



**Propuesta de implementación de un sistema ecológico para el tratamiento y reutilización de
aguas grises domésticas dirigido a zonas vulnerables como la Guajira.**

Estudiante:
Kevin Muñoz Rodríguez
Cód. 2187994

Facultad de Ciencias y Tecnologías
Construcción en Arquitectura e Ingeniería
Universidad Santo Tomás abierta y a distancia.

Bogotá-Colombia
15/09/2020



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Propuesta de implementación de un sistema ecológico para el tratamiento y reutilización de aguas grises domésticas dirigido a zonas vulnerables como la Guajira.

Autor:

Kevin Muñoz Rodríguez.

Trabajo de grado para optar por el título de Constructor en Arquitectura e Ingeniería.

Director:

Arq. Héctor Alba Pulido

Facultad de Ciencias y Tecnologías
Construcción en Arquitectura e Ingeniería
Universidad Santo Tomás abierta y a distancia.
Bogotá-Colombia

15/09/2020

Tabla de contenido.

1.	Resumen	9
2.	Introducción	10
3.	Tema de investigación.....	10
4.	Antecedentes de Investigación	11
4.1.	Internacionales	11
4.2.	Nacionales	13
5.	Planteamiento del problema	15
6.	Naturaleza del proyecto.....	17
7.	Justificación.....	18
8.	Objetivo General	20
9.	Objetivos específicos.....	20
10.	Marco referencial	21
10.1.	Marco teórico	21
10.1.1.	Desinfección por filtros UV	22
10.1.2.	La radiación ultravioleta.....	22
10.1.3.	Modelos del panel para desinfección UV.....	23
10.2.	Marco legal	24
10.2.1.	Informe nacional de calidad del agua para consumo humano (INCA 2016) mayo de 2018.....	24
10.2.2.	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS ...	26
	Título A:.....	26
	Título B:	27

10.2.3. Decreto No 1575 de 2007 - Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.....	28
10.2.4. Nueva resolución 0330 de 2017 – RAS (ministerio de vivienda).	28
10.3. Marco Conceptual.....	28
10.3.1. Sistema ecológico:.....	28
10.3.2. Tratamiento de agua:	29
10.3.3. Reutilización:	29
10.3.4. Reutilización de agua:	29
10.3.5. Aguas grises:	29
10.4. Marco contextual	29
11. Metodología	29
11.1. Visita a la planta de acueducto vereda Gobernador Sesquilé Cundinamarca.....	30
11.1.1. Adición del cloro:.....	31
11.1.2. Retro lavado:	32
11.1.3. Sedimentación.	32
11.1.4. Sulfato:	33
11.1.5. Pruebas con PH-metro:	33
11.1.6. Fuente:.....	34
11.1.7. Bocatoma:	34
11.1.8. Aducción:	34
11.1.9. Desarenador:	34
11.1.10. Tanque de almacenamiento:.....	34
11.1.11. Población servida:	34

11.1.12. Procesos de potabilización:	35
11.1.13. Controles de calidad o ensayos:	35
11.1.14. Lavado de filtros:	35
11.1.15. Mantenimiento de la planta:	35
11.1.16. Infraestructura:	35
12. Visita a vivienda con sistema de recolección de aguas lluvias	36
13. Aportes de la investigación	36
13.1. Aportes principales:	37
14. Ingeniería del proyecto.....	37
14.1. Pruebas	37
14.1.1. Procedimiento.....	38
14.2. Propuesta de Diseño y funcionamiento.....	39
14.3. Propuesta de funcionamiento	40
14.4. Análisis consumo promedio de agua en viviendas: L/hab/día (Litros por habitante día).....	43
14.5. Presupuesto preliminar.....	43
14.6. Aspectos éticos y legales.....	45
15. Propuestas alternativas para el funcionamiento de la planta.....	45
15.1. Propuesta más viable: Desinfección por destilación.....	47
16. Análisis y discusión de resultados.....	48
17. Recomendaciones.....	49
18. Conclusiones	50
19. Aporte personal	51

20.	Referencias	52
21.	Anexos.....	56

Tabla de imágenes

Ilustración 1 - Modelos planta de desinfección UV	23
Ilustración 2 - Colector plano; www.nergiza.com <i>sistema solar</i>	23
Ilustración 3 - Niveles de riesgo	25
Ilustración 4 - Distribución niveles de riesgo	25
Ilustración 5 - Excedentes de agua en Colombia; www.andi.com.co	26
Ilustración 6 - Tanque receptor ubicado a un costado de la bocatoma.	31
Ilustración 7 - Adición del cloro por goteo	31
Ilustración 8 - Separación de sedimentos por retro lavado	32
Ilustración 9 - Filtro de sedimentación	32
Ilustración 10 - Adición del Sulfato.....	33
Ilustración 11 - Pehachímetro	33
Ilustración 12 - Sistema de recolección de aguas lluvias.....	36
Ilustración 13 - Elaboración del filtro de prueba	38
Ilustración 14 - Adición de agua gris en el filtro de prueba.....	38
Ilustración 15 - Filtrado y resultado de la prueba	39
Ilustración 16 - Corte del sistema; www.construction21.org	39
Ilustración 17 - Componentes del sistema primera planta	40
Ilustración 18 - Componentes del sistema en cubierta.....	42
Ilustración 19 - Destilador solar; co.pinterest.com	47

Lista de tablas

Tabla 1 - Consumo por habitante.....	43
Tabla 2 - Presupuesto estimado	43

Tabla de anexos

Anexo No. 1 - Vista en planta del sistema.....	56
Anexo No. 2 - Planta de cubierta	57

1. Resumen

El agua gris es el resultado del uso de agua potable en actividades de los seres humanos en sus viviendas, que corresponde al 65% en totalidad a las aguas domésticas. Se propone implementar un sistema de tratamiento ecológico en el cual se presentan grandes innovaciones para que éste sea sustentable y sostenible. Se propone la construcción de una planta compacta presentando las fases de filtrado y desinfección del agua, de tal forma que se disminuyan los costos y aumenten los beneficios. El sistema permite separar las aguas grises de las aguas negras a través de modificaciones en las redes sanitarias y crear una especie de ciclo en el cual el agua gris que es tratada pasa a una electrobomba que funciona con energía fotovoltaica o eólica, que la envía al techo donde existen paneles de material poliuretano en los cuales se almacenan y se generará la fase de desinfección con los rayos UV-A e infrarrojo del sol. Como propuesta alternativa se podrá usar el método de la destilación para generar agua y se almacenarán las aguas lluvias para que supla las pérdidas del líquido generadas en el sistema. Se basará en el principio de reutilización de las piscinas en el cual el agua posee un uso de un periodo de 7 años en donde la vivienda usa la misma agua reduciendo así el consumo y además presentando una solución a la contaminación y una alternativa para abastecer el servicio, se tendrá como método alterno la desinfección el método de ionización.

Palabras clave: Sostenible, sustentable, desinfección, tratamiento ecológico, reutilización, aguas grises

2. Introducción

Como consecuencia de la industrialización de la sociedad, aparece el crecimiento de las poblaciones tanto en los núcleos urbanos y rurales y así mismo el alto consumo de agua para el consumo humano y para otras funciones. De ese modo la infraestructura sanitaria debería poseer la capacidad de manejar dichos incrementos de consumo del recurso hídrico. Si no se da un buen manejo, el problema se empieza a trasladar hasta ríos, mares y lagos, que, aunque los mismos poseen la capacidad de regenerarse, esto solo lo logran cuando el contenido del agua posee bajos contaminantes (Ortiz et al, 1996). Debido a este efecto o impacto generado por el ser humano es necesario tomar medidas tanto preventivas como mitigatorias antes de que el problema abarque un sentido en el cual sea más difícil tratarlo.

Las aguas grises se tienden a mezclar con las aguas negras conformando las aguas residuales, transformado a un problema de mayor escala. Un informe de la ONU declara que el 80% de las aguas residuales mundiales no reciben un tratamiento adecuado para evitar la contaminación y la propagación de enfermedades, una situación que perjudica sobre todo a los países menos desarrollados y que refleja el informe «Gestión de Aguas Residuales», elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), ONU Hábitat y la OMS.(2015).

3. Tema de investigación

El tema de investigación parte del análisis de las problemáticas que se presentan a nivel mundial en asuntos ambientales y sociales. Tales asuntos apuntan a la contaminación de fuentes hídricas y la escasez de agua potable en zonas vulnerables de nuestro país, Colombia. Identificados estos problemas, se da inicio a esta investigación con el fin de aportar al medio

ambiente y buscando dar solución a algunos problemas sociales y culturales propiciados por la falta del recurso hídrico.

4. Antecedentes de Investigación

4.1. Internacionales

Un primer trabajo corresponde a Soto (2012) quien realizó la propuesta: “Sistemas de tratamiento de aguas Grises domésticas como una alternativa para la seguridad Hídrica de Tijuana”. En este trabajo se manejaron diferentes alternativas en el tratamiento de este tipo de aguas con el fin de adoptar el más indicado a los hogares, teniendo en cuenta diferentes factores, con la iniciativa de incorporar tecnologías en sus viviendas. Los factores más relevantes que se estudiaron fueron el nivel socioeconómico, la presión ambiental y la presión legal, distribuidos en dos grupos de estudio, uno de la clase medio- baja y otro de la clase alta.

Un segundo trabajo de Santos da Costa, L., Rodríguez de Oliveira, L., Martínez Castro, R., Nacimiento Castro, M., Ordoñez Almeida, L. F., & Viais Carvalho, E. W. (2018), denominado “Evaluación de un prototipo de tratamiento de aguas grises para fines no potables” este proyecto fue presentado como alternativa de tratamiento de este tipo de aguas para Brasil como medio de procesos para preservar y generar economía en cuanto a este recurso presentando grandes beneficios sociales y ecológicos. En este artículo presenta las diferentes alternativas que se pueden usar este tipo de aguas ya tratadas y presenta el enfoque acerca de la sostenibilidad, incorporando en el prototipo un tratamiento físico, químico y biológico, verificando a través de muestras y por comparaciones en relación con los parámetros nacionales de calidad. Con el uso del prototipo se logró la reducción de la turbidez a un 91% y sólidos en suspensión 71%.

Un tercer trabajo de González Couret, D. (2015), lleva por título “Las energías renovables al servicio de la humanidad. Arquitectura y Urbanismo”, se trata de un proyecto

especial que permite presentar en la universidad de Ciencias Informáticas (UCI) de educación superior de La Habana Cuba, diferentes alternativas que presentan una mínima de intervención y un máximo impacto. Entre las cuales se encuentra la creación de un parque ecológico con humedal para el tratamiento de aguas grises, se realiza un tipo de análisis diagnóstico para determinar los edificios que presentan mayores problemas y generar una evaluación cuantitativa y cualitativa.

Un cuarto trabajo de Meléndez-Pérez, J. A., Lemos-Lima, M. M. C., Domínguez, I. C., & Oviedo-Ocaña, E. R. (2019) cuyo nombre es “Reutilización de aguas grises domésticas para el uso eficiente del recurso hídrico: aceptación social y análisis financiero” se trata de la reutilización de aguas grises, presentando un punto de vista acerca de la preservación del agua y como estrategia para disminuir el consumo de agua potable, por lo cual se diseñó un sistema hidrosanitaria con reutilización, en un edificio multifamiliar, con un tratamiento usando la AG (plata) en conjunto con reactores biológicos de membrana MBR y cumpliendo con los estándares de calidad correspondientes al reúso del agua. En este sistema cabe decir que se presentó un periodo de retorno de 24 años, dando a demostrar la viabilidad, con una reducción anual en el consumo del agua del 33% y si a esto se le suma que este proyecto tiende a contribuir al uso eficiente del recurso en el ámbito Urbano.

Un quinto trabajo corresponde a la empresa JET (1995), quien realizó la “micro planta residencial ASA-JET serie 1500 BAT”, esta planta emplea un proceso bioquímico donde las bacterias aerobias absorbiendo el oxígeno en solución degradan y oxidan la materia orgánica. Recibiendo las aguas residuales en el compartimiento de tratamiento primario, después pasa a la cámara de aireación donde se mezcla el lodo activado y el agua es aireada. En la fase 3 llega al

compartimiento de sedimentación /clarificación. Fase 4 regresa al compartimiento de aireación para volver a ser aireada. Siendo una planta totalmente enterrada.

4.2. Nacionales

Un primer trabajo Piñeros P. Henry A.(2007) de Colombia, código de patente 5810201 proyecto sobre un sistema para el tratamiento y la recirculación de las Aguas y otros Disolventes, para el tratamiento y recirculación del agua, el cual se caracteriza porque introduce procesos químicos, naturales y biológicos para el tratado de aguas grises, cuyo componente comprende una cabina de ducha portátil, que se puede armar y desarmar de manera fácil y práctica, un lavamanos que es alimentado por el plato de ducha. Una silla que sirve como colector de orina. Está compuesto por medios filtrantes naturales, usados para el filtrado del agua, después de este proceso se envía a un tanque para aguas grises donde pasan por procesos físicos, biológicos, químicos y naturales para la depuración de aguas grises, con Campos magnéticos o electromagnéticos que funcionan a diferentes intensidades y que se combina con el proceso biológico para depurar el agua, además de incidir en el lecho bacteriano. Un sistema hidráulico de bombeo que permite la recirculación del agua en el sistema. Un sistema eólico que hace funcionar las bombas para agua y aire, además de un sistema para generar ozono. Una bomba de aire para causar aireación en las aguas grises. Tanques de almacenamiento para las aguas grises que son portátiles y movibles según el diseño del sistema. Un tanque donde se destila el agua, a partir de la energía solar o eléctrica, y que sirve para deshidratar las plantas usadas en los medios filtrantes. Una lámpara de luz ultravioleta para la desinfección del agua. Una prensa de tornillo para extraer de las plantas los principios activos para agregarlos al agua.

Un segundo trabajo Salazar Luis (2014) estudio de la Universidad de la Salle, con sistemas de reciclaje de aguas grises como alternativas de comercialización en la ciudad de

busca estrategias viables de comercialización de sistemas de aguas grises, en adelante SRAG, para viviendas nuevas en la ciudad de Bogotá, bajo el contexto general de la evaluación de alternativas existentes en el mercado, contrastadas con investigación de campo en empresas constructoras que hayan manifestado interés en estas tecnologías evaluando la viabilidad en la constitución de empresa que comercialice estas tipologías de sistemas.

Un tercer trabajo Espinal. Mauricio- Ocampo David- Rojas Juan (2014) Universidad Tecnológica de Pereira, realizaron la construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises completamente automatizado, que consta de las siguientes etapas: Pre-recolección de aguas grises - Almacenamiento de aguas grises - Filtro de arena - Filtro de membrana - Pre-recolección de agua filtrada - Almacenamiento de agua reciclada. en los resultados con el agua después del filtrado no contiene partículas grandes ni pequeñas, su color es como blanco transparente debido a la existencia de detergente que aún está presente en el agua, la espuma fue complementa removida, y el olor presente en el agua es de detergente, este tipo de características cumplen con las expectativas esperadas del proyecto, ya que lo que se buscaba era hacer un reciclaje sencillo de este tipo de aguas, eliminado partículas presentes y la gran cantidad de espuma que se generaba, y teniendo también cuenta que se utilizaría en otro tipo de actividades menos su consumo y se logró la captación de aguas grises en la vivienda.

5. Planteamiento del problema

En la actualidad el mundo enfrenta situaciones complejas en cuanto al recurso máspreciado como lo es el agua debido a factores como el manejo actual del recurso hídrico, el crecimiento de la población mundial y debido al cambio climático y su acelerado auge. Incluso un dato emitido por la ONU (2014) declara: “La escasez de agua afecta ya a todos los continentes”. Cerca de 1.200 millones de personas, casi una quinta parte de la población mundial vive en áreas de escasez física de agua, mientras que 500 millones se aproximan a esta situación. Otros 1.600 millones, alrededor de un cuarto de la población mundial, se enfrentan a situaciones de escasez económica de agua, donde los países carecen de la infraestructura necesaria para transportar el agua desde ríos y acuíferos.”

Según estas cifras se ha declarado que para el 2050 existirá un aumento de un 44% del consumo del recurso hídrico, que será utilizado para abastecer las diferentes demandas de la población y de la industria. Si a esto le sumamos que tan solo un 20% del agua residual es tratada antes de verterla en los diferentes ríos, lagos y mares, por lo cual la problemática se expande degradando las fuentes hídricas y va limitando la oferta que se encuentra disponible. Por lo anterior el ser humano tiene que plantearse nuevos retos con respecto al uso eficiente de este recurso y su gestión. En Colombia debido al auge de la corrupción dentro de las diferentes entidades de servicios públicos (acueducto, energía eléctrica, gas, otras), tiende a provocar que se presenten crisis en la prestación de estos servicios, lo que causa que los precios no sean sostenibles, y esto hace necesaria la privatización de dichas entidades.

Las aguas grises son aquellas que provienen del uso doméstico, y corresponden al 60% y 70% del agua total utilizada en las viviendas, distinguiéndose de las aguas negras, porque estas contienen altos niveles de bacterias fecales como la conocida *Escherichia coli*. Se propone

construir un prototipo de planta de tratamiento y reutilización de aguas grises domésticas, de tal forma que sea sustentable y sostenible. Un factor importante de acuerdo a la infraestructura es disminuir en lo posible los espacios de tratamiento y que todas las fases que se presentan sean fáciles de construir y que permita que el agua pueda fluir de una manera rápida y sencilla, uno de los objetivos es separar la composición de las aguas residuales a través de la captación de las aguas grises y modificar las redes hidráulicas de las viviendas.

La reutilización de las aguas grises forma parte de una de las estrategias sustentables con la finalidad de obtener una adecuada gestión de los recursos hídricos que se activó frente a la problemática de escasez del agua, reconociendo esta alternativa de tratamiento como mecanismo del reúso del agua y una de las fases esenciales para el manejo del mismo y se presenta como un pilar de la economía circular. Es necesario entender que estos tipos de sistemas de tratamientos de aguas grises son implementados en países superpoblados como Singapur y Japón, en donde el agua que ha sido contaminada por alguna acción del ser humano es captada, tratada y distribuida por medio de redes hidráulicas para que se reutilizada con fines no potables tales como en lavaderos de carros, lavado de vías o pisos, riegos de jardín o descarga de inodoros; en este caso esto ayudaría de gran manera a disminuir el uso de agua potable en actividades que en realidad no justifica un tratamiento de desinfección bacteriológico más específico o mejor dicho de alta calidad y se disminuirán las cantidades de aguas residuales que serán arrojados a los cuerpos acuáticos.

Como consecuencia de la sobrepoblación, el abasto del agua tiende a ser escasa y su contaminación irreversible, ya que no se implementan los métodos necesarios para el tratamiento de aguas residuales. El impacto generado causa un deterioro ambiental que acelera la pérdida y contaminación de fuentes de agua, la sobreutilización y consumo de otras, de estas mismas

dependen la mayoría de las poblaciones y no se le ha dado el tratamiento adecuado para poderlas reutilizar, lo que provoca la escasez de este esencial líquido.

A pesar de que actualmente se han desarrollado avances tecnológicos y la conciencia ambiental tiende a incrementar, no se ha encontrado la manera de controlar la contaminación del agua. Por otro lado, tampoco se ha logrado abastecer o suministrar este recurso hídrico a más de 1.200 millones de personas en todo el mundo quienes no cuentan con acceso de agua potable de manera segura y saludable.

El impacto que causa el ser humano tiene efectos negativos en diferentes ámbitos, uno de ellos es la contaminación de ríos, mares y lagos debido a la ausencia de una apta y adecuada infraestructura sanitaria, para esto es necesario presentar medidas preventivas y mitigatorias antes de que este problema abarque espacios y campos donde sea más difícil tratarlo.

6. Naturaleza del proyecto

Parte de analizar el sistema con el que funcionan los sanitarios, pues éstos convierten el agua potable (alrededor de 10lt/descarga) en agua negra o residual en cuestión de segundos. Luego el enfoque continúa en la contaminación indiscriminada de las fuentes hídricas, que es una problemática que afecta de gran manera al medio ambiente. El ánimo de investigar se sigue desarrollando en la proyección social y ambiental, lo que conlleva a realizar diferentes cambios para determinar el rumbo final: construir una planta compacta que sirva para el uso sostenible y sustentable del agua en viviendas ubicadas en zonas vulnerables del país como el departamento de la Guajira.

7. Justificación

La contaminación de un cuerpo receptor o un ecosistema ocurre cuando no existe un manejo adecuado de los distintos residuos que provienen de las necesidades de los humanos, siendo éstos materia orgánica, los sólidos suspendidos, las sustancias tóxicas, el color, la espuma, aceites y grasas, la temperatura, materiales radiactivos y principalmente microorganismos patógenos.

Los páramos, cuencas, quebradas, lagunas y humedales se encuentran en peligro de contaminación y sequía. La actividad minera, industrial, agrícola, tala ilegal de árboles, expansión de pueblos, ciudades y el arrojo indiscriminado de basuras en cualquier lugar afectan nuestras cuencas hidrográficas. Un ejemplo de afectación a las aguas son los diferentes residuos químicos y orgánicos que se desechan en el Río Bogotá. Se propone tratar las aguas de uso doméstico y hacer efectiva su reutilización para mitigar el daño ambiental y reducir el consumo de agua potable.

Poniendo atención en el consumo de agua en las viviendas, se encuentra que uno de los equipos más necesarios de un inmueble es el sanitario, el cual consume niveles considerables de agua potable en cada descarga, agua limpia que pierde sus propiedades al ser contaminada por las necesidades fisiológicas de los habitantes de la vivienda. Por otro lado, el agua de la lavadora e incluso el de la ducha se desecha teniendo la oportunidad de ser tratada o reutilizada, por ejemplo, para abastecer el tanque del sanitario. Por esta razón es importante proponer un diseño de un sistema que permita reutilizar las aguas grises, reduciendo el consumo de agua potable y contribuyendo al cuidado del medio ambiente. Cabe resaltar que una responsabilidad social es hacer el uso adecuado de nuestros recursos naturales, pues la innovación puede generar un gran cambio para la conservación de nuestro recurso hídrico.

Aunque en el centro de Colombia todavía no nos vemos afectados por problemas de escases o de racionamiento de agua, es importante pensar en el futuro y en las zonas donde sí tienen estos inconvenientes, como en el departamento de la Guajira en Colombia, donde tienen que desplazarse varios kilómetros para poder acceder al agua potable y llevarla a sus viviendas en muy pequeñas cantidades, por esta razón, un sistema sostenible puede contribuir al ahorro del agua y la reutilización de aguas grises.

El tema de investigación surge de un análisis sobre el consumo de agua en las viviendas, ya que nuestra formación académica busca, entre otros aspectos importantes, reducir dicho consumo tratando las aguas grises de los inmuebles. Es evidente que la problemática sobre el consumo de agua crece día a día, y esta situación se vive en todo el mundo, pues se busca reducir el consumo de agua ya que ésta puede escasear en un futuro.

En cuanto a las aguas residuales, sería muy importante tratarlas y reutilizarlas, pero las aguas negras tienen un alto grado de contaminación y es complejo su tratamiento, por ello la propuesta se enfoca en tratar solo las aguas grises de las viviendas, que son las aguas jabonosas que provienen de la ducha, lavamanos y lavadora. Pero ¿cómo se puede lograr? Se plantea una metodología que nos permita encontrar la mejor ruta de implementación del sistema, compacta y económica que dé solución a las diferentes problemáticas ambientales y socioculturales.

El tema central de la investigación se basa en el tratamiento y reutilización de las aguas residuales, inicialmente se propone tratar las aguas grises o jabonosas, pero se tiene el objetivo de llegar a tratar las aguas negras también, con un diseño de instalaciones hidrosanitarias para la ejecución de proyectos de vivienda nuevas y usadas, proporcionando la gestión sostenible del agua. Es importante resaltar que este tema de investigación se viene discutiendo desde hace muchos años en todo el mundo, por ello se busca implementar un sistema propio que vaya de la

mano con el medio de la construcción, pues de este modo las instalaciones y diseños arquitectónicos que incluya el proyecto serán ejecutadas por nosotros mismos.

En muchos países no invierten en sistemas de tratamiento o reutilización de agua, sabiendo que el 80% del agua residual regresa al medio natural sin ser tratada o reusada, y esto es preocupante, pues no hay conciencia de la importancia del cuidado de este recurso, por ello se busca crear un sistema innovador y sostenible que nos ayude a cuidar el recurso hídrico, aportando al medio ambiente y a la construcción sostenible.

8. Objetivo General

Proponer la implementación de un sistema ecológico de tratamiento y reutilización de aguas grises en viviendas, con aprovechamiento de energía solar y eólica, destinada a departamentos como la Guajira donde es escaso el recurso hídrico.

9. Objetivos específicos

- Estudiar los componentes más apropiados y efectivos para el tratamiento del agua, sistema de bombeo y fuente de energía eléctrica que pueden conformar el sistema.
- Demostrar la viabilidad de la propuesta de implementación en el departamento de la Guajira, atendiendo a las necesidades de sus comunidades.
- Experimentar con pruebas y visitas técnicas los procesos que se deben seguir para el tratamiento efectivo de las aguas grises.

10. Marco referencial

10.1. Marco teórico

Las aguas grises son todas aquellas provenientes del uso doméstico, se diferencian de las aguas negras debido a que estas últimas son las provenientes del inodoro y poseen la bacteria *escherichia coli*. Principalmente y debido a sus componentes, el agua gris se puede descomponer más rápido, sin embargo, se puede decir que poseen cierta cantidad de patógenos, su aspecto es turbio y está entre una clasificación de aguas blancas y agua potable. Actualmente se suelen combinar junto con las aguas negras y son desechadas a las alcantarillas o en desagües cloacales.

Existe gran cantidad de tratamientos para las aguas residuales, pero países en vía de desarrollo se caracterizan por verter estas aguas a los lagos y mares sin ningún tipo de tratamiento. La propuesta para el tratamiento de aguas mediante una planta, permite simplificar a nivel estructural los espacios y a través de un prototipo se planifican de manera unitaria operaciones y procesos que permiten obtener cambios en las aguas grises a nivel físico, químico o biológico, cuyo principal propósito es el de reducir la contaminación o simplemente reducir aquellas características ajenas a su formación inicial, que permita generar un parámetro para abastecimiento, siguiendo los procesos más simplificados y sostenibles.

Existen procedimientos sencillos y prácticos para mejorar las características físicas del agua cruda eliminando el material flotante, los sólidos suspendidos y los sólidos sedimentables para los casos de captación de agua superficial como solución individual. El proceso recomendado para hacer un tratamiento integral a estas aguas comienza por retener el material flotante con una malla o criba seguido de un proceso de filtrado y clarificación, luego bombearlas y finalmente desinfectarlas para mejorar sus condiciones físicas, químicas y biológicas, obteniendo de esta forma agua apta para riego y otros usos y de acuerdo con su

calidad, para consumo humano. La energía del sol es una energía renovable, la cual se puede usar gracias a los mecanismos que captan la radiación electromagnética. La radiación solar se tiende a utilizar de diferentes maneras según sean sus componentes, siendo difusos o directos o muchas veces incorporando ambos.

10.1.1. Desinfección por filtros UV

La desinfección es el proceso en el cual se extraen, se desactivan y se eliminan los microorganismos patógenos presentes en el agua. En esta etapa de tratamiento es necesario un mecanismo donde se destruyan o desactiven aquellos microorganismos impidiendo su reproducción y crecimiento. Se ha declarado que cuando estos microorganismos no son eliminados, el agua no es potable, por lo tanto, tiende a generar enfermedades en aquellas personas que la consuman.

El método a utilizar para tratar el agua es mediante los rayos UV solares, sin usar químicos. Para que la desinfección sea válida, es necesario que posea un efecto residual en donde no se permita la reproducción y el crecimiento de los microorganismos y su re-contaminación del agua en las tuberías.

10.1.2. La radiación ultravioleta.

La luz UV es una porción del espectro electromagnético con longitudes de onda más cortas que las de la luz visible pero más largas que los rayos x. Según lo anunció: Walsh, C. J. (2013). Ultravioleta radiación. Salem Pres Enciclopedia Of Science: La radiación ultravioleta producida por el sol es comúnmente dividido en tres bandas: UV-A, con longitudes de onda de 320-400 nanómetros; los rayos UV-B, con longitudes de onda de 320-280 nanómetros; y UV-C, con longitudes de onda de 200-280 nanómetros. La mayoría de las personas están familiarizadas con luz UV a través de los dolorosos efectos de la quemadura solar. Una pequeña cantidad de

radiación UV es necesaria para el bienestar de los seres humanos y otros organismos, debido a que promueve la síntesis de vitamina D en los seres humanos y actúa como germicida, controlando el crecimiento de microbios.

10.1.3. Modelos del panel para desinfección UV.

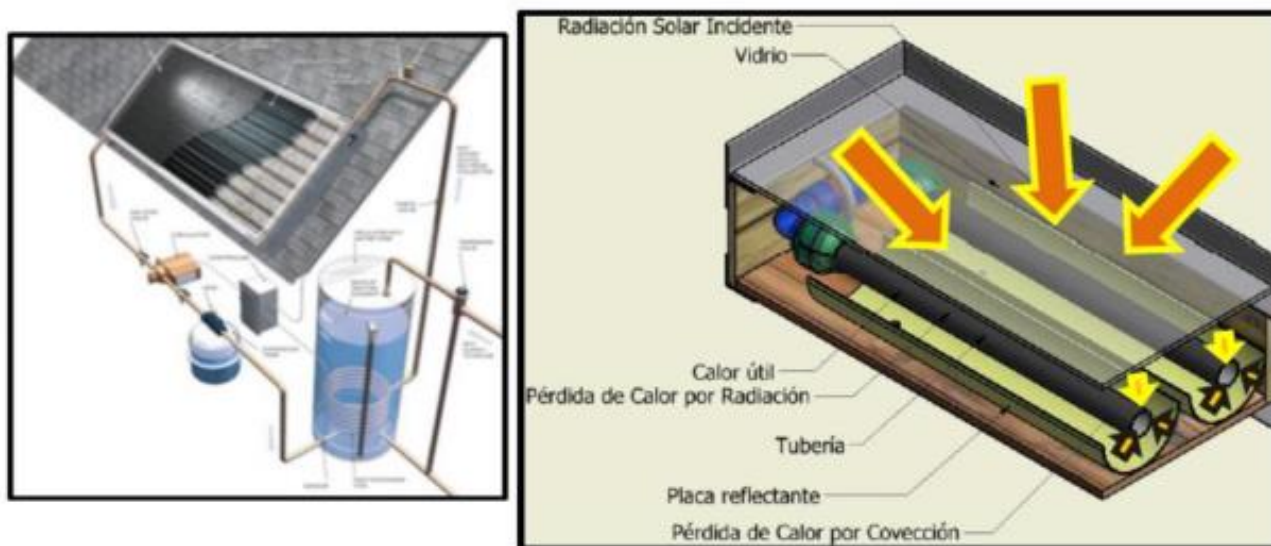


Ilustración 1 - Modelos planta de desinfección UV

Adaptado de: *Diseño, construcción, emplazamiento y monitoreo de un sistema solar para calentamiento de agua para piscina* [tesis de pregrado, Universidad politécnica salesiana sede cuenca- Ecuador]



Ilustración 2 - Colector plano; www.nergiza.com sistema solar

10.2. Marco legal

El objetivo principal de la propuesta es realizar un tratamiento del agua por medio de filtrado y desinfección con filtros UV para someterla a un análisis microbiológico, con el fin de determinar su aceptación dermatológica o para el consumo humano.

Para los resultados del análisis microbiológico, se pueden aplicar las siguientes normas:

10.2.1. Informe nacional de calidad del agua para consumo humano (INCA 2016)

mayo de 2018

Con base a este informe, se busca la certificación sanitaria para demostrar el cumplimiento de normas y criterios de calidad del agua para consumo humano, o en su defecto para usos básicos, ya que la preocupación no solo es por la calidad del agua, también es importante considerar que somos responsables de prestar un servicio a las comunidades.

Es importante conocer los niveles de riesgo que debemos superar para que nuestra agua tratada sea aceptada:

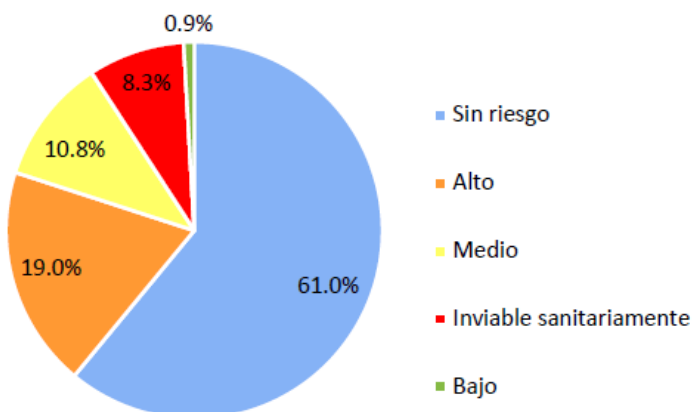
Clasificación del nivel de riesgo y acciones según IRCA por muestra e IRCA mensual

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (acciones para mejora de la calidad)
80.1 - 100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 - 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fuente: Resolución 2115 de 2007, MPS y MAVDT

Ilustración 3 - Niveles de riesgo

Distribución del nivel de riesgo de las muestras reportadas al SIVICAP, Colombia, 2016



Fuente: SIVICAP - Instituto Nacional de Salud

Ilustración 4 - Distribución niveles de riesgo

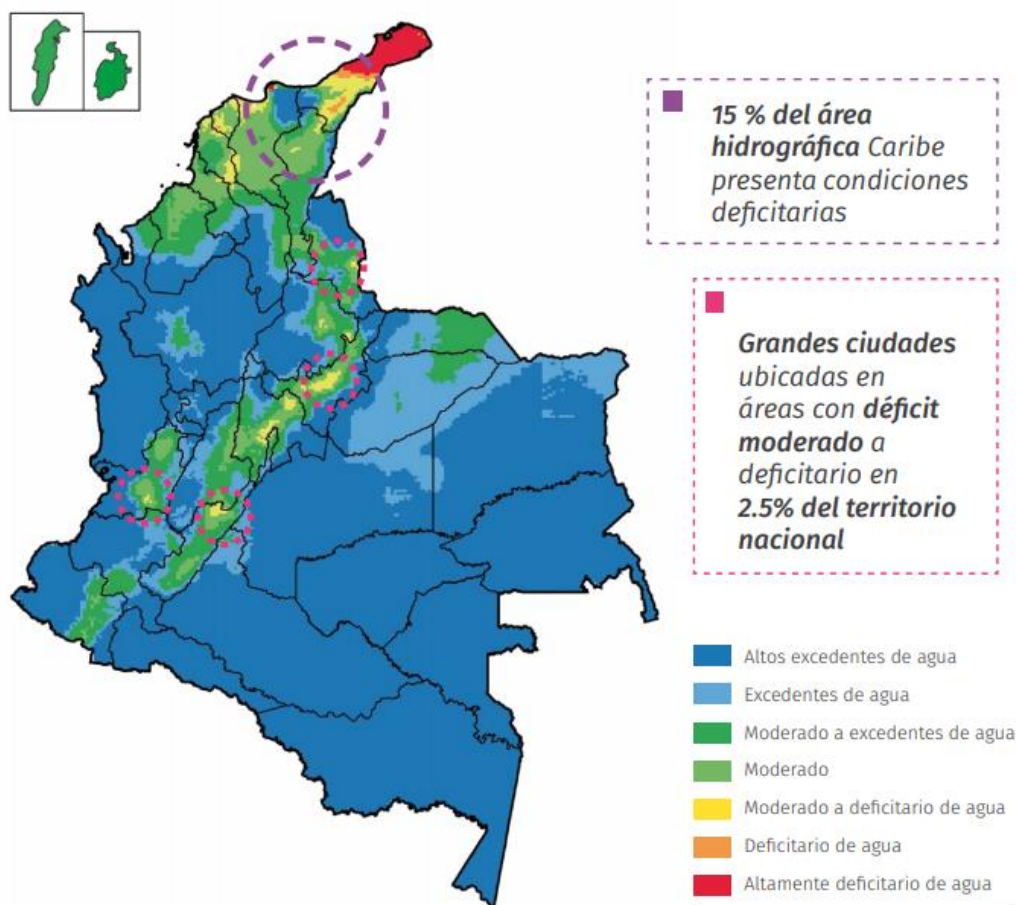


Ilustración 5 - Excedentes de agua en Colombia; www.andi.com.co

10.2.2. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS

Bajo este reglamento se deben tener en cuenta los siguientes aspectos aplicados al proyecto:

Título A:

- A.1.2.3: Licencias ambientales que aprueben el proyecto.
- A.2.11: Construcción e interventoría.
- A.2.12: puesta en marcha, operación y mantenimiento.
- A.5.2.2: Suministro de agua potable.
- A.5.2.3: Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas.
- A.5.2.4: Tratamiento de aguas residuales domésticas.
- A.5.2.5: Sistemas de disposición de residuos sólidos.

- A.6.1: Planos.
- A.7.1: Descripción de la localidad y de la zona del proyecto.
- A.9: Diseños, construcción e interventoría. Calidades y requisitos de los profesionales.
- A.11: Requisitos técnicos obligatorios
- A.11.2: Sistemas de potabilización de aguas
- A.11.4: Sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales.

Título B:

- B.3: Fuentes de abastecimiento de agua.
- B.5.4: Diseño de pozos.
- B.5.5: Obras adicionales.
- B.5.8: Aspectos de la puesta en marcha
- B.5.9: Aspectos de la operación

En resumen, el RAS cuenta con 10 títulos, lo anterior es una muestra del contenido del reglamento por lo cual se cita, para poner en conocimiento la magnitud del reglamento y su importancia de aplicación.

Para poder continuar con la investigación es importante cumplir con lo establecido en el RAS, ya que los parámetros exigidos en este reglamento garantizan la calidad del servicio de agua que se va a suministrar a las viviendas, partiendo desde diseños, sistemas de suministro y tratamiento, análisis y calidad del agua, instalaciones, bombeo, almacenamiento, distribución y control del servicio.

Para poder cumplir con lo exigido en los 10 títulos del RAS es necesario realizar los experimentos necesarios para garantizar que el agua cumpla con los estándares de calidad, de allí parte la propuesta de los diseños e instalaciones de los sistemas que van a componer nuestro sistema.

10.2.3. Decreto No 1575 de 2007 - Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano

En caso de que los análisis microbiológicos sean positivos, se debe aplicar esta normativa para garantizar la calidad del agua para consumo humano. De igual modo seguir al pie de la letra las exigencias y recomendaciones vistas en el art. 26 del mencionado decreto.

10.2.4. Nueva resolución 0330 de 2017 – RAS (ministerio de vivienda).

Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y se derogan las Resoluciones números 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.

Teniendo en cuenta los títulos del RAS, es importante consultar y aplicar esta resolución para conocer las modificaciones y tomar medidas en el desarrollo del proyecto.

10.3. Marco Conceptual

En la elaboración conceptual del problema, aparecen las definiciones de las variables contempladas en el problema y en los objetivos de investigación, y de los términos clave que van a ser utilizados con mayor frecuencia. Tales definiciones las hace el investigador de acuerdo a su criterio, a las definiciones propuestas por otros investigadores y, en caso tal, a la teoría en la que se apoya la investigación. (Lerma, 2009, p. 59).

10.3.1. Sistema ecológico:

Puede referirse a un conjunto de procedimientos que buscan conservar o proteger el medio ambiente mediante mecanismos o acciones que eviten la contaminación de los recursos naturales.

Puede referirse a los elementos bióticos o abióticos de un sistema ecológico natural.

10.3.2. Tratamiento de agua:

Es un conjunto de procedimientos biológicos o físico-químicos que tienen como finalidad eliminar o reducir la contaminación de las aguas de abastecimiento, naturales o residuales.

10.3.3. Reutilización:

Mecanismos o acciones que permiten volver a utilizar bienes o productos desechados para darles un uso igual o diferente al que fueron destinados.

10.3.4. Reutilización de agua:

Es el aprovechamiento de agua reciclada producto de la recolección de aguas lluvias o aguas tratadas para determinados fines.

10.3.5. Aguas grises:

También llamadas aguas jabonosas, son el producto de uso doméstico generadas por el lavado de utensilios, de ropa o el baño de las personas. Se diferencian de las aguas negras ya que éstas contienen bacterias fecales como la *Escherichia Coli* y macro organismos.

10.4. Marco contextual

Partiendo de un análisis sobre la vulnerabilidad de algunas zonas que no cuentan con servicio de agua potable como la Guajira en Colombia, se da inicio a la investigación buscando dar solución a este problema, ya que el agua potable es un derecho con el que deben contar todas las comunidades. Las visitas técnicas se inician en el municipio de Sesquilé Cundinamarca con registros en la planta de acueducto y se espera implementar el sistema en este municipio en una vivienda rural para comprobar su funcionamiento.

11. Metodología

El tema de la desinfección de aguas grises exige hacer una revisión bibliográfica de varios aspectos como la importancia de los microorganismos en la salud pública, la

reglamentación existente para el reúso de aguas grises y las tecnologías disponibles para la desinfección, teniendo en cuenta el grado mínimo de contaminación y la carga de contaminantes domestica vertida sin tratamiento. Asimismo, estará basada en investigaciones físicas o virtuales, que permitirán obtener información confiable y cuantitativa en un corto periodo de tiempo. Comenzará con una revisión analítica y sistemática de los estudios previos realizados y relacionados en cuanto a los diferentes diseños de plantas compactas de tratamiento ecológico para aguas grises.

El estudio se pretende realizar a nivel escala, simulando una vivienda unifamiliar como tipo de ejemplo en donde se logre determinar cómo se pretenden ajustar las diferentes redes sanitarias de tal forma que el agua gris sea separada de las aguas residuales, que están compuestas por las heces de los seres humanos, las cuales poseen la mayor cantidad de contaminantes y de organismos patógenos. La vivienda elegida está compuesta por 3 habitaciones y 2 baños y es de dos plantas, una sala, un estudio, la cocina y el lugar de aseo.

El método utilizado es la recolección de datos e información que permitan identificar las necesidades que hay en la Guajira y todo lo relacionado con el tratamiento de aguas. Partiendo de lo anterior se procede a realizar una serie de ensayos y visitas técnicas para entender más a fondo el tema del tratamiento de aguas, lo que permite que la investigación sea experimental y se base en prácticas que permitan entender más a fondo los procesos de la propuesta. De ese modo se encuentran respuestas para la elaboración del prototipo y las propuestas para elegir la más viable.

11.1. Visita a la planta de acueducto vereda Gobernador Sesquilé Cundinamarca

Para comprender y conocer cuáles son los procesos de tratamiento del agua y el uso de esta, se realizó una visita a una planta de acueducto rural. Esta visita generó aportes importantes

para comprender cada proceso relacionado con la potabilización del agua, desde su captación hasta la salida de repartición para abastecer a las viviendas del sector. El fontanero de la planta apoyó el recorrido donde se complementó la investigación con los siguientes hallazgos:



Ilustración 6 - Tanque receptor ubicado a un costado de la bocatoma.

11.1.1. Adición del cloro:



Ilustración 7 - Adición del cloro por goteo

Para el tratamiento del agua se adicionan 3lt de cloro x hora a través de un sistema de goteo.

11.1.2. Retro lavado:



Ilustración 8 - Separación de sedimentos por retro lavado

El sistema consiste en separar el barro del agua, la cual pasa a tratamiento.

11.1.3. Sedimentación.

Con 2.60cm de profundidad y 45° de inclinación, se separan los sedimentos con un sistema de filtro.



Ilustración 9 - Filtro de sedimentación

11.1.4. Sulfato:

Se agrega para lograr la clarificación del agua coagulando el lodo y como agente de sedimentación. Se debe tener cuidado de no agregar demasiado, puede alterar el PH del agua normal que es de 7.2. También se agrega por sistema de goteo.



Ilustración 10 - Adición del Sulfato

11.1.5. Pruebas con PH-metro:

Son las pruebas que se realizan para determinar la cantidad de cloro o sulfato, controlando que no estén muy elevadas ni muy bajas.



Ilustración 11 - Pehachímetro

- La planta tiene una capacidad de generar 2lt x segundo.
- Se realiza mantenimiento mensual y purga de lodos diario.

11.1.6. Fuente:

La fuente de la cual se capta el agua para la planta de acueducto es una quebrada natural o fuente hídrica natural, la cual tiene un porcentaje de abastecimiento para el acueducto y otro porcentaje para que siga su cauce normal. No se evidencian alteraciones o impacto negativo en la quebrada a causa de la boca toma. La CAR hace visitas periódicas.

11.1.7. Bocatoma:

La bocatoma es un tanque construido en mampostería, que capta agua de la fuente hídrica y la envía por dos mangueras de 3" al desarenador que está ubicado al lado de la bocatoma.

11.1.8. Aducción:

El desarenador ubicado al lado de la bocatoma envía el agua por gravedad hasta la planta de acueducto por medio de dos mangueras de 3".

11.1.9. Desarenador:

El desarenador tiene un área de 12m² y una profundidad de 1.20m y capacidad de 14.4m³. El cual envía por gravedad el agua a la planta de acueducto.

11.1.10. Tanque de almacenamiento:

Cuenta con dos tanques de almacenamiento de 16m³. La planta visitada se encuentra en zona rural, cuenta con buenos sistemas de funcionamiento y como toma agua de una fuente hídrica natural, la CAR hace visitas periódicas para comprobar el estado de la bocatoma. A continuación, se presentan otros datos sobre la planta:

11.1.11. Población servida:

Abastece agua potable a 186 puntos activos.

11.1.12. *Procesos de potabilización:*

El agua pasa por el siguiente proceso para ser tratada y distribuida a las viviendas o puntos activos:

Desarenador: Donde se hace el proceso de sedimentación de partículas en suspensión por gravedad.

Floculador: Se aplica sulfato para iniciar el proceso de desinfección y coagulación.

Sedimentadores: Filtro lento

Zona de desinfección: Se aplica el hipoclorito de calcio

Tanques de almacenamiento: el agua tratada se almacena en tanques para ser distribuida a las viviendas o puntos activos.

Productos empleados:

- Sulfato de aluminio (coagulante)
- Hipoclorito de calcio (desinfección)

11.1.13. *Controles de calidad o ensayos:*

En la planta se manejan prueba de PH, cloro residual y alcalinidad.

11.1.14. *Lavado de filtros:*

En la planta se lavan a presión con bomba de 2 caballos de fuerza inyectando agua de forma ascendente.

11.1.15. *Mantenimiento de la planta:*

El lavado y desinfección total con hipoclorito de sodio se hace mensual y a diario se realiza la purga de lodos.

11.1.16. *Infraestructura:*

- Bocatoma: 3m³
- Desarenador: tiene un área de 12m² y una profundidad de 1.20m y capacidad de 14.4m³.
- Planta de tratamiento generadora de 2L x seg (dos litros por segundo)
- Floculador: 1.20 x 1.20 x 2.60m

- Sedimentador: 1.20 x 2 x 2.60m
 - Filtro: 1.20 x 1.10 x 3m
 - Lecho filtrante: 1.20m
- Tanque de almacenamiento: 2 tanques de 4 x 4 x 2.20m.



12. Visita a vivienda con sistema de recolección de aguas lluvias

Ilustración 12 - Sistema de recolección de aguas lluvias

Esta visita se realizó con el fin de conocer el funcionamiento del sistema de recolección de aguas lluvias y comprobar su viabilidad, demostrando que sí es posible aprovechar el agua lluvia para su reutilización. La finca está ubicada en el municipio de Sesquilé, en la vereda San José y utilizan el agua reciclada para riego. El sistema lleva más de 10 años en funcionamiento.

13. Aportes de la investigación

Esta investigación tiene una proyección social, ya que va dirigida especialmente a comunidades que no cuentan con servicio de agua potable como en el departamento de la Guajira en Colombia.

13.1. Aportes principales:

- Que las comunidades que no tienen acceso fácil al agua dulce puedan contar con el recurso en un futuro.
- Reducir la contaminación de las fuentes hídricas.
- Reducir los consumos de agua potable.
- Que las culturas de ciertas comunidades no se vean afectadas por la escasez de agua.

14. Ingeniería del proyecto

Dentro de los aspectos más relevantes es necesario proponer la implantación de un sistema que posea una capacidad de mínimo 1000 L/ día y a esto se le debe añadir un sistema de bombeo que permita suministrar agua a la vivienda para abastecer todos los aparatos sanitarios y llaves de riego. El sistema está compuesto por la primera fase de desbaste o bien llamado tratamiento preliminar, un filtro y una micro planta para la desinfección para posteriormente almacenar en tanques. Se propone implementar energía solar y eólica, pero por el momento se estima usar solo paneles solares. Cabe resaltar que el sistema se puede implementar a nivel nacional.

14.1. Pruebas

Inicialmente se realizó un filtro casero para demostrar el proceso de clarificación del agua de forma natural. El filtro se compone por antracita, arena sílice y grava fina:

14.1.1. Procedimiento



Ilustración 13 - Elaboración del filtro de prueba



Ilustración 14 - Adición de agua gris en el filtro de prueba



Ilustración 15 - Filtrado y resultado de la prueba

14.2. Propuesta de Diseño y funcionamiento.

Se Adecúa un prototipo animado de la planta compacta para empezar a desarrollar ideas y propuestas de mejora:

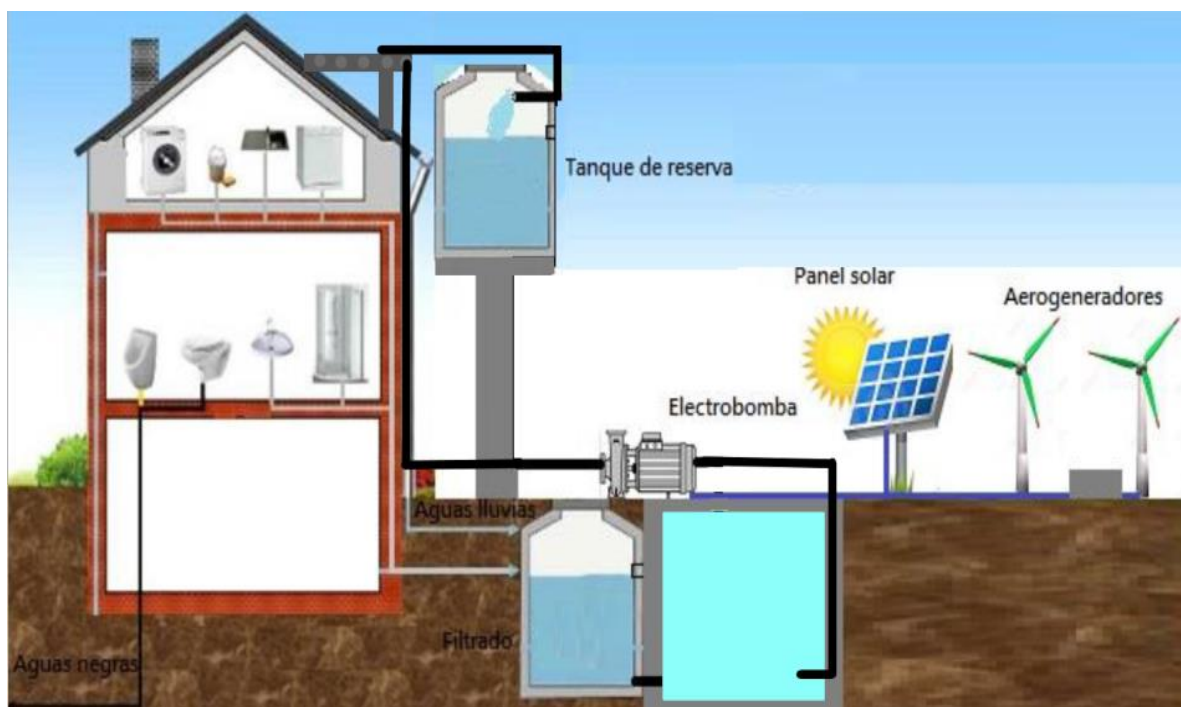


Ilustración 16 - Corte del sistema; www.construction21.org

14.3. Propuesta de funcionamiento

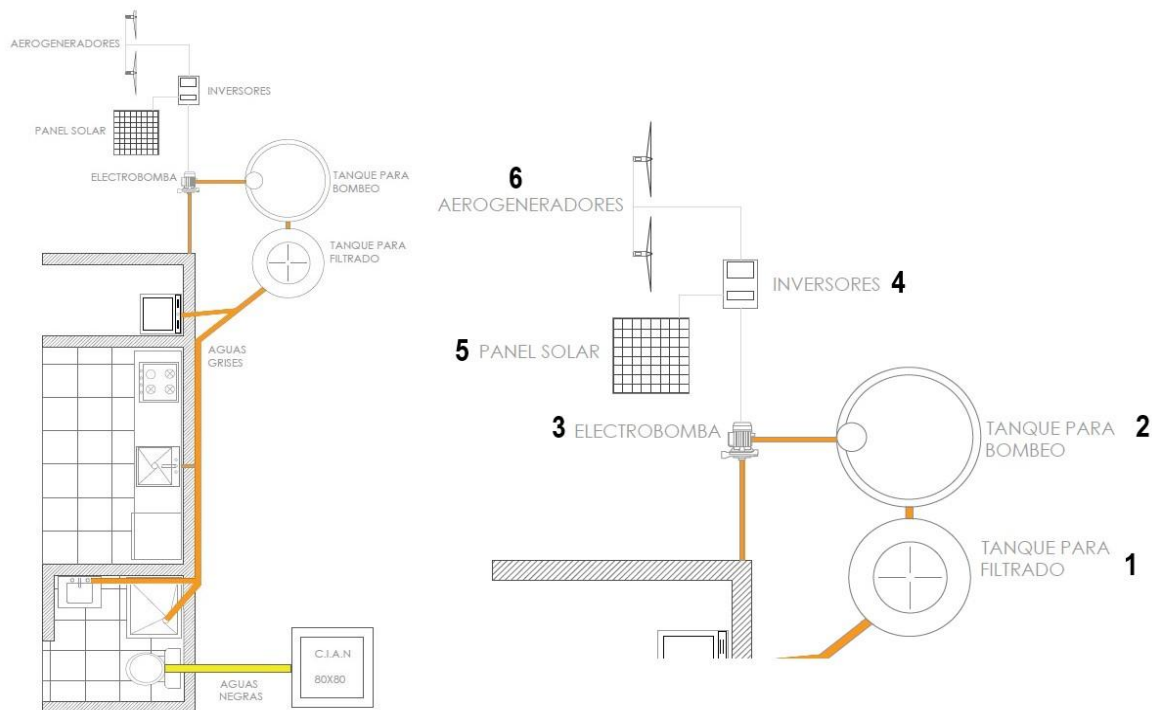


Ilustración 17 - Componentes del sistema primera planta

Elaboración propia.

- 1. Tanque para filtrado:** Es el tanque que va a recibir las aguas grises de la vivienda. Dentro del tanque se pretende elaborar un filtro vertical con capas de antracita, arena sílice y grava fina, materiales que nos permiten aclarar el agua y reducir posibles aromas del agua gris.



2. **Tanque para bombeo:** Es el tanque que almacena el agua filtrada para enviarla a la planta de desinfección UV a través de una electrobomba. Se propone un sistema que envíe agua a la electrobomba cuando el tanque esté a un nivel de agua específico.
3. **Electrobomba:** A través de una electrobomba de medio caballo de fuerza (1/2 HP) y un máximo caudal de 180 litros por hora (180 L/h) alimentada por energías limpias, se envía el agua filtrada a la planta de desinfección UV ubicada en la cubierta de la vivienda.
4. **Inversor:** Es el dispositivo que convierte la energía proveniente del panel solar o de los aerogeneradores. La conversión se hace de corriente continua a corriente alterna.
5. **Panel solar:** Es el dispositivo de captación de energía solar que, a través de sus celdas fotovoltaicas, nos va a generar la energía para alimentar la electrobomba.
6. **Aerogenerador:** Con este dispositivo se puede aprovechar la energía cinética del viento para convertirla en energía eléctrica. Se propone la implementación de los aerogeneradores de forma alternativa o complementaria.

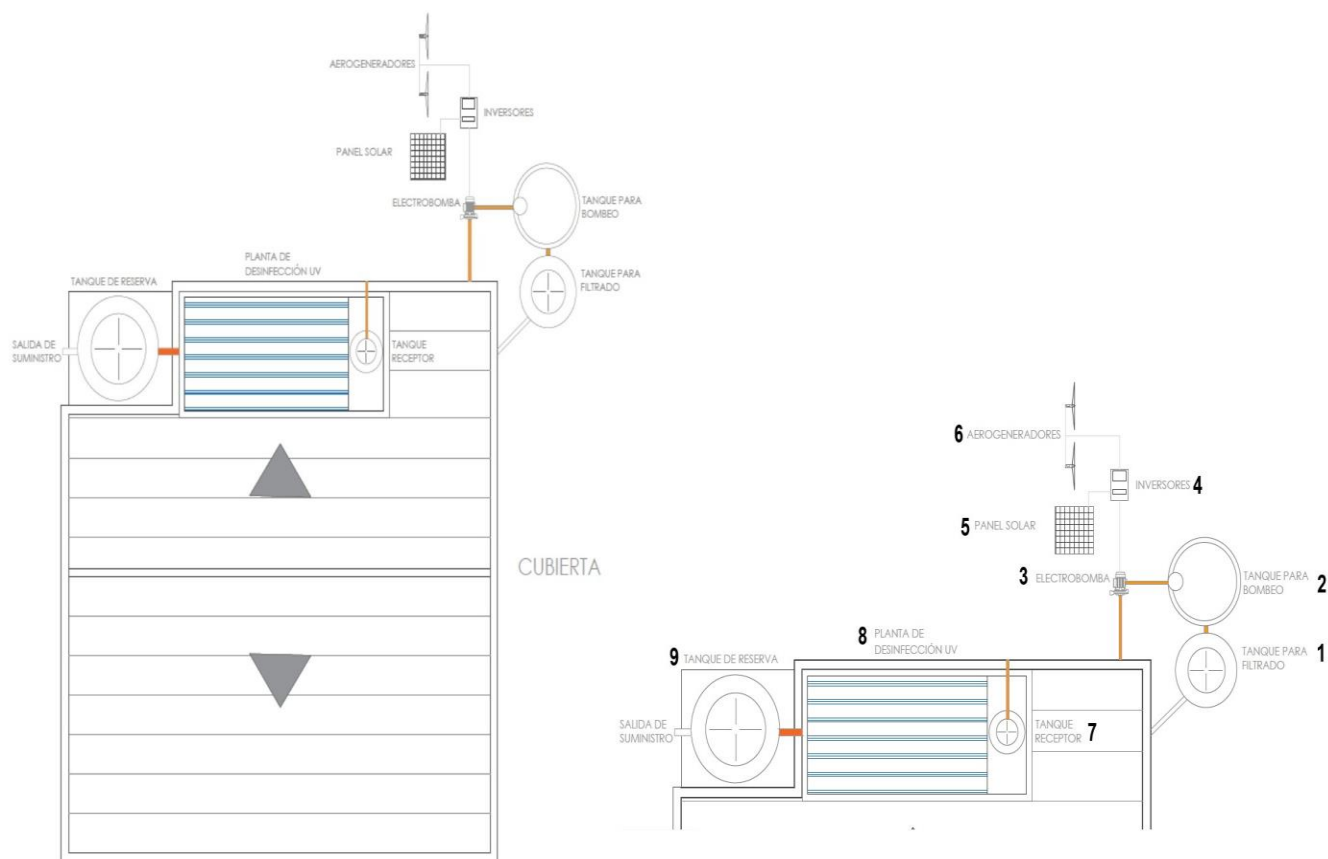


Ilustración 18 - Componentes del sistema en cubierta

Elaboración propia

- 7. Tanque receptor:** Es el depósito de agua que va a tener la planta de desinfección UV. Su función es recibir el agua bombeada para que la presión ejercida por la electrobomba no afecte los mecanismos de la planta de desinfección.
- 8. Planta de desinfección UV:** Dispositivo que sirve para tratar el agua mediante los rayos UV solares, sin usar químicos.

- 9. Tanque de reserva:** Es el tanque que almacena el agua tratada lista para el suministro a la vivienda. Se debe considerar el diseño y material del tanque, ya que el agua tratada puede salir caliente.

14.4. Análisis consumo promedio de agua en viviendas: L/hab/día (Litros por habitante día)

Tabla 1 - Consumo por habitante

Demanda	L/hab/día	L/m²/día
Sanitario	40	
Riego (jardines – patios)		7
Aseo corporal (ducha)	50	
Preparación de alimentos	5	
lavado de ropa	9	
lavado de automóviles	5	
Cocina (lavado de platos)	6	
Limpieza general	8	
TOTAL	130 L/día	

14.5. Presupuesto preliminar

Tabla 2 - Presupuesto estimado

MATERIALES			
Material/Actividad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Tubo sanitario 4"	1	\$76.500	\$76.500
Tubo sanitario 3"	2	\$54.000	\$108.000

Tubo agua potable 1/2"	3	\$12.000	\$36.000
Limpiador 1/32	1	\$10.900	\$10.900
Soldadura 1/32	1	\$9.500	\$9.500
Tanque Séptico 1.000lt	1	\$734.400	\$734.400
Tanque 200lt para filtro	1	\$95.000	\$95.000
Tanque de reserva 2.000lt	1	\$446.400	\$446.400
Electrobomba ½ hp	1	\$90.000	\$90.000
Panel solar 100 Wp	2	\$300.000	\$600.000
Planta desinfección UV	1	\$600.000	\$600.000
Cemento b. 50kg	7	\$21.000	\$147.000
Arena de peña	1m	\$46.000	\$46.000
Mixto (arena río-grava)	2m	\$80.000	\$160.000
Antracita 25kg	1	\$22.000	\$22.000
Arena sílice 25kg	1	\$12.000	\$12.000
Grava fina 25kg	1	\$12.000	\$12.000
Mano de obra	Global	\$2'500.000	\$2'500.000
Total			\$5'705.700

14.6. Aspectos éticos y legales

Es de vital importancia garantizar que los materiales implementados no generen problemas de salud o sean inseguros, por lo contrario, que permitan obtener agua limpia después del proceso de tratamiento. Además, la misma electrobomba puede generar riesgo si se tiende a manipular inadecuadamente o no se le realiza un adecuado mantenimiento, tan solo con separar el hidrógeno a través de hidrólisis se pueden generar daños. Si a esto le añadimos que se están manejando aguas que pueden contener a nivel químico, materiales tóxicos tales como amoníaco, hierro, cloro, pesticidas y demás contaminantes químicos. A nivel bacteriológico se puede decir que es el más letal, porque se encuentren microorganismos como bacterias, hongos, protozoos, helmintos, que han sido los causantes de muchas enfermedades y epidemias del cólera, por lo cual es necesario contar con un laboratorio certificado para realizar las muestras y pruebas, pues se pretende realizar una serie de ensayos para que, a partir de ellos, se determinen los usos que se le puede dar al agua tratada. Con estos datos se plantea que el agua sea experimentada en conejos para identificar si en sus organismos ocurre alguna anomalía y si el agua provoca alguna reacción negativa. Se propone usar una cantidad de 10 conejos: 4 de muestra, 4 de experimentos y 2 de cambios o reserva. Por lo cual debido a estos datos se deben mantener ciertos principios de confidencialidad y permisos éticos.

15. Propuestas alternativas para el funcionamiento de la planta

- Desarrollar un sistema de tratamiento de aguas grises y residuales, en donde se pueda realizar un cribado y se retire toda la materia orgánica, y a través de un tanque enterrado de película de vidrios polarizados. Generar a través del sol un

sistema de destilación de esta manera el agua sube hacia la tapa en donde es retenida y enviada a otro recipiente ya tratada.

- Una segunda propuesta es no usar el sistema de filtrado con materiales como lo es la grava, antracita, carbón activado, sino implementar un filtro a través de geosintéticos y de esta manera se optimiza la planta de tratamiento.
- Una tercera propuesta es no usar la desinfección UV o con luz solar, sino usar el método de ionización, proceso que también es amigable con el medio ambiente, debido a que dos electrodos, (plata y cobre) son energizados con cierta cantidad de corriente y ellos arrojan iones que tienden a generar cambios moleculares y a desinfectar el agua, cambiando la secuencia del ADN de las bacterias.
- Una cuarta propuesta es teniendo el sistema de redes hidráulicas y sanitarias debidamente separadas las aguas grises y negras, se procede a recoger y tratar el agua gris, de tal manera que solamente se le realiza un cribado y un pre filtrado, y se lleva a una bomba de vacío en donde se procede a retirar el oxígeno y a generar un cambio en el estado del agua de físico a gaseoso, en donde por el cambio de estado se eliminan las bacterias y demás microorganismos, después de estar gaseoso el agua se va a llevar este vapor por unos radiadores con calor en donde va a pasar nuevamente de gaseoso a físico, este proceso es el de evaporación. y después se lleva a los tanques y se reutiliza. cabe decir que después de este proceso se eliminan ciertos minerales y sales que si el agua es para consumo humano se les debe añadir para que cumplan sus funciones alimenticias.

- Una quinta propuesta es la aplicación del método de destilación, la cual puede ser la alternativa más viable. A continuación, se explica cómo puede funcionar el método.

15.1. Propuesta más viable: Desinfección por destilación

Utilizando los mismos modelos para desinfección por filtros UV, se ve la posibilidad de diseñar un sistema que a través de los rayos solares efectúe el proceso de destilación para separar las impurezas del agua. Este método puede ser opcional o complementario.

La destilación es el proceso por el cual se genera agua a través de proceso de vaporización y condensación. Para este sistema, se propone la implementación de destiladores solares y destilación simple.

Destilador solar: Se construyen con una cámara de vidrio que condensa el agua y la convierte en agua potable. Se estima que para un destilador solar de .80 x .60 x .20 se puede producir de 5 a 10lt/día, según la radiación solar.

El destilador solar puede ser cargado con agua gris o con agua lluvia y produce la mitad del agua con la que fue llenado: si el destilador se cargó con 10lt, la cantidad de agua obtenida será de 5lt aprox. según la radiación solar.

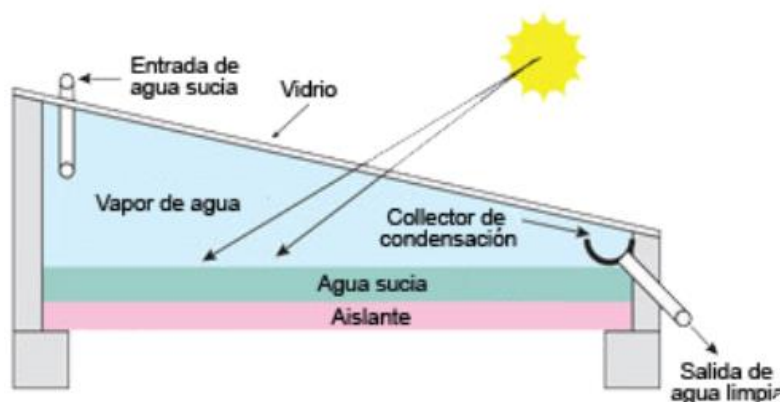


Ilustración 19 - Destilador solar; co.pinterest.com

Nota: Se debe estimar la dimensión del destilador solar para que pueda abastecer suficiente agua a la vivienda. Dependiendo la zona geográfica y sus condiciones climáticas, se puede utilizar el agua lluvia para abastecer el destilador.

16. Análisis y discusión de resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta propuesta de investigación, donde se realizaron pruebas de aclaramiento del agua a través de un filtro con diferentes materiales y la visita a una planta de acueducto, donde se observó cada proceso que permite la obtención de agua potable, y donde se consultaron proyectos que tienen semejanza a esta iniciativa de investigación, se visualiza una proyección positiva para el desarrollo de la propuesta.

Es importante resaltar que, con base a los antecedentes del presente documento, existe una relación en el enfoque socio económico y ambiental con la mayoría de las tesis o patentes consultadas, donde se percibe que la proyección social es el fuerte de nuestras propuestas, dando solución a un problema, pero motivados en la sostenibilidad y sustentabilidad, velando por la preservación del medio ambiente, ya que la construcción debe ir de la mano con la naturaleza, tratando de generar el menor impacto posible.

La evolución de nuestra propuesta en comparación con las investigaciones de otros autores, parte de la implementación de energías limpias para abastecer de corriente eléctrica el sistema y además completar la desinfección del agua aprovechando los filtros UV.

Con esta propuesta, se pretende dar solución a la siguiente pregunta:

¿Por qué las organizaciones no han migrado aún hacia esquemas que estructuren ciudades más sostenibles apoyados en energías limpias, y cómo podría usted contribuir desde su profesión para que las organizaciones migren hacia estos esquemas?

La razón por la cual no se ha optado por implementar energías alternativas es por las siguientes razones:

Ha faltado conciencia y cultura ambiental: el desarrollo humano no está enfocado en su totalidad al cuidado y preservación del medio ambiente, lo que se convierte en un problema urbano.

La corrupción: este grave fenómeno afecta el desarrollo sostenible porque los recursos para la sostenibilidad son desviados o simplemente no existen. Aparte de los recursos, las empresas actuales de energía no están dispuestas al cambio porque sus ingresos podrían disminuir, aunque Codensa ya está implementando o aceptando algunos sistemas de energías limpias. Será primordial la intervención sociopolítica para lograr la sostenibilidad.

Limitaciones de infraestructura: los espacios con los que cuentan las ciudades, en su mayoría, no son diseñados pensando en la implementación futura de energías limpias.

Siendo las anteriores algunas de las razones que impiden que el país tenga un desarrollo sostenible, con esta investigación se pretende romper ese esquema para dar inicio a la sostenibilidad, motivando a demás investigadores a la preservación y conservación del medio ambiente, partiendo del cuidado del recurso hídrico, que es el más importante.

17. Recomendaciones

Dentro de un proyecto como este, se desea que siempre exista una mejora continua, por lo tanto se recomienda a futuros investigadores que tengan interés en el proyecto, la complementación del sistema con más funciones refiriéndose al tratamiento de aguas negras y aguas grises, mejorar el proceso de optimización a través de la reducción de procesos y tiempos de espera y realizar una serie de comparaciones con los resultados, claro está adoptando nuevas

tecnologías que proporcionen una menor infraestructura de la planta para reducir espacios y costos.

Se recomienda a los futuros investigadores promover la implementación de plantas de tratamiento para mitigar el impacto ambiental, pidiendo ayuda a los entes municipales o gobernaciones para la gestión de recursos para cada planta.

Otra recomendación es incluir más modelos que se puedan parecer a un electrodoméstico en las viviendas, de esta manera generar un inventario o un estudio de mercadeo para desarrollarlo y el sistema se adapte a las necesidades de una mayor variedad de empresas. Una recomendación para brindarle mayor velocidad es implementar en la bomba de vacío, un tubo con cheque de tal forma que se pueda ingresar agua constantemente sin necesidad de estar apagando la bomba y así se trabaja con la misma cantidad de presión y con una constante de agua.

Por último, sería bueno adaptar al sistema una tecnología automatizada de modo que no sea necesario intervenir de forma manual el mecanismo de la planta, sino a través de sistemas polifásicos de automatización o mejor tecnología.

Se puede contemplar el uso de un tanque anaeróbico para complementar el tratamiento.

18. Conclusiones

- Con base a la propuesta del presente proyecto de investigación, se evidencia la necesidad e importancia de tratar las aguas residuales domesticas e industriales para mitigar el impacto ambiental y el daño a nuestras fuentes hídricas.
- Se hace necesaria la propuesta de una modificación técnica y científica sobre la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales en proyectos de

vivienda e industria, como parte del reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR.

- Es importante realizar las suficientes pruebas de campo para conocer, aplicar, experimentar e indagar sobre todos los aspectos pertinentes a la investigación.
- Los sistemas ecológicos deben estar bien estructurados para su implementación, con base a esto es importante conocer los antecedentes y la normatividad aplicada a la investigación.
- Con base a las pruebas y visitas realizadas se concluye lo siguiente:
- El uso de materiales como la antracita, carbón activado y grava fina permiten clarificar el agua gris doméstica a través de un filtro de fácil elaboración.
- Se pueden implementar sistemas tradicionales que complementen el sistema como los que se utilizan tradicionalmente en las plantas de acueducto.
- Las energías limpias permiten que la propuesta sea ecológica y sustentable.
- Si se dispone del filtro (antracita, carbón activado y grava fina), los procesos de decantación, sedimentación, floculación y posteriormente la desinfección con rayos UV o destilación, se puede obtener una alta calidad del agua tratada, pero incrementan los costos de construcción y mantenimiento.

19. Aporte personal

Se hace necesaria una propuesta de inclusión técnica y científica para implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales en proyectos de vivienda e industria, agregada al reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR o al Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS.

20. Referencias

- Chavarría, M. (2017). *Metodología para la elaboración de tesis y otras opciones de titulación* (3ª ed.). Trillas.
- Lerma, H. (2009). *Metodología de la investigación: propuesta, anteproyecto y Proyecto* (4ª ed.). Ecoe Ediciones.
- López, R. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados* (2ª ed.). Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Pérez, R. (2010). *Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones* (6ª ed.). Ecoe Ediciones.
- Ruiz, D., & Villacís, H. (2015). *Sistema de intercambio indirecto mediante un acumulador*. [figura 5]. Recuperado y adaptado de: *Diseño, construcción, emplazamiento y monitoreo de un sistema solar para calentamiento de agua para piscina* [tesis de pregrado, Universidad politécnica salesiana sede cuenca- Ecuador]
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8950/1/UPS-CT005217.pdf>
- Secretaría de planeación – Universidad de Cundinamarca (2006). *Fontanería rural – Municipios menores y zonas rurales*. Convenio de cooperación departamento de Cundinamarca SPC-33. Gente Nueva Editorial.
- Secretaría de planeación – Universidad de Cundinamarca (2005). *Sistema de potabilización*. Editorial Bochica.
- Secretaría de planeación – Universidad de Cundinamarca (2005). *Sistema de acueducto*. Editorial Bochica.

Manual Agua Rotoplast (2020). *Sistema Séptico Domiciliario*.

<http://www.rotoplast.com.co/wp-content/uploads/MANUAL-SISTEMA-SEPTICO-CONICO-DOMICILIARIO.pdf>

Manual Skinco® Colombit. (2016). *Sistemas sépticos - sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas*.

https://www.academia.edu/14825824/SISTEMA_DE_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_RESIDUALES_DOMESTICAS_PLASTICOS_SISTEMAS_SEPTICOS

Trujillo, D. (2016). *Los detergentes sintéticos*.

<http://sisprodpetroquimica.blogspot.com/2016/09/los-detergentes-sinteticos.html>

Ensinger. (2020). *Plástico Peek – tecapeek*.

<https://www.ensingerplastics.com/es-es/semielaborados/plasticos-de-altas-prestaciones/peek>

Ensinger. (2020). *Plásticos resistentes a la radiación*.

<https://www.ensingerplastics.com/es-es/semielaborados/seleccion-de-materiales-plasticos/resistentes-a-la-radiacion>

Nergiza (2015). *Sistema solar por termosifón ¿Qué es y cómo funciona?*

<https://nergiza.com/sistema-solar-por-termosifon-que-es-y-como-funciona/>

Tiempo, C. E. E. (2010). *En Bogotá, el metro cúbico de agua potable es el más caro del país.*

<http://m.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-7740549>

Lenntech. (2020). *¿Qué es la desinfección del agua?*

<https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm>

agua.org.mx. (2007). *Contaminación del agua por detergentes (eutrofización).*

<https://agua.org.mx/biblioteca/contaminacion-del-agua-por-detergentes-eutrofizacion/>

www.tecnologiadelosplasticos.blogspot.com. (2011). *Tecnología de los Plásticos*

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/pet.html>

www.tplaboratorioquimico.com. TP - laboratorio químico. (2015). *¿Qué es la destilación?*

<https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/procedimientos-basicos-de-laboratorio/que-es-la-destilacion.html>

www.consumer.es. (2015). *¿Es cierto que el fuego mata todas las bacterias?*

<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2015/08/27/222367.php>

La ciencia es bella. (2010). *Agua hirviendo a temperatura ambiente.*

<https://lacienciaesbella.blogspot.com/2010/01/agua-hirviendo.html>

Definición de. (2013). *Rayos infrarrojos.*

<https://definicion.de/rayos-infrarrojos/>

blog.condorchem.com. (2010). *Historia sobre el tratamiento de agua y sus orígenes.*

<https://blog.condorchem.com/historia-sobre-el-tratamiento-del-agua-potable/>

www.trojanuv.com. (2020) *Introducción a la desinfección por UV.*

<https://www.trojanuv.com/es/uv-basics>

www.andi.com.co. (2018). *Reporte de avance del estudio nacional del agua 2018*.

http://www.andi.com.co/Uploads/Cartilla_ENA_%202018.pdf

www.construction21.org Adaptado de:

<https://www.construction21.org/espana/articles/es/la-importancia-del-tratamiento-de-aguas-grises.html>

www.comohacer.eu Adaptado de:

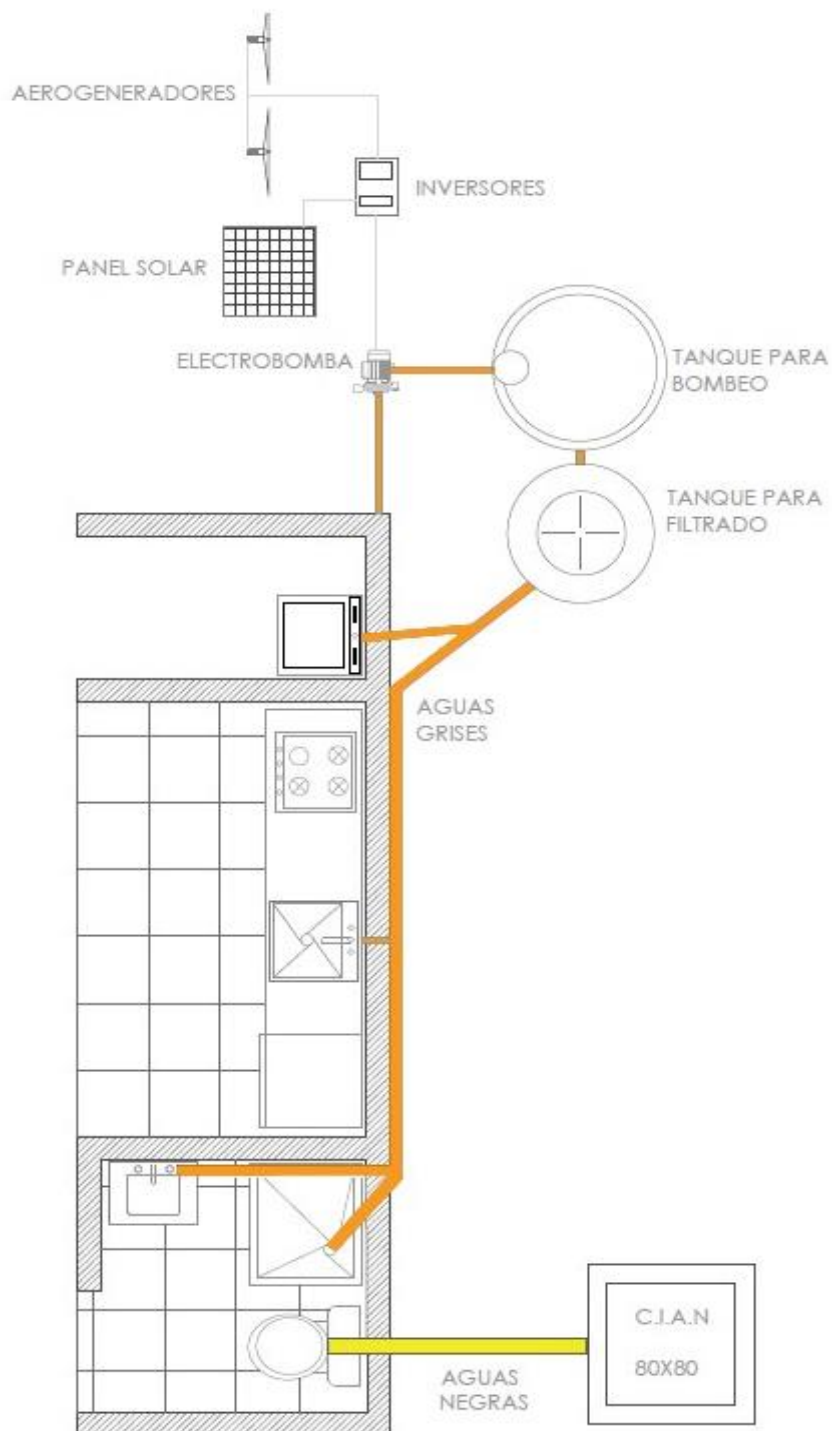
<https://www.comohacer.eu/como-hacer-un-filtro-de-arena/>

co.pinterest.com Recuperado de

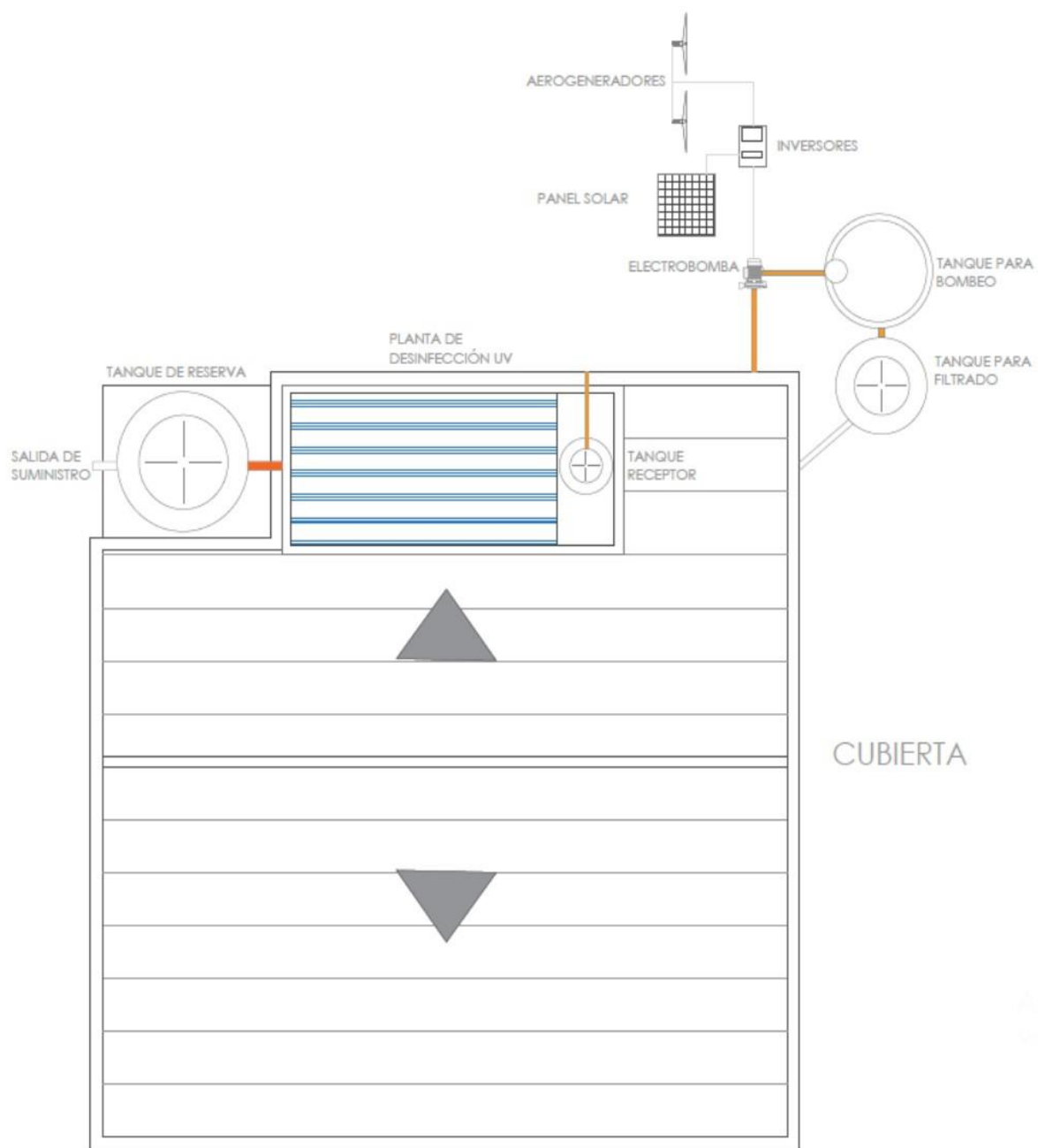
<https://co.pinterest.com/pin/433330795386372308/>

21. Anexos

Anexo No. 1 - Vista en planta del sistema



Elaboración propia

Anexo No. 2 - Planta de cubierta

Elaboración propia