffGh6Ha5ezl3FrPCgJsn2xzOwz0JJC9uYLCdaGRT~Hh9y1fRpicsBoCLwbVcLf3vmA-mau4vnnBB2DwUSfuurRFxQUaZsI3J29pJBQenvCmaicpn5skBbb3FecXWz~Sjpr
- FIBRAS Y NORMAS DE COLOMBIA S.A.S. (2004). *CAUDAL: DEFINICION Y METODOS DE MEDICION*. Obtenido de <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/caudal-definicion-y-metodos-de-medicion/>
- GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA. (2021). Bogotá.
- Google. (11 de 01 de 2021). *Google imagenes*. Obtenido de Google imagenes: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fmenorpagocom.co%2Fportatil-hp-14-14bs015la-1tb-linux->

blanco%2F&psig=A0vVaw3mgBi1d5y7PYrq2QdKxbuM&ust=1615582161034000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCOCZ-9uOqe8CFQAAAAAdAAAAABAQ

Google. (11 de 03 de 2021). *Google imagenes*. Obtenido de Google imagenes: <https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fmaquinagro.com%2Fproducto%2Fmotocicleta-cb-110-std%2F&psig=A0vVaw0QxMSIbwUSBcvnhPN-leQr&ust=1615583467301000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCKDZ1MuTqe8CFQAAAAAdAAAAABAD>

Google. (11 de 03 de 2021). *Google imagenes*. Obtenido de Google imagenes: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.freepik.es%2Fvector-premium%2Fconjunto-elementos-papeleria-ilustracion-vectorial_4646335.htm&psig=A0vVaw3FPswlhv6_Khv4DoZwgmyQ&ust=1615584844272000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCICd1NuYqe8CFQA

Google. (11 de 03 de 2021). *Google imagenes*. Obtenido de Google imagenes: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ftecnoedu.com%2FFisica%2FProyectoEureka.php&psig=A0vVaw1rgvRAepAXTODtWc7M_n3p&ust=1615585140522000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCJDERumZqe8CFQAAAAAdAAAAABAs

GOOGLE EARTH. (2021). Tocaima, Cundinamarca, Colombia.

H.B. Wright y W.L.Cairns. (2018). *USAM*. Obtenido de USAM: http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/agua/LUZ_ULTRAVIOLETA.pdf

I.E.D. HERNÁN VENEGAS CARRILLO. (2021). Tocaima.

I.E.D. HERVECA. (2018). *Manual de Convivencia y Prevención de la Violencia Escolar*. Tocaima, Cundinamarca, Colombia. Obtenido de <http://www.iedhernanvenegascarrillo.edu.co/manual.pdf>

IVAN RICARDO AVILA BAREÑO, M. A. (06 de 2016). *DISEÑO, PROPUESTA E IMPLEMENTACION DE UN FILTRO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS DE USO DOMÉSTICO EN TANQUES DE RESERVA EN LA POBLACION DEL CASCO URBANO DE LA INSPECCIÓN DE SAN ANTONIO DE ANAPOIMA*. Obtenido de [file:///C:/Users/Edwin%20DJ/Downloads/ANTEPROYECTO%20SEMINARIO%20FILTRO%20ARENA%20ULTIMA%20%20ENTREGA%20JUNIO%2011%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Edwin%20DJ/Downloads/ANTEPROYECTO%20SEMINARIO%20FILTRO%20ARENA%20ULTIMA%20%20ENTREGA%20JUNIO%2011%20(1).pdf)

LEIDY JOHANA CASTELLANOS RINCÓN, C. A. (03 de 07 de 2015). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN*

Y TRATAMIENTO AGUAS LLUVIAS EN CASA MULTIFAMILIAR PARA USO DOMÉSTICO EN EL BARRIO CONSUELO LOCALIDAD DE RAFAEL URIBE URIBE. Obtenido de Trabajo De Grado Para Optar Al Título De Ingeniero(a) Civil:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2408/1/Final%20Trabajo%20de%20Grado.pdf>

Manzanas, J. (24 de 11 de 2019). *Qué porcentaje de la superficie de la Tierra es agua.* Obtenido de Ok Diario : <https://okdiario.com/curiosidades/que-porcentaje-superficie-tierra-agua-4854527#:~:text=Qu%C3%A9%20parte%20de%20la%20superficie%20de%20la%20Tierra%20es%20agua&text=Por%20lo%20tanto%2C%20no%20podemos,se%20encuentra%20en%20los%20oc%C3%A9anos.>

Martinez, L. A. (2015). *PROTOTIPO PARA LA DESINFECCION DEL AGUA POR EL METODO DE DESINFECCION SOLAR .* Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10670/2018martinezla dy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martinez, L. A. (2015). *PROTOTIPO PARA LA DESINFECCION DEL AGUA POR EL METODO DE DESINFECCION SOLAR .* Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10670/2018martinezla dy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Desarrollo Economico . (12 de 2000). *Documento Tecnico normativo del sector de agua potable y saneamiento basico .* Obtenido de http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_a_.pdf

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (22 de 07 de 2007). *RESOLUCIÓN NÚMERO 2115.* Obtenido de minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaación_del_agua/Resolución_2115.pdf

Ministerio De Proteccion Social. (22 de junio de 2007). *Resolucion 2115.* Obtenido de

https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaación_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf

Ministerio de Proteccion Social. (22 de junio de 2007). *Resolución 2115 .* Obtenido de

https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaación_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf

Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (08 de 06 de 2017). Resolución 0330 "Por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico - RAS". Bogotá D.C., Bogotá D.C., Colombia. Obtenido de <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0330-2017.pdf>

- Mora, V., & Cedeño, J. (03 de 2006). *Determinación fisicoquímica y bacteriológica del agua en las etapas de tratamiento en planta de potabilización. Universidad, Ciencia y Tecnología.* Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212006000100007
- observatorio regional ambiente y desarrollo sostenible del rio bogota. (s.f.). *tocaima.* Obtenido de <https://orarbo.gov.co/es/el-observatorio-y-los-municipios/informacion-general-municipio?cd=7b5061b0e6853f9de8802ef0f20c956e>
- OMS. (2006). *Guías para la calidad de agua potable.* Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- OMS. (2006). *ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.* Obtenido de Guías para la calidad del agua potable tercera edición: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf?ua=1
- Peñañiel, P. (2010). Que es un filtro de carbón activado. *Revista Vinculando.* Obtenido de https://vinculando.org/microblogging/que_es_un_filtro_de_carbon_activado.html?format=pdf
- pinteres. (s.f.). *google fotos* . Obtenido de <https://www.pinterest.es/pin/189925309269261365/>
- Pinzon Cortéz, H. (2015). DISEÑO DE UN SISTEMA COMPACTO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA GRANJA LA FORTALEZA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MELGAR- TOLIMA. Bogotá D.C., Colombia. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11285/INFORME%2021.101.023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Procuraduría General de la Nación; UNICEF NACIONES UNIDAS . (2007). *La infancia, el agua y el saneamiento en los planes de desarrollo y municipales.* Obtenido de https://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/parte1_agua.pdf
- Rodriguez, J., Garcia, C., & Garcia, J. (2016). *Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento basico en colombia* . Obtenido de <https://www.scielosp.org/pdf/rsap/2016.v18n5/738-745>
- Rossi, G. M. (2017). *Universidad Nacional de San Agustín.* Obtenido de Universidad Nacional de San Agustín:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5965/SEerosagm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SÁNCHEZ, C. I. (2013). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN ISIDRO DEL CANTÓN GUANO*. Obtenido de ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO: <https://core.ac.uk/download/pdf/234590024.pdf>

Sefiltra. (2020). *Sefiltra*. Obtenido de Sefiltra: <https://www.sefiltra.com/productos/filtros-arena-y-carbon-activo/>

Serviqualita, E. d. (31 de 10 de 2016). *Equipo de Serviqualita calidad y servicio*. Obtenido de <https://serviqualita.es/index.php/inicio/blog/item/152-antecedentes-historicos-del-tratamiento-del-agua>

Toda Colombia. (2019). *Departamento de Cundinamarca*. Obtenido de <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/cundinamarca/index.html>

UNAD. (2013). *UNAD*. Obtenido de UNAD: https://www.academia.edu/41181727/UNIVERSIDAD_NACIONAL_ABIERTA_Y_A_DISTANCIA_UNAD_Escuela_de_Ciencias_Agr%C3%ADcolas_Pecuarias_y_del_Medio_Ambiente_Dise%C3%B1o_de_Plantas_Potabilizadoras_UNIVERSIDAD_NACIONAL_ABIERTA_Y_A_DISTANCIA?auto=download

UNICEF, COSUDE; SODIS . (2003). *Desinfeccion solar del agua*. Obtenido de https://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente_material/manual_s.pdf

Unipiloto SAM. (2014). *Universidad Piloto de Colombia*. Obtenido de Universidad Piloto de Colombia: <https://girardot.unipiloto.edu.co/unipiloto/la-universidad/vision-y-mision-institucional/>

Unipiloto SAM. (2014). *Universidad Piloto de Colombia*. Obtenido de Universidad Piloto de Colombia: <https://girardot.unipiloto.edu.co/programas/pregrado/ingenieria-civil/>

Universidad cooperativa de colombia. (07 de 09 de 2020). *Reconocimiento al Proyecto AQUA por sus buenas prácticas en Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.ucc.edu.co/noticias/prensa/investigacion/Reconocimiento-al-Proyecto-AQUA>

Valencia, J. A. (1992). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Acodal.

13. ANEXOS.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Anexo 1. Visita de campo.



FUENTE: (Autores, 2021)

Anexo 2. Visita de campo.



FUENTE: (Autores, 2021)

Anexo 3. Agua cruda.



FUENTE: (Autores, 2021)

Anexo 4. Toma de muestras.



FUENTE: (Autores, 2021)

Anexo 5. Zona de trabajo.



FUENTE: (Autores, 2021)

Anexo 6. Montaje filtro (red inferior).



FUENTE: (Autores, 2021)

Anexo 7. Armado red inferior.



FUENTE: (Autores, 2021)

Anexo 8. Apertura orificios filtro.



FUENTE: (Autores, 2021)

Anexo 9. Capas de material granular filtro.



FILTRO: (Autores, 2021)

Anexo 10. Zona de desinfección.



FUENTE: (Autores, 2021)

Anexo 11. Zona de desinfección UV.



FUENTE: (Autores, 2021)

Anexo 12. Redes de alimentación.



FUENTE: (Autores, 2021)

Anexo 13. Salida filtro a zona de desinfección.



FUENTE: (Autores, 2021)

Anexo 14. Red de transporte final.



FUENTE: (Autores, 2021)

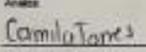
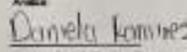
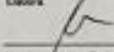
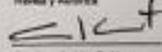
Anexo 15. Entrada tanque de almacenamiento agua potable.



FUENTE: (Autores, 2021)

DOCUMENTOS

Anexo 16. Resultados de laboratorio iniciales.

 		INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO		Código: F-07-P-31-LAB Versión: 17 Fecha de Aprobación: 2021-04-29			
NT. 990.600.803-8 Kilómetro 3 vía Gáratea - Méjara (Planta de Tratamiento) Tel: 8366146 - 8335006 ext. 118		FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: Ricardito - Cundinamarca, 8/05/2021		No. 0254-21			
DATOS DEL CLIENTE CLIENTE: Duben Silver Vera Pérez SOLICITANTE: Duben Silver Vera Pérez DIRECCIÓN: Calle 4 No. 8 - 52, Barrio Centro, Toluima (Cundinamarca) TELÉFONO: 3106731713 E.MAIL.: duben.silver@trivialis.com		MT. / CC.: 107963070 CIUDAD: Toluima (Cundinamarca) OFERTA No.: 0811-30 FACTURA No.: Contrapóliza N. 816257 5851					
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA (Esta información es suministrada por el Cliente - El laboratorio no es responsable por la veracidad de la misma) En representación del cliente, la muestra fue entregada por: Duben Silver Vera Pérez		LUGAR DE TOMA DE MUESTRA: Venida Guayana Toluima - Cundinamarca FECHA TOMA DE MUESTRA: 2021-04-30 HORA TOMA DE MUESTRA: 7:52 TIPO DE MUESTRA: Agua livia					
Laboratorio de Aguas de ACUAGYR S.A. E.S.P. FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 2021-04-30 FECHA DE ANÁLISIS: 2021-04-30		CONSECUTIVO DE MUESTRA LABORATORIO No: 1287					
REPORTE DE RESULTADOS							
Parámetro	Unidades	Acreditada	Método	Límite de Cuantificación	Resultado	Incertidumbre del resultado	Límite Normativo
Físico-químicos							
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO ₃ /L	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Titrimétrico SM 2550 B	5,00	23	± 0	200
COLOR APARENTE	UPC	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Espectrofotométrico - P-85-LAB Versión 07	1,5	4	±0,22	15
CLORUROS	mg Cl ⁻ /L	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Titrimétrico SM 4500 Cl ⁻ C	2,00	<2	±0,2	250
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Paramétrico SM 2550 B	147	<147	± 6	1000
DUREZA TOTAL	mg CaCO ₃ /L	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Titrimétrico SM 2540 C	5,00	27	±0,97	300
NITRATOS	mg NO ₃ ⁻ /L	—	Espectrofotométrico P-87-LAB	—	1,1	—	10
PH	Und. pH	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Electrónico SM 4020-A	N.A.	7,16	±0,09	6,5-9,0
SULFATOS	mg SO ₄ ²⁻ /L	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Espectrofotométrico P-41-LAB Versión 07	5,0	6	±0,3	250
TURBEDAD	NTU	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Nefelométrico SM 2130 B	0,27	1,58	±0,031	2
Microbiológicos							
Parámetro	Unidades	Acreditada	Método	Límite de Cuantificación	Resultado	Incertidumbre	Límite Normativo
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Enzima Substrato SM 9223 A - B	1	<2419,6	± 0,008° C (concentración obtenida en el ensayo)	<1microorganismo / 100ml
E. COLI	NMP/100ml	ONAC - Certificado 10-LAB-38	Enzima Substrato SM 9223 A - B	1	<2419,6	± 0,027° C (concentración obtenida en el ensayo)	<1microorganismo / 100ml
S.A. de Ingestión - S.A. de Agua Estos resultados corresponden exclusivamente a la muestra entregada por el cliente, tal cual como fue entregada y recibida por el laboratorio, analizada y procesada en las instalaciones fijas del laboratorio de aguas de Acuagyr S.A. E.S.P., ubicada al Kilómetro 3 vía Gáratea - Méjara (Planta de Tratamiento). Los parámetros pH y Color resultan ser analizados inmediatamente de recibida la muestra. Entiéndase por inmediatamente, un intervalo de pocos minutos entre la recepción del bien y el momento del análisis. Este reporte no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin previa autorización por escrito del Laboratorio. El reporte de resultados sólo es válido con las firmas autorizadas.							
OBSERVACIONES: Nota: SM, Standard methods for the examination of water and wastewater. 23 Edition 2017							
Análisis:  Nombre: Camila Torres Cargo: Técnico Análisis		Análisis:  Nombre: Daniela Ramirez Garcia Cargo: Técnico Análisis		Cobora:  Nombre: Mariana Pedraza Cargo: Responsable Técnico		Revisó y Autorizó:  Nombre: Camilo Gallo Cargo: Director Técnico	
FIN DEL INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO							

FUENTE: (ACUAGYR S.A.E.S.P., 2021)

Anexo 17. Carta entrega resultados de laboratorio.

 **ACUAGYR**
Agua de Girardot, Ricaurte y La Región

Origen: XNF: CAMILO ANTONIO GAITAN RODRIGUEZ
Destino: SR. DUBAN STIVEN VERA PEREZ
2021.05.05 - 14:33:59 SANC-2021-000777

LAB-2021-0070
Girardot, 04 de Mayo de 2021

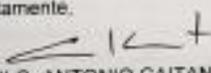
Señor:
Duban Stiven Vera Pérez
Calle 4 No. 8 – 52
Barrio Centro
Tocaima (Cundimarca)

Cordial saludo, Señora Vera:

Remitimos el informe de resultados No. 0254-21, emitido por el laboratorio de Aguas de ACUAGYR S.A. E.S.P., relacionado en la siguiente tabla, y correspondiente a los resultados obtenidos en los análisis realizados, a la muestra de agua, recolectada y entregada al laboratorio, el día 30 de Abril de 2021.

No. Informe	Lugar de Toma de Muestra	Fecha de recepción
0254-21	Vereda Guacaná Tocaima - Cundinamarca	2021-04-30

No sobra recordar que los resultados obtenidos y el informe respectivo, corresponden exclusivamente a la muestra recibida por el laboratorio en la fecha indicada y referenciada en el informe No. 0254-21.

Atentamente,

CAMILO ANTONIO GAITAN RODRÍGUEZ
Director Técnico

Anexo: Lo enunciado (un folio)
CGR

  **AGUAS DE GIRARDOT, RICAURTE Y LA REGION S.A. E.S.P.**
Sede Administrativa: Calle 16 Carrera 1 – PBX: 8335656 – Fax: 8311502
Fede Atención al Cliente: Calle 30 No. 7B-11 – Tel. 8332429 – 8330195

FUENTE: (ACUAGYR S.A.E.S.P., 2021)

Anexo 18. Resultados de laboratorio segunda toma.



REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. 2021 - 2134

Girardot Agosto 5 de 2021

DATOS DEL CLIENTE

MUNICIPIO	Tocaima - Cundinamarca	NET	1075630207
ENTIDAD	OSCAR JULIAN CASTAÑEDA PADUA		
DIRECCIÓN	Diag 2c - No 5 - 69	TEL	31206034521
DIRECCIÓN A	Oscar Julian Castañeda Padua	CARGO	Contacto

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA	1	AGUA TRATADA IRRADIADA CON UV	FUENTE	Aguo de Lluvia
LUGAR DE MUESTREO	1	Tocaima - Escuela Rural Guacane	HORA	2:48 PM
FECHA DE MUESTREO	1	Agosto 3 de 2021	CARGO	Estudiante
MUESTREO POR	1	Oscar Julian Castañeda	HORA	4:15 p. m.
FECHA RECEPCIÓN LAB	1	Agosto 3 de 2021		
FECHA DE REPORTE	1	Agosto 5 de 2021		

RESULTADOS FISICOQUIMICOS

CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL AGUA	METODO ANALITICO	FECHA DE ANALISIS	VALOR REFERENCIA RESOLUCION 2115 / 2007	UNIDADES	RESULTADOS
p.H.	Electrométrico	4/08/2021	6,5 a 9,0	UNIDADES	6,7
COLOR	Espectrofotométrico	4/08/2021	Menor ó igual = a 15	UPC	7
TURBIEDAD	Nefelométrico	4/08/2021	Menor ó igual = a 2	NTU	0,9
CLORUROS	Titولمétrico	4/08/2021	Hasta 250	mg/ L. Cl	7
SULFATOS	Turbidimétrico	4/08/2021	Hasta 250	mg/ L. SO4	7,7
FOSFATOS	Colorimétrico	4/08/2021	Hasta 0,50	mg/ L. PO4	0,04
NITRITOS	Colorimétrico	4/08/2021	Hasta 0,1	mg/ L. NO2	0,03
HIERRO TOTAL	Colorimétrico	4/08/2021	Hasta 0,3	mg/ L. Fe	0,08
ALCALINIDAD TOTAL	Titولمétrico	4/08/2021	Hasta 200	mg/ L. CaCO3	30
DUREZA TOTAL	Titولمétrico	4/08/2021	Hasta 300	mg/ L. CaCO3	180
MANGANESO	Colorimétrico	4/08/2021	Hasta 0,5	mg / L. Mn	0,09
CONDUCTIVIDAD	Electrométrica	4/08/2021	Hasta 300	mg/ L. µS/cm	293
NITRATOS	Colorimétrico	4/08/2021	Hasta 10	mg / L. NO3	1

RESULTADOS BACTERIOLOGICO

BACTERIOLOGICO	FECHA DE ANALISIS	VALORES DE REFERENCIA RESOLUCION 2115 / 2007	UNIDADES	RESULTADOS
GOLIFORMES TOTALES	4-08-2021	0 U.F.C / 100 ml	U.F.C / 100ml	0 U.F.C / 100ml
ESCHERICHIA COLI	4-08-2021	0 U.F.C / 100 ml	U.F.C / 100ml	0 U.F.C / 100ml

*UFC= Unidades Formadoras de Colonias
Valores de referencia para agua potable


CARMEN ADRIANA LOPEZ MURCIA
Bacteriologa control de calidad
Reg. 63330875


EDLBERTO BARRAGAN
Bioquímico
Reg. 073383

El presente informe expresa los resultados obtenidos y confirmados unicamente para la muestra analizada en la fecha especificada. Los métodos usados son los establecidos por STANDARD METHODS y exigidos por EL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. Laboratorio afiliado al PIOCAP.

CI 21 No. 12 - 26 B/ Sucre * Girardot

313 210 0359 - 835 2223

contacto@aguaslab.co

FUENTE: (AGUASLAB S.A.S., 2021)

**MANUAL DE USO PROTOTIPO DE POTABILIZACIÓN INSTITUCIÓN
EDUCATIVA DEPARTAMENTAL HERNÁN VENEGAS CARRILLO SEDE
GUACANÁ DEL MUNICIPIO DE TÓCAIMA – CUNDINAMARCA.**

FILTRACIÓN Y DESINFECCIÓN

Paso 1: Abrir el registro No. 1 a la mitad (hasta la marca).

Paso 2: Abrir el registro No. 2 completamente para que el filtro comience su llenado.

Paso 3: Cerrar el registro No. 3.

Paso 4: Abrir totalmente el registro salida del filtro para que el líquido pase por la zona de desinfección y continúe su desplazamiento hasta el tanque de reserva.

Paso 5: Encender la lámpara UV.

Paso 6: Una vez llenado el tanque de almacenamiento se deben cerrar todos los registros y apagar la lámpara UV.

OBSERVACIÓN: El registro No. 1 deberá mantenerse abierto en lapsos de 5 minutos con descansos de 2 minutos ya que este prototipo es un filtro lento de arena.

RETROLAVADO DEL FILTRO:

Paso 1: Verificar que todos los registros estén cerrados.

Paso 2: Abrir el registro No. 1 completamente.

Paso 3: Abrir el registro No. 3 completamente.

Paso 4: Abrir el registro No. 4 completamente.

Paso 5: Cerrar el registro No. 5.

Paso 6: Esperar un lapso de 5 minutos para posteriormente evacuar el agua de la parte superior del filtro con un elemento limpio.

Paso 7: Cerrar todos los registros.

OBSERVACIONES GENERALES

Para un tratamiento complementario de esta agua almacenada será necesario utilizar hipoclorito de sodio al 20%, en una proporción de 10 mililitros por cada metro cúbico de agua. Es decir 20 mililitros para el tanque de almacenamiento lleno de agua. Con lo cual se estaría cumpliendo con lo establecido por la resolución 2115 del 2007 para agua potable.

FUENTE: (Autores, 2021)



Bogotá, D.C., 11 de noviembre de 2020

Señor(A)
DUBAN STIVEN VERA PEREZ
duban.vera@hotmail.com
Tocaima, Cundinamarca



Asunto: Respuesta a solicitud

Reciba un cordial saludo del Gobierno de la Región que progresa, en atención al comunicado de la referencia, en el cual solicita "...nos sea autorizado el ingreso y la toma de muestras de agua en la SEDE GUACANÁ de la INSTITUCIÓN EDUCATIVA DEPARTAMENTAL HERNAN VENEGAS CARRILLO del municipio de Tocaima - Cundinamarca, para el desarrollo del trabajo de grado denominado "Diseño e implementación de un prototipo potabilizador para tratamiento de agua de lluvia para consumo humano en la vereda Guacaná del municipio de Tocaima - Cundinamarca, con base a la caracterización de propiedades físicas, químicas y microbiológicas". Con el fin de obtener el título de Ingenieros Civiles en la Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena...", al respecto, le informo que debe dirigir su solicitud al licenciado MANUEL ANTONIO HERNANDEZ RIOS, rector de la INSTITUCIÓN EDUCATIVA DEPARTAMENTAL HERNAN VENEGAS CARRILLO, para lo cual, suministramos los siguientes datos de contacto: Teléfono: 3203015322 Correos electrónicos: herveca@gmail.com ierdpubenza_tocaima@cundinamarca.gov.co Dirección: Carrera 5 Calle1 Tocaima Cundinamarca

Atentamente,

EDUARDO CONTRERAS RAMIREZ
DIRECTOR OPERATIVO
DIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA

Anexos:

Proyectó: JUAN CARLOS MELO PINILLOS
Revisó: EDUARDO CONTRERAS RAMIREZ



Calle 26 #51-53 Bogotá D.C.
Sede Administrativa - Torre Educación Piso 4.
Código Postal: 111321 - Teléfono: 749 1340-1341
@CundiGov @CundinamarcaGov
www.cundinamarca.gov.co

Anexo 21. Documento expedido por la institución educativa.

**REPUBLICA DE COLOMBIA**
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA DEPARTAMENTAL "HERNÁN VENEGAS CARRILLO"
TOCAIMA – CUNDINAMARCA


APROBADO OFICIALMENTE SEGÚN RESOLUCIONES:
SEDE EN DEPARTAMENTO – BÁSICA – SEDE TÉCNICA: Resolución No. 00742 del 2011 (DHR) y No. 00949 del 21.11.2018
Resolución de Integración de Centros Educativos No. 8422164 del 2008 – Resolución No. 084744 del 31.07.2009
SEDE ALICÓN FORMAL DE ASESORÍA: SEDE PRINCIPAL: Resolución No. 601494 del 14.06.2009 y No. 01264 del 11.03.2007
SEDE LA COLONIA: Resolución No. 00002 del 21.08.2008 – SEDE DE DE SALUD: Resolución No. 00008 del 29.12.2011 SEDE YANQUEZ: Resolución No. 00949 del 20.12.2011
C.F.E.S. Actualización: 7.0.118 – Actualización de Normas: 1.0.273
BANE: 028.000001 – NIT: 900000000

Tocaima, 3 de Diciembre de 2.020

Señores
UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
Girardot

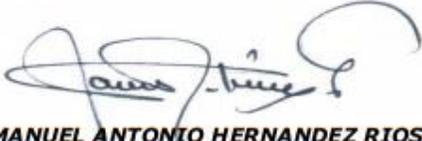
Asunto: Autorización.

Cardial saludo:

De acuerdo con solicitud dirigida por los señores DUBAN STIVEN VERA PEREZ identificado con C.C.No.1.075.630.070 de Tocaima y OSCAR JULIAN CASTAÑEDA PADUA identificado con C.C.No.1.075.630.207 de Tocaima, estudiantes del Programa de Ingeniería Civil de la Universidad Piloto de Colombia, me permito AUTORIZAR su ingreso a la sede Escuela RURAL GUACANA de la institución, así como de su asesor de trabajo de grado el ingeniero JESUS FLAMINIO OSPITIA PRADA; con el fin de llevar a cabo su propuesta de trabajo de grado: "DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO POTABILIZADOR PARA TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN LA VEREDA GUACANA DEL MUNICIPIO DE TOCAIMA (CUNDINAMARCA), finalizando con la entrega de un prototipo potabilizador de agua.

Actividad que será llevada a cabo durante el primer semestre del año 2.021 en horario de 8:00 a.m. a 4:00 p.m. de lunes a viernes.

Atentamente,


Espec. MANUEL ANTONIO HERNANDEZ RIOS
Rector

Fecha Realización: 03/12/2020

SEDE PRINCIPAL: Carrera 5ª Calle 1ª Barrio El Carmelo – Itacoma – Cardí.
SEDES RURALES: Acandé, Armero, Capetá, Cerra de la Mesa, Cayé, Guacará, La Calera, Florbello, Sotará, Wayupí.
Teléfono: 011 8340025 E-mail: hvernega@gmail.com

FUENTE: (I.E.D. HERNÁN VENEGAS CARRILLO, 2021)