

PROYECTO SOCIO-AMBIENTAL PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA LLUVIA Y RESIDUAL EN ZONAS VEREDALES

INVESTIGACIÓN APLICADA AL SERVICIO DE LA COMUNIDAD



Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación



AGRADECIMIENTOS:

Al programa Ideas para el Cambio, al SENA, a los grupos de aprendices por su apoyo continuo y a la comunidad de la vereda Mancilla Sector 46 por su constante disposición.

PROYECTO SOCIO-AMBIENTAL PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL AGUA LLUVIA Y RESIDUAL
EN ZONAS VEREDALES.

“Investigación aplicada al servicio de la comunidad”
Autor: Sergio Alejandro Pedraza Pachón

Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA

Centro de Gestión Industrial

Grupo de Investigación en Procesos Industriales - NEURONA

Edición en español, octubre de 2021

Catalogación en la publicación. SENA Sistema de Bibliotecas

Pedraza Pachón, Sergio Alejandro

Proyecto socio-ambiental para el aprovechamiento del agua lluvia y residual en zonas veredales / Sergio Alejandro Pedraza Pachón. -- Bogotá : Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Centro de Gestión Industrial, 2021.

1 recurso en línea (86 páginas : PDF).

Referencias bibliográficas: página 80.

Contenido parcial: Principios de orientación del proyecto -- Caracterización y priorización de beneficiarios -- Implementación de los sistemas de tratamiento de agua -- Apropriación social del conocimiento -- Control y seguimiento.

ISBN: 978-958-15-0685-9.

1. Abastecimiento de agua lluvia--Investigaciones 2. Reutilización del agua--Investigaciones I. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Centro de Gestión Industrial. Grupo de investigación en procesos industriales (Neurona).

CDD: 363.61

ISBN: 978-958-15-0685-9

Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA

Regional Distrito Capital

Centro de Gestión Industrial

Sistema de investigación, desarrollo tecnológico e innovación - SENNOVA

Grupo de Investigación en Procesos Industriales - Neurona

Director Nacional del SENA

Carlos Mario Estrada

Subdirector Centro de Gestión Industrial- SENA

Fabio Hernández Rodríguez

Equipo Técnico

Diseño de la Propuesta:

Ahudrey Leal Quintero – Coordinadora Tecnoparque SENA

Diana Carolina Jaimes – Docente Universidad de Cundinamarca

Guillermo Orjuela Ramírez – Docente Universidad de Cundinamarca

Sergio Alejandro Pedraza Pachón - Instructor SENA

José Ricardo Forero Mendieta – Líder SENNOVA SENA

Desarrollo del proyecto:

Sergio Alejandro Pedraza Pachón - Coordinación técnica

Diana Carolina Jaimes – Logística y apropiación social

José Ricardo Forero Mendieta – Líder del proyecto

Javier Enrique Santana Lozada - Padrino de la solución

Apoyo Técnico:

Valery González – Tecnóloga SENA

Camila Sánchez – Tecnóloga SENA

Amparo Tovar – Líder comunitaria



AUTOR (ES):

Sergio Alejandro Pedraza Pachón

Instructor SENA

EDITORES:

Sergio Alejandro Pedraza Pachón

Instructor SENA

Fotografías Internas:

Banco de Imágenes del Proyecto

Gestión de Contenidos Gráficos:

Juan Sebastián Arias Robayo

Maira Rosa Gutiérrez Torres

Corrección de Estilo:

Lizeth Lorena Castiblanco Amaya

Eimy Viviana Duarte Vásquez

Diseño y Diagramación:

Nina Alejandra Díaz Ospina



© Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Hecho el depósito que exige la ley.

Este libro, salvo las excepciones previas por la ley, no puede ser reproducido por ningún medio sin previa autorización escrita de los autores. Los textos publicados son de propiedad intelectual de los autores y pueden utilizarse con propósitos educativos, siempre que se cite a los autores y la publicación.

Las opiniones aquí contenidas son de responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente el pensamiento del Editor ni del SENA

Contenido

PRÓLOGO	9
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I. PRINCIPIOS DE ORIENTACIÓN DEL PROYECTO	11
1.1. Marco Normativo del Proyecto	12
1.2. Lineamientos Conceptuales Básicos	20
1.3. Objetivos de la Investigación	26
1.4. Criterios de la Investigación con Enfoque Social	27
1.5. Antecedentes	28
1.6. Justificación	29
1.7. Principios de Orientación del Proyecto	30
CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE BENEFICIARIOS.....	32
2.1. Descripción de las Condiciones Generales del Proyecto	33
2.2. Planteamiento del Problema	34
2.3. Acta de Levantamiento de la Línea Base	36
2.4. Informe de Línea Base	36
2.5. Priorización de Beneficiarios	39
2.6. Compromisos de los Actores Involucrados en el Proyecto	40
CAPÍTULO III. IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA	41
3.1. Planteamiento de la Alternativa	42
3.1.1. Diseño de los sistemas de tratamiento de agua	44
3.1.2. Atributos principales de los sistemas de tratamiento de agua	50
3.2. Ejecución de la Alternativa	52
3.2.1. Instalación de los sistemas de tratamiento de agua	53
3.2.2. Operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de agua	54

CAPÍTULO IV. APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO	61
4.1. Ideación del Proyecto	62
4.2. Gestión del Conocimiento	63
4.3. Estrategias de Comunicación	67
4.4. Plan de Sostenibilidad	68
CAPÍTULO V. CONTROL Y SEGUIMIENTO	69
5.1. Parametros de Calidad del Agua Potable, Agrícola y Residual	70
5.2. Monitoreo y Caracterización del Agua Tratada	73
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	80
ABREVIATURAS	86



PRÓLOGO

Este espacio de lectura se creó con el fin de contar la experiencia social alrededor de un grupo de aprendices y docentes que decidieron poner la investigación al servicio de la comunidad. El libro se compone de 6 capítulos en los que se destacan las experiencias del proyecto llamado: “Alternativa para el aprovechamiento del agua lluvia y residual en la vereda Mancilla del municipio de Facatativá, Cundinamarca”, financiado por Colciencias (ahora llamado Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación – MinCiencias), a través del programa “Ideas para el Cambio”, con el fin de brindar soluciones al desabastecimiento de agua potable que aqueja constantemente a la comunidad de la vereda Mancilla, municipio de Facatativá- Cundinamarca. Para dicho propósito se implementaron dos tipos de sistemas de tratamiento: uno de agua lluvia y el otro de aguas grises, todos de uso doméstico de acuerdo con las necesidades de las viviendas del sector. Este proyecto fue desarrollado en conjunto entre el Centro de Gestión Industrial SENA, Tecnoparque de la regional Distrito Capital y la Universidad de Cundinamarca.

La solución propuesta tenía como objetivo reducir el impacto ambiental generado por el fenómeno del Niño en Colombia y, a su vez, establecer estrategias para posibilitar un impacto social que beneficie a la comunidad, pues en la última década la oferta hídrica ha disminuido considerablemente en nuestro país y, sumado a ello, el alto consumo que demandan los diferentes sectores productivos limita y aumenta el costo del acceso al agua para uso doméstico.

El eje central del proyecto fue enfocado hacia el componente socio-ambiental para fomentar el trabajo mancomunado entre los investigadores y la comunidad, intercambiando experiencias entre la ciencia y el campo por medio de transferencias tecnológicas del conocimiento desde el SENA, con el objetivo de brindar acceso seguro al recurso hídrico en el marco de la legislación nacional.

De esta manera, se busca incentivar a todos aquellos emprendedores, investigadores y visionarios a solucionar problemáticas sociales más allá de las fronteras académicas, beneficiando a la población al poner su conocimiento a disposición de comunidades con alguna condición de vulnerabilidad. Confíanos en que estas páginas inspiren a muchas personas a tomar iniciativas de investigación con sentido social y sea de utilidad para toda institución educativa.



INTRODUCCIÓN

Las fuentes de abastecimiento de agua potable a lo largo de la historia han venido disminuyendo su caudal aprovechable debido a diferentes problemáticas como enfrentamientos políticos, contaminación por efluentes industriales y domésticos, cambio climático por la generación de emisiones al aire que ocasionan diferentes consecuencias como sequías, el llamado fenómeno de la niña, la contaminación atmosférica que a través de diferentes concentraciones contaminantes precipitan en forma de lluvia hacia la parte alta de las cuencas hidrográficas (Dúran Juárez & Torres Rodríguez, 2006); por ende, las poblaciones aledañas a los cuerpos hídricos contaminados que no cuentan con un sistema de tratamiento adecuado, se ven perjudicadas por la aparición de diferentes enfermedades tales como diarrea, cólera, tifoidea, hepatitis A, amibiasis, entre otras, provocadas al momento del abastecimiento del recurso (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Durante los últimos años se han promovido actividades de ganadería y agricultura intensiva las que demandan gran cantidad de agua para su producción, siendo esta última una de las más importantes e influyentes en el consumo de la dotación hídrica del país (Arévalo, Lozano, & Sabogal, 2011). A nivel regional, en el municipio de Facatativá, el cultivo de fresas y hortalizas hace parte de la producción primaria debido a la ubicación geográfica, los cuales se comercializan principalmente a otros municipios (Concejo Municipal de Facatativá, 2016). Las malas prácticas agropecuarias incrementan la contaminación, la degradación y desabastecimiento de las aguas superficiales (Palacio Castañeda, 2010) para funciones básicas y productivas en la vereda Mancilla. A pesar de la existencia del acueducto veredal para el suministro de agua, esta escasea sobre todo en temporada seca y no abastece a la totalidad de la población. Además, según el análisis físico químico realizado por el grupo de investigación, no es apta para consumo humano; todo ello evaluado con base en los parámetros establecidos en la resolución de calidad del agua para el consumo humano, Resolución 2115 de 2007.

Por lo tanto, con la ayuda de los actores involucrados por parte de la academia y la Junta de Acción Comunal de la vereda Macilla, se determinó la necesidad de implementar sistemas de tratamiento de aguas lluvias y aguas grises. Para ello se realizó la caracterización del agua antes y después del tratamiento para verificar su efectividad. Sumado a esto se sensibilizó a la comunidad acerca del impacto ambiental y social generado por el cambio climático, la destrucción de los páramos y el uso inadecuado del recurso hídrico, los cuales amenazan constantemente el recurso hídrico en el territorio. Todo ello, sin dejar de lado el enfoque social del proyecto, apuntando al sector agropecuario como eje central de transferencias tecnológicas del conocimiento desde la academia aplicado al uso doméstico y agropecuario, con el objetivo de brindar acceso a agua potable de calidad a la comunidad. Con esto se implementó una alternativa para el aprovechamiento del recurso, en donde se da solución a la escasez del agua potable, teniendo en cuenta las actividades tradicionales que se desarrollan en la vereda tales como: cultivos transitorios anuales, actividades domésticas, sistemas pecuarios convencionales y sistemas de riego para la agricultura familiar.

CAPÍTULO I



PRINCIPIOS DE ORIENTACIÓN DEL PROYECTO

CAPÍTULO I. PRINCIPIOS DE ORIENTACIÓN DEL PROYECTO

1.1 MARCO NORMATIVO DEL PROYECTO

A la fecha, son pocos los proyectos a gran escala a nivel urbano y rural que han implementado el tratamiento de agua lluvia. El marco normativo aplicable a las acciones realizadas durante la ejecución del proyecto está fundamentado en los siguientes lineamientos:

- **Ley 373 de 1997**, por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua y que dicta lo siguiente:

Artículo 2o. Contenido del programa de uso eficiente y ahorro del agua. Como tiempos de ejecución, metas anuales, campañas de capacitación a la población, la utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas, los incentivos y otros aspectos que definan las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales y demás entidades que se consideren convenientes para el cumplimiento del programa. (Ley Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua – PUEAA, Ley 373 de 1997)

Artículo 4o. Reducción de pérdidas. Las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales competentes fijarán las metas del uso eficiente y ahorro del agua para los demás usuarios en su área de jurisdicción. Las metas serán definidas teniendo en cuenta el balance hídrico de las unidades hidrográficas y las inversiones necesarias para alcanzarlas. (Ley PUEAA, Ley 373 de 1997)

Artículo 5o. Reúso obligatorio del agua. Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socioeconómico y las normas de calidad ambiental. (Ley PUEAA, Ley 373 de 1997)

Artículo 9o. De los nuevos proyectos. Las entidades públicas encargadas de otorgar licencias o permisos para adelantar cualquier clase de proyecto que consuma agua deberán exigir que se incluya en el estudio de fuentes de abastecimiento, la oferta de aguas lluvias y que se implante su uso si es técnica y económicamente viable. (Ley PUEAA, Ley 373 de 1997)

Artículo 12. Campañas educativas a los usuarios. Las entidades usuarias deberán incluir en su presupuesto los costos de las campañas educativas y de concientización a la comunidad para el uso racionalizado y eficiente del recurso hídrico. (Ley PUEAA, Ley 373 de 1997)

• **Decreto 1575 de 2007.** El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada. (Ministerio de la Protección Social, 2007)

Artículo 9o. Responsabilidad de las personas prestadoras. Las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano, en relación con el control sobre la calidad del agua para consumo humano, sin perjuicio de las obligaciones consagradas en la Ley 142 de 1994 y las disposiciones que la reglamentan, sustituyan o modifiquen, deberán cumplir las siguientes acciones:

1. Realizar el control de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, como también de las características adicionales definidas en el mapa de riesgo o lo exigido por la autoridad sanitaria de la jurisdicción, según se establezca en la reglamentación del presente decreto, para garantizar la calidad del agua para consumo humano en cualquiera de los puntos que conforman el sistema de suministro y en toda época del año. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)
2. Lavar y desinfectar antes de la puesta en funcionamiento y como mínimo dos (2) veces al año, los tanques de almacenamiento de aguas tratadas. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)
3. Lavar y desinfectar los sistemas de tratamiento y suministro de agua antes de ponerlos en operación y cada vez que se efectúen reparaciones en ellos, los pozos profundos y excavados a mano para captación de agua subterránea, las estructuras de potabilización y las tuberías de distribución de agua para consumo humano. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)
4. Drenar periódicamente en aquellos puntos de la red de distribución que representen zonas muertas o de baja presión. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)
5. Cuando la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano preste el servicio a través de medios alternos como son carro tanques, pilas públicas y otros, se debe realizar el control de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua; como también de las características adicionales definidas en el mapa de riesgo o lo exigido por la autoridad sanitaria de la jurisdicción, según se establezca en la reglamentación del presente decreto. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)

Artículo 10. Responsabilidad de los usuarios. Todo usuario es responsable de mantener en condiciones sanitarias adecuadas las instalaciones de distribución y almacenamiento de agua para consumo humano a nivel intradomiciliario, para lo cual, se tendrán en cuenta, además, los siguientes aspectos:

- 1.** Lavar y desinfectar sus tanques de almacenamiento y redes, como mínimo cada seis (6) meses. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)
- 2.** Mantener en adecuadas condiciones de operación la acometida y las redes internas domiciliarias para preservar la calidad del agua suministrada y de esta manera, ayudar a evitar problemas de salud pública. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)
- 3.** En edificios públicos y privados, conjuntos habitacionales, fábricas de alimentos, hospitales, hoteles, colegios, cárceles y demás edificaciones que conglomeren individuos, los responsables del mantenimiento y conservación locativa deberán realizar el lavado y desinfección de los tanques de almacenamiento de agua para consumo humano, como mínimo cada seis (6) meses. La autoridad sanitaria podrá realizar inspección cuando lo considere pertinente. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)

Artículo 18. Autocontrol. Las personas prestadoras realizarán los análisis de control para garantizar la calidad del agua para consumo humano por medio de laboratorios autorizados por el Ministerio de la Protección Social. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)

Artículo 19. Reportes de control. Las personas prestadoras deberán consignar los resultados de los análisis de las muestras exigidas en el presente decreto, en el libro de registro de control de la calidad de agua para consumo humano, el cual debe ser foliado y no se permitirán enmendaduras, sólo aclaraciones al margen. En el caso de que se utilice un registro sistematizado de control de la calidad de agua, se debe garantizar las medidas de seguridad para evitar la alteración de los datos registrados. El libro o registro sistematizado de control de la calidad de agua para consumo humano debe mantenerse actualizado. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)

Artículo 20. Análisis de muestras de vigilancia. Las autoridades sanitarias competentes, a través de los laboratorios departamentales y distritales de salud pública, deberán realizar los análisis físicos, químicos y microbiológicos de vigilancia para garantizar la calidad del agua para consumo humano, teniendo en cuenta las acciones de vigilancia establecidas en la Ley 715 de 2001 o la norma que la modifique, sustituya o adicione. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)

Artículo 29. Análisis de vulnerabilidad. Toda persona natural o jurídica que realice diseños o estudios para un sistema de suministro de agua deberá incluir en estos los riesgos y peligros potenciales, naturales y provocados, mediante un análisis de vulnerabilidad, teniendo en cuenta el mapa de riesgos realizado en la zona. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)

Artículo 30. Contenido del Plan Operacional de Emergencia o Plan de Contingencia. El Plan Operacional de Emergencia debe tener en cuenta los riesgos de mayor probabilidad indicados en los análisis de vulnerabilidad y contar con medidas, acciones, definición de recursos y procedimientos a utilizar en situaciones de emergencia. Este Plan de Contingencia debe mantenerse actualizado y debe garantizar las medidas inmediatas a tomar en el momento de presentarse la emergencia, evitando a toda costa riesgos para la salud humana. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)

Las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano deberán enviar los planes de contingencia al Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres, (CLOPAD), a la autoridad sanitaria y a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, en un plazo no mayor a un (1) año contado a partir de la fecha de la expedición de la respectiva guía. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)

Artículo 31. Activación del Plan de Contingencia. Cuando ocurra una anomalía o un evento que deteriore la calidad del agua y pueda afectar la salud humana, las personas prestadoras deberán activar su plan de contingencia para que se tomen las medidas necesarias para restablecer la prestación del servicio en el menor tiempo posible y asegurar la calidad del agua a consumir. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)

La persona prestadora, en coordinación con la autoridad sanitaria de la jurisdicción, realizará y enviará al Ministerio de la Protección Social, a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y al Instituto Nacional de Salud el informe de las acciones, ajustes y compromisos adquiridos para restablecer el servicio público de acueducto. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)

Artículo 33. Sistemas de alarma. Todo sistema de suministro de agua contará, en la entrada a la planta de tratamiento y de ser posible en la captación, con un sistema de alarma que permita detectar desde un comienzo la posible contaminación tóxica en el agua y proceder a tomar las medidas pertinentes. (Sistema para la protección y control de la calidad del agua, Decreto 1575 de 2007)

- **Resolución 2115 de 2007** Dicha resolución señala características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de la Protección Social, 2007)

Valores máximos permisibles: la resolución 2115 de 2007, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, entre sus artículos 2 y 11 establece los límites máximos permisibles en cuanto a características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano. Donde se debe estimar la presencia de plaguicidas, y los residuos químicos que deja el tratamiento y potabilización, entre otras cosas. En donde valores como el de la conductividad se ajustan a los mapas de riesgo de la zona. De ninguna manera se podrá sobrepasar los parámetros establecidos debido a que pueden generar afectaciones severas al ambiente y el ser humano.

- **Resolución 1207 de 2014** Establecida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible tiene por objeto establecer las disposiciones relacionadas con el uso del agua residual tratada y no aplica para su empleo como fertilizante o acondicionador de suelos. (Uso de Aguas Residuales tratadas, Resolución 1207 de 2014)

Artículo 6°. De los usos establecidos para agua residual tratada. Las aguas residuales tratadas se podrán utilizar en los siguientes usos:

Tabla 1 Parámetros máximos permisibles para uso de agua tratada en riego agrícola.

Uso Agrícola Para el riego de:	Uso Industrial Para actividades como:
Cultivos de pastos y forrajes para consumo animal.	Intercambio de calor en torres de enfriamiento y en calderas.
Cultivos no alimenticios para humanos o animales.	Descarga de aparatos sanitarios.
Cultivos de fibras celulósicas y derivados.	Limpieza mecánica de vías.
Cultivos para la obtención de biocombustibles (biodiesel y alcohol carburante) incluidos lubricantes.	Riego de vías para el control de material particulado.
Cultivos forestales de madera, fibras y otros no comestibles.	Sistemas de redes contra incendios.
Cultivos alimenticios que no son de consumo directo para humanos o animales y que han sido sometidos a procesos físicos o químicos, siempre y cuando se cumplan las normas de la autoridad sanitaria y agrícola.	
Áreas verdes en parques y campos deportivos en actividades de ornato y mantenimiento.	
Jardines en áreas no domiciliarias.	

Fuente: Uso de Aguas Residuales tratadas, Resolución 1207 de 2014.

Artículo 7° Criterios de calidad. El uso agrícola de agua residual para riego tratada deberá demostrar mediante mediciones in situ, balance de humedad en el suelo u otros procedimientos técnicamente establecidos por la ciencia y la técnica y cumplir previamente los criterios de calidad establecidos en la Tabla

Artículo 9°. De las obras. La construcción, operación, mantenimiento y protección de las obras que se requieran para el desarrollo de las actividades de reúso, son responsabilidad del usuario receptor y deberán contar con los permisos y autorizaciones a que haya lugar. (Uso de Aguas Residuales tratadas, Resolución 1207 de 2014)

Artículo 12. De las situaciones contingentes. En caso de presentarse una contingencia ambiental por el uso de aguas residuales tratadas, se deberá informar a la Autoridad Ambiental competente y suspender el uso de las aguas residuales tratadas hasta que se ejecuten todas las acciones necesarias para hacer cesar la contingencia ambiental. (Uso de Aguas Residuales tratadas, Resolución 1207 de 2014)

- **Resolución 631 de 2015** Sancionada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. (Vertimientos en aguas superficiales y alcantarillado, Resolución 631 de 2015)

- **Decreto 1090 de 2018** Este decreto tiene como objetivo reglamentar la Ley 373 de 1997 en lo relacionado con el Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua y aplica a las autoridades ambientales, a los usuarios que soliciten una concesión de aguas y a las entidades territoriales responsables de implementar proyectos o lineamientos al uso eficiente y ahorro del agua. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

Artículo 2.2.3.2.1.1.2. Uso eficiente y ahorro del agua (UEAA). Es toda acción que minimice el consumo de agua, reduzca el desperdicio u optimice la cantidad de agua a usar en un proyecto, obra o actividad, mediante la implementación de prácticas como el reúso, la recirculación, el uso de aguas lluvias, el control de pérdidas, la reconversión de tecnologías o cualquier otra práctica orientada al uso sostenible del agua. (Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua – PUEAA, Decreto 1090 de 2018)

Artículo 2.2.3.2.1.1.3. Programa para el uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA). El Programa es una herramienta enfocada a la optimización del uso del recurso hídrico, conformado por el conjunto de proyectos y acciones que le corresponde elaborar y adoptar a los usuarios que soliciten concesión de aguas, con el propósito de contribuir a la sostenibilidad de este recurso. (PUEAA, Decreto 1090 de 2018)

Artículo 2.2.3.2.1.1.4. Uso eficiente y ahorro del agua en entidades territoriales y autoridades ambientales. En desarrollo de lo dispuesto por el artículo 1° de la Ley 373 de

1997, compete a las entidades territoriales incorporar en sus Planes de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial, proyectos o lineamientos dirigidos al uso eficiente y ahorro del agua en el marco de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, de los instrumentos de planificación ambiental de las autoridades ambientales o de los instrumentos para el manejo integral del recurso hídrico adoptados por las Autoridades Ambientales. (PUEAA, Decreto 1090 de 2018)

Las Autoridades Ambientales deben incluir en su Plan de Acción Cuatrienal, las acciones que promuevan y orienten la implementación del uso eficiente y ahorro del agua en su jurisdicción, con sus respectivos indicadores y metas. (PUEAA, Decreto 1090 de 2018)

- **Decreto 1688 de 2020 y Decreto 1077 de 2015.** Expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, modificado y complementado por el Decreto 1688 de 2020 que establece las condiciones que deben cumplir las soluciones alternativas para el manejo de aguas residuales domésticas en zonas rurales. Dentro del Título 7, este decreto establece los esquemas diferenciales para la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, ahondando en el Capítulo 1 en la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo y aprovisionamiento de agua potable y saneamiento básico en zonas rurales. (Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 de 2015; Decreto 1688 de 2020)

ARTÍCULO 2.3.7.1.3.3. Soluciones alternativas para el manejo de aguas residuales domésticas. Las soluciones alternativas para el manejo de aguas residuales domésticas en zonas rurales deberán cumplir con las siguientes condiciones:

1. Las viviendas, otras infraestructuras y equipamientos para usos dotacionales, deberán contar con instalaciones sanitarias adecuadas y con un sistema para el tratamiento de las aguas residuales domésticas. (Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 de 2015 modificado por el Art. 3 Alternativas para Aguas Residuales Domésticas - ARD en la ruralidad, Decreto 1688 de 2020)
2. El diseño, instalación o construcción, operación y mantenimiento de las soluciones individuales de saneamiento para el tratamiento de las aguas residuales domésticas debe ajustarse a los requisitos técnicos definidos en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 de 2015 modificado por el Art. 3 Alternativas para ARD en la ruralidad, Decreto 1688 de 2020)

ARTÍCULO 2.3.7.1.3.5. Administración de soluciones alternativas para el aprovisionamiento de agua para consumo humano y doméstico, o de saneamiento básico. Las soluciones alternativas de carácter colectivo, destinadas al aprovisionamiento de agua para consumo humano y doméstico o al saneamiento básico, podrán ser administradas por

una comunidad organizada, tales como juntas de acción comunal, asociaciones de usuarios, cooperativas e incluso, por el municipio si la comunidad beneficiaria no se hubiese organizado. (Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 de 2015 modificado por el Art. 4 de Alternativas para ARD en la ruralidad, Decreto 1688 de 2020)

Quien administre la solución alternativa para el aprovisionamiento de agua o de saneamiento básico tendrá en cuenta lo siguiente:

1. Deberá garantizar la participación de la comunidad en la gestión del servicio. (Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 de 2015 modificado por el Art. 4 de Alternativas para ARD en la ruralidad, Decreto 1688 de 2020)

ARTÍCULO 2.3.7.1.5.3. Apoyo y promoción a proyectos de agua para consumo humano y doméstico o de saneamiento básico. Las entidades públicas deben asegurar la atención básica de las necesidades de agua para consumo humano y doméstico y las de saneamiento básico en zonas rurales de acuerdo con sus competencias:

Los municipios y distritos y otras entidades públicas podrán promover proyectos de acueducto, alcantarillado o aseo y/o de aprovisionamiento de agua y saneamiento básico que beneficien a las zonas rurales, aun cuando no se haya constituido legalmente el prestador o el administrador de las soluciones alternativas para su operación y mantenimiento. En este caso, el municipio o distrito deberá apoyar el fortalecimiento comunitario requerido para que la comunidad pueda organizarse para suministrar el servicio, respetando la autonomía de la comunidad para tomar decisiones respecto de los servicios que les benefician. (Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 de 2015 adicionado por el Art. 5 de Alternativas para ARD en la ruralidad, Decreto 1688 de 2020)

- **NTC 1500 de 2020.** Esta norma establece los requisitos mínimos para proveer un nivel razonable de seguridad, protección a la propiedad y bienestar público regulando y controlando el diseño, la construcción la instalación, la calidad de materiales, la ubicación, la operación y mantenimiento o el uso de equipos y sistemas de instalaciones hidráulicas y sanitarias. (ICONTEC , 2020)

1.2.2 Instalaciones existentes: se permite la continuación de sistemas de instalaciones hidráulicas y sanitarias aprobadas en el momento de adopción siempre y cuando su uso e instalación sea fiel al diseño original y no ocasione ningún peligro para la vida, la salud o la propiedad. (ICONTEC , 2020)

1.2.3. Mantenimiento: los sistemas de instalaciones hidráulicas y sanitarias los materiales y los accesorios, y sus partes, debe mantener el correcto funcionamiento acorde con el diseño original, de manera segura y sanitaria. (ICONTEC , 2020)

1.2.4. Ampliaciones, modificaciones o reparaciones: las ampliaciones, modificaciones, renovaciones o reparaciones no causarán que el sistema existente se vuelva inseguro, insalubre o sobrecargado, además requieren cumplir las disposiciones para construcción nueva, a menos que el trabajo se realice de la misma forma que en el sistema existente, que no sea peligroso y esté aprobado. (ICONTEC , 2020)

1.2. LINEAMIENTOS CONCEPTUALES BÁSICOS

- **Aprovechamiento de agua lluvia:** el aprovechamiento del agua lluvia como alternativa de abastecimiento a viviendas, por medio de sistemas que recolectan el agua que cae precipitada sobre la cubierta diseñada (techo), (Reyes & Rubio, 2014) para luego ser transportada por canaletas o tubería hacia un tanque de almacenamiento o si requiere procesos de mejoramiento de calidad del agua como filtración, sedimentación o cloración con el fin de distribuirla y aprovecharla en la mayoría de las necesidades diarias. (Palacio Castañeda, 2010)
- **Agua cruda:** “Es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización.” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a)
- **Aguas lluvias:** aquellas recolectadas y almacenadas en los momentos y períodos de lluvias por cualquier mecanismo para su uso. (Formulario Registro de Usuarios del Recurso Hídrico, Resolución 955 de 2012)
- **Agua potable o agua para consumo humano:** “Es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el Decreto 1575 de 2007 del Ministerio de la Protección Social y demás normas que lo reglamentan, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)



Imagen 1. Fotografía de suministro de agua potable tratada por sistema de recolección de aguas lluvias implementado en la Vereda Mancilla del municipio de Facatativá Cundinamarca

- **Aguas Residuales Domésticas, (ARD):** son las procedentes de los hogares, así como las de las instalaciones en las que se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios y que correspondan a:

1. Descargas de los retretes y servicios sanitarios. (Vertimientos en aguas superficiales y alcantarillado, Resolución 631 de 2015)

2. Descargas de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), de las áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y del lavado de ropa (No se incluyen las de los servicios de lavandería industrial). (Vertimientos en aguas superficiales y alcantarillado, Resolución 631 de 2015)

- **Aguas Residuales no Domésticas, (ARnD):** son las procedentes de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen aguas residuales domésticas, (ARD). (Vertimientos en aguas superficiales y alcantarillado, Resolución 631 de 2015)

- **Aguas Residuales Tratadas:** son aquellas aguas residuales que han sido sometidas a operaciones o procesos unitarios de tratamiento que permiten cumplir con los criterios de calidad requeridos para su reúso. (Uso de Aguas Residuales tratadas, Resolución 1207 de 2014)

- **Aguas Servidas:** aguas residuales que resultan del uso doméstico, contaminadas principalmente con materia fecal y orina. Están compuestas de aguas grises y aguas negras. (Ministerio de Obras Públicas del Gobierno de Chile, 2018)

- **Aguas superficiales:** aquellas que existen sobre la superficie de la Tierra. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

- **Aguas residuales de uso doméstico “aguas grises”:** las aguas residuales grises son generadas por actividades domésticas, son aguas servidas provenientes de las tinas, duchas, lavamanos, lavaplatos, máquinas lavavajillas y lavadoras de ropa. No contienen materia fecal y su nombre es debido a su condición de estar en el punto medio entre las aguas residuales y el agua potable, además de poseer un aspecto turbio. (Ministerio de Obras Públicas del Gobierno de Chile, 2018) (BossTech S.A.C. , 2018)

- **Aguas residuales de uso doméstico “aguas negras”:** las aguas negras también conocidas como aguas residuales, aguas servidas o aguas cloacales las que están contaminadas en su mayoría por muestras fecales circulan por el sistema de alcantarillado. (BossTech S.A.C. , 2018)

- **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 Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

- **Análisis microbiológico 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 Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a)
- **Apropiación social del conocimiento:** “Es el proceso en el que una sociedad pone a disposición de todos sus miembros, los conocimientos científicos y tecnológicos para que ellos, de acuerdo con sus necesidades, los adopten y utilicen.” (Revista Semana, 2015). Acción de capacitar grupos comunitarios en aspectos de diseño y manejo de los sistemas de tratamiento y reúso de agua, logrando la interiorización del nuevo conocimiento y dominio de su sentido de responsabilidad y toma de conciencia de la necesidad de prestar atención a los problemas del medio ambiente. (Martínez Huerta, 1999)
- **Calidad del agua:** “Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a)
- **Calidad de vida:** según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la calidad de vida es la percepción que un individuo tiene de su lugar de existencia, buscando un equilibrio entre la cantidad de seres humanos, los recursos disponibles y la protección del medio ambiente (Rodríguez Adams, 2012). El tratamiento de agua lluvia y agua residual es una opción factible para el mejoramiento de la calidad de vida de las personas que no cuenten con acceso al recurso, permitiendo obtener agua de mejor calidad para el uso en actividades domésticas y agrícolas.
- **Cloración:** “Aplicación de cloro al agua, generalmente para desinfectar o para oxidar compuestos indeseables.” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a)
- **Cloro residual:** “Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado. Se utiliza en el cálculo de la acción de control por aplicar.” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a)
- **Coliformes:** microorganismos indicadores de contaminación de origen fecal directa o indirecta, normalmente habitan en el tracto digestivo del hombre y animales. Su presencia advierte la existencia de bacterias patógenas a causa de una limpieza y desinfección inadecuada o de manipulación o tratamientos incorrectos del agua y los alimentos. (Cuervo Mulet, 2010) (Fernández-Santisteban, 2017)
- **Contaminación:** es la alteración del medio ambiente por sustancias o formas de energía puestas allí por la actividad humana o de la naturaleza en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir con el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y la fauna, degradar la calidad del medio ambiente o afectar los recursos de la Nación o de particulares. (Ley 23 de 1973)

- **Cultivo pancoger:** “Se denominan así aquellos cultivos que satisfacen parte de las necesidades alimenticias de una población determinada.” (Federación Nacional de Cafeteros, 2010). Por lo general los cultivos “pancoger” provienen de diferentes actividades agropecuarias para atender las necesidades básicas de la familia que los produce.

- **Desarrollo sostenible:** “Es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.” (Asamblea General de las Naciones Unidas, 1987). Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente. (Ley conservación del medio ambiente y recursos renovables, Ley 99 de 1993).



Imagen 2 Gráfico Objetivos de Desarrollo Sostenible.
Fuente: Asamblea General de Naciones Unidas.

- **Desinfección:** “Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a)

- **Escasez de agua:** la escasez de agua se define como el punto en el que, el impacto agregado de todos los usuarios, bajo determinado orden institucional, afecta al suministro o a la calidad del agua, de forma que la demanda de todos los sectores, incluido el medioambiental, no puede ser completamente satisfecha. (Organización de las Naciones Unidas, 2014)

- **Filtración por adsorción:** proceso mediante el cual se adhieren las partículas suspendidas contaminantes presentes en el agua a la parte interna de un medio poroso, este suele componerse de capas de arena sílice, grava y/o carbón activado. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a) (Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla, 2012)
- **Impacto ambiental:** afectación del entorno ocasionada por la realización de una obra o actividad humana. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a)
- **Mantenimiento:** “Conjunto de acciones que se ejecutan en las instalaciones y/o equipos para prevenir daños o para la reparación de estos cuando se producen.” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)



Imagen 3 Fotografía de mantenimiento preventivo de sistema de filtros de adsorción.

- **Mantenimiento preventivo:** “Conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia de trabajo, evitando que se produzcan paradas forzosa o imprevistas.” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a)
- **Mantenimiento correctivo:** “Conjunto de actividades que se deben llevar a cabo cuando un equipo, instrumento o estructura ha tenido una parada forzosa o imprevista.” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a)
- **Patógenos:** microorganismos que pueden causar enfermedades en el ser humano. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010b)

- **Potabilización:** es un proceso mediante el cual el agua se convierte en apta para el consumo humano, liberándola de tóxicos y patógenos que podrían causar daños a la salubridad. Consta de varias etapas y su grado de complejidad varía según la técnica utilizada, puede hacerse uso de plantas de tratamiento o de otras tecnologías “que van desde el simple desbaste o filtración gruesa, los filtros de arena y la desinfección, hasta procesos químicos y mecánicos de gran complejidad”. (Casero Rodríguez, 2007/2008)
- **Pretratamiento:** “Proceso previo que tiene como objetivo remover el material orgánico e inorgánico flotante, suspendido o disuelto del agua antes del tratamiento final en la planta.” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a)
- **Recurso hídrico:** recurso disponible o potencialmente disponible, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un período de tiempo dados, apropiados para satisfacer una demanda identificable de aguas superficiales, subterráneas, meteóricas y marinas. (Organización Meteorológica Mundial, 2012) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a)
 - Reúso del agua: es la utilización de las aguas residuales tratadas cumpliendo con los criterios de calidad requeridos para el uso al que se va a destinar. (Uso de Aguas Residuales tratadas, Resolución 1207 de 2014)
- **Sistema de Reutilización de Aguas Grises:** conjunto de instalaciones destinadas a la recolección, tratamiento, almacenamiento y conducción de las aguas grises para su uso en la alternativa de reutilización que se proyecte. Además, incluye instalaciones para el uso de las aguas grises tratadas, lo que debe cumplir con la calidad definida en el presente reglamento según el uso previsto. (Ministerio de Obras Públicas del Gobierno de Chile, 2018)
- **Tratamiento de aguas residuales “grises”:** conjunto de operaciones y procesos unitarios (tales como filtración, sedimentación y cloración, entre otros, que incluyen una previa captación y recolección) que consiste en reducción de las características físicas, químicas y microbiológicas que sobrepasan los niveles máximos permisibles en la Resolución 2115 de 2007, y que son indicadores de contaminantes presentes en aguas residuales grises. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a)
- **Uso eficiente del agua:** buenas prácticas de aprovechamiento del recurso hídrico, en todas sus formas, que determinen la sostenibilidad del recurso y bajos costos tanto ambientales como económicos. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)
- **Usuario Receptor del Agua Residual Tratada:** es la persona natural o jurídica que recibe y usa el agua residual tratada, pudiendo ser el mismo Usuario Generador o diferente a este. (Uso de Aguas Residuales tratadas, Resolución 1207 de 2014)
- **Vertimiento:** descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido. (Reglamento uso del agua y residuos líquidos, Decreto 3930 de 2010)

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN



Imagen 4 Fotografía apropiación del conocimiento por parte de los beneficiarios del proyecto en actividades de educación ambiental.

- Diagnosticar el estado actual de la vereda en cuanto a factores hidrológicos, poblacionales, sociales y económicos de acuerdo con criterios territoriales de orden nacional.
- Planear el desarrollo estratégico del proyecto dividido en fases de ejecución teniendo en cuenta el diagnóstico, la construcción, puesta en marcha y apropiación social del conocimiento.
- Desarrollar el plan de acción y participación involucrando a las partes interesadas de acuerdo con las fases de ejecución del proyecto.
- Implementar los sistemas de agua lluvia y residual en las viviendas de la vereda de acuerdo con el plan de acción pactado con la comunidad.
- Vincular a la comunidad por medio de la educación ambiental, involucrándolos en la participación de cada una de las fases del proyecto, teniendo en cuenta la planeación para la apropiación social del conocimiento.

1.4. CRITERIOS DE LA INVESTIGACIÓN CON ENFOQUE SOCIAL

- **El derecho al agua:** a través de la resolución A//RES/64/292 de julio de 2010, es reconocido por la Asamblea General de las Naciones Unidas como derecho fundamental, donde precisa a los estados y organizaciones a proporcionar recursos financieros para garantizar el servicio de acueducto con calidad y cobertura a toda la población. La captación de agua lluvia es una manera práctica de obtener el recurso para consumo humano y uso agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua lluvia como fuente de abastecimiento.

- **Participación ciudadana:** según Rodríguez & Muñoz Ávila (2009) “Los cambios que se han dado en los últimos tiempos proponen que se relacione de manera más directa con el ciudadano”, la participación social pasa a ocupar un puesto importante en la gestión de todo proyecto, tanto en el desarrollo, como en el seguimiento y evaluación del mismo. Para ello es fundamental que la población objetivo se involucre en cada una de las fases del proyecto con el fin de hacerlo totalmente viable y funcional para los miembros de la comunidad. El proyecto socio-ambiental para el aprovechamiento del agua lluvia y residual en zonas veredales vincula a la comunidad mediante apropiación social, para que conozcan cuáles son los mecanismos de operación, mantenimiento y uso de los sistemas de tratamiento de agua, de esta manera se fortalece y se alarga la vida útil de los equipos. Con la implementación de este criterio en cada una de las etapas del proyecto, se genera conciencia hacia la importancia del ahorro y uso eficiente del recurso, ayudando así con los programas ambientales del municipio.

- **Apropiación social del conocimiento:** es un lineamiento que promueve el Ministerio de ciencia, tecnología e innovación (antiguo Colciencias) “para reconocer y fortalecer las experiencias desarrolladas por organizaciones comunitarias en temas de I+D+I (Investigación, desarrollo tecnológico e innovación), para dar solución a un problema específico y que pueden ser compartidas y replicadas por otros colombianos para el beneficio de sus grupos sociales”. (Revista Semana, 2015). Esta premisa se adoptó como eje central y transversal a cada una de las fases del proyecto, entendiéndose que la apropiación del conocimiento hacia nuevas tecnologías aplicadas, promueve calidad de vida y desarrollo socioeconómico en las familias de la vereda.

- **Ciencia al servicio de la gente:** la Investigación y el desarrollo tecnológico son herramientas únicas para que la sociedad prospere. Es por esto que al ponerse al servicio de las comunidades más vulnerables contribuye a la equidad y calidad de vida de las personas. Por consiguiente, se formuló una alternativa tecnológica para lograr reducir la problemática de desabastecimiento y conservación del recurso hídrico, utilizando sistemas eficientes, económicos y prácticos para aprovechar el agua de lluvia y residual como una alternativa de suministro y ahorro.

1.5. ANTECEDENTES

Según Ballén Suárez, Galarza García, & Ortiz Mosquera, (2006), cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta, comenzó el desarrollo de formas de captación de aguas lluvias como alternativa para el riego de cultivos y el consumo doméstico. Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son el resultado de las necesidades, recursos disponibles y las condiciones ambientales de cada región. “Colombia se caracteriza por tener una gran riqueza hídrica, por esta razón la mayoría de las poblaciones se abastecen de fuentes superficiales de agua (embalses, ríos, lagos y quebradas). La facilidad de acceder al recurso ha dejado de lado el desarrollo de tecnologías alternativas para el suministro de agua, entre ellas el aprovechamiento de agua lluvia. Sólo en algunos casos de comunidades con problemas de abastecimiento de agua potable se utilizan otras alternativas, la mayoría de ellas son poco tecnificadas, lo cual ocasiona una baja calidad en el agua y deficiencia de los sistemas”. (Ballén Suárez, Galarza García, & Ortiz Mosquera, 2006).

Existen algunos estudios relevantes como el publicado en el año 2013 por la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO), llamado Captación y almacenamiento de agua de lluvia, opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe “dirigido a los profesionales extensionistas que trabajan con la pequeña agricultura familiar, en condiciones donde el agua es un factor limitante para la producción animal y vegetal, brinda orientaciones sobre los conceptos, estrategias y métodos acerca de cómo mejorar la captación y el aprovechamiento del agua en el medio rural, sobre todo donde la disponibilidad de este recurso es deficiente o discontinuado”. Otro artículo que vale la pena mencionar relacionado con el aprovechamiento de aguas lluvias en el sector rural es el de Díaz Delgado, García Púlido, & Solís Morelos, (2000), el cual se tituló, Abastecimiento de agua potable para pequeñas comunidades rurales por medio de un sistema de colección de lluvia-planta potabilizadora. Donde se describe el proyecto que se desarrolló en Almoloya de Juárez, municipio del Estado de México, México. Dando una solución técnica apropiada para dotar del vital líquido a pequeñas comunidades rurales.

Por otra parte, Soto Aguilar (2012), desarrolló un proyecto llamado Sistemas de tratamiento de aguas grises domésticas, como una alternativa para la seguridad hídrica de Tijuana, donde su objetivo general era hacer un análisis de percepción de dos grupos sociales claves (dos poblaciones socioeconómicamente distintas) para definir los factores cruciales en la adopción de un sistema de tratamiento de aguas grises domésticas. Se identificó que el nivel socioeconómico no es un factor que influya en la región para la implementación de dichas alternativas, sin embargo, es de vital importancia tener en cuenta la disposición del espacio para almacenamiento del agua tratada, recursos económicos, entre otras características del producto que satisfagan las necesidades de los usuarios. Con una población que reconoce entre un 50% y 80% la conceptualización

de alternativas de suministro, reúso y tratamiento de aguas grises, las encuestas de percepción efectuadas indican que esta implementaría alternativas tecnológicas por preocupaciones hacia la escasez futura del recurso, lo que conlleva la convicción sobre el cuidado del agua. De ningún modo se puede dejar a un lado la pedagogía acerca de concepción, fundamentación, aprovechamiento, tipos de tratamiento y análisis de las aguas grises, puesto que de ello depende su buen manejo y disposición, además de la toma de decisiones apropiadas para proyectos relacionados al tema.

Moreno Díaz, (2009), efectuó una investigación denominada Valoración económica del uso de tecnologías de saneamiento ecológico para aguas residuales domiciliarias, “el artículo tiene por objetivo realizar una aproximación de los beneficios netos de la implementación de tecnologías de saneamiento ecológico y una aproximación de los costos ambientales sin tratamiento y los producidos por las tecnologías tradicionales (tanques sépticos y otros)”. Entre las conclusiones se destacan: En general, las tecnologías de saneamiento ecológico conllevan ventajas ambientales significativas y su costo es relativamente bajo para las familias. Las herramientas que brinda el Saneamiento Ecológico son importantes para apoyar la descontaminación de las aguas residuales.

1.6. JUSTIFICACIÓN

La conciencia ambiental que se ha despertado en los últimos años por las alertas ambientales, genera que cada vez más organizaciones, profesionales, colectivos comunitarios, entre otros, se interesen por implementar sistemas de ahorro, aprovechamiento y uso eficiente de los recursos, en el caso del presente libro el recurso agua. Se postulan así propuestas eficientes y sostenibles que brinden aportes económicos, sociales y medioambientales. (Melo Niño, 2018). Este proyecto contribuye con elementos que permiten abordar los compromisos ambientales generados por la disposición del recurso hídrico y las formas de gestión comunitaria. (Calderón, 2017).

El problema central tratado en el proyecto fue la baja disponibilidad de agua para abastecer a las viviendas del sector 46 de la vereda Macilla del municipio Facatativá Cundinamarca. Los habitantes de la vereda manifestaron que se realiza el uso inadecuado del recurso, entre otras razones, por el riego de cultivos de fresa, donde se usan excesivas cantidades de agua y otras actividades humanas que contaminan el recurso hídrico. La limitación regional impide que se desarrollen alternativas de aprovechamiento, pues solo cuando el suministro de agua potable es deficiente se piensa en buscar sistemas alternativos de abastecimiento y, en las regiones donde hay buena disponibilidad se puede dar un mejor uso al recurso en materia de ahorro y uso eficiente del mismo.

De esta manera se propone como alternativa el aprovechamiento del agua lluvia y residual en la vereda Mancilla con la financiación de Colciencias (ahora MinCiencias) a través del programa “Ideas para el Cambio”, con el fin de brindar resultados satisfactorios a una carencia social dentro de una comunidad afectada. La implementación de este proyecto busca dar solución al desabastecimiento y conservar el recurso hídrico de la vereda Mancilla, mediante el planteamiento, desarrollo, difusión y divulgación de sistemas eficientes sostenibles para aprovechar el agua lluvia y residual como una alternativa de ahorro. A partir de la reutilización del agua captada previamente tratada para el desarrollo de diferentes actividades tradicionales para la comunidad, como cultivos transitorios anuales, sistemas pecuarios convencionales y de riego para agricultura familiar y actividades domésticas.

1.7. PRINCIPIOS DE ORIENTACIÓN DEL PROYECTO

- **Participación comunitaria:** durante todas las etapas del proyecto se promovió la participación con la comunidad, conforme a sus tradiciones y costumbres. Se incluyeron espacios de formalización de acuerdos y socialización de las fases del proyecto, en las que se documentaron los avances con registro fotográfico tanto en la selección de las alternativas tecnológicas a implementar como en la apropiación social del conocimiento. El documento aquí descrito se redacta con la finalidad de promover e incentivar la gestión comunitaria de los servicios. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010b)
- **Implementación de soluciones tecnológicas apropiadas:** se desarrolla el proyecto con orientación a la implementación final de una solución tecnológica que resulte más simple, adecuada y costo-eficiente en relación con las necesidades y expectativas de la comunidad, promoviendo la participación comunitaria en la selección de tecnologías y en la apropiación de las soluciones desarrolladas. El proyecto pretende estimular así la inclusión de innovaciones tecnológicas asociadas a las formas de vida rural, que disminuyan la dependencia de apoyo externo en la administración u operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de agua. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010b)
- **Disponibilidad de agua:** al estimarse la oferta disponible del recurso hídrico, en términos de cantidad y calidad, teniendo en cuenta su susceptibilidad a la variabilidad climática como los fenómenos del Niño y de la Niña u otros consecuentes del efecto del cambio climático; las necesidades de agua de la comunidad para el consumo humano y doméstico, incluyendo en este último, el agua para la subsistencia de la familia rural, las medidas para mejorar la calidad del agua disponible de acuerdo con sus diferentes usos en la vivienda rural y la implementación de prácticas de educación ambiental, aprovechamiento, tratamiento del agua y reúso sostenible de esta. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010b)

- **Sostenibilidad ambiental:** con la finalidad de evitar el agotamiento del recurso hídrico brindado a la vereda por parte de la Quebrada Mancilla, este proyecto promueve la preservación de los cuerpos de agua y del suelo, para ello se identificaron las medidas de protección, tratamiento, de ahorro y uso eficiente del agua, de consumo responsable bajo un enfoque de economía circular. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010b)

- **Sostenibilidad operativa:** se consideran las posibilidades efectivas de la población para hacerse cargo de la gestión sostenible de los servicios públicos domiciliarios o del aprovisionamiento en el largo plazo, lo que implicó la selección de soluciones tecnológicas apropiadas acordes a las condiciones particulares de la comunidad, para lo cual se brindó capacitación acerca de su uso, mantenimiento y realizar así el fortalecimiento de capacidades de quienes se hagan cargo de la administración, operación del sistema y las posibilidades de recuperación de los costos necesarios para su funcionamiento permanente y eficiente. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010b)



CAPÍTULO II



CARACTERIZACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE BENEFICIARIOS

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE BENEFICIARIOS

2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES GENERALES DEL PROYECTO

El municipio de Facatativá se divide territorialmente en 14 veredas, 16 centros poblados y 109 barrios, donde la vereda Mancilla tiene una extensión aproximada de 1.4 millones de hectáreas, lo que la hace una de las principales veredas con mayor extensión en el municipio (Alcaldía de Facatativá, 2020), esta cuenta con una organización comunitaria conformada por la Junta de Acción Comunal Mancilla. La Alcaldía Municipal de Facatativá, en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del 2002, afirma que la vereda Mancilla es comprendida “[...] por la totalidad del cerro del mismo nombre con sus dos laderas, hasta la vía que desde el Colegio Juan XXIII, en Prado, conduce hacia el Cerro Negro”. Esta vereda tiene una altitud aproximada de 2.600 m.s.n.m. en donde existen dos tipos de sistemas productivos, los de subsistencia, que cultivan papa y arveja y, los empresariales, que se dedican a la producción de fresas y a la ganadería. Por otro lado, hay viviendas que, a pesar de contar con espacios para los cultivos, estos no se realizan por la escasez de agua.



Imagen 5 Fotografía paisajística de la vereda Mancilla del Municipio de Facatativá, Cundinamarca

La Vereda se compone de un paisaje alto andino con zonas de conservación ecológica y ambiental, a partir de una altura de los 2.600 m s. n. m., debido a las nacientes de arroyos, quebradas y la vegetación nativa propia de recolectores y generadores de agua nacientes solo en estos tipos de ecosistemas. Por otro lado, se ha documentado por parte del acueducto de Facatativá que entre los años 1946-1972, la fuente de abastecimiento fue la Quebrada Mancilla, desde la que se captaba el agua por medio de una bocatoma de fondo y la conducía hasta un desarenador (éstas estructuras están construidas en el sector de Puente Pino, Facatativá), a través de una tubería de Hierro de diámetro 6", el agua era conducida hasta la planta de tratamiento La Guapucha, que se encuentra ubicada en la parte alta del barrio Dos Caminos, las actividades anteriormente expuestas no evidencian tener implementado en la época programas de preservación ambiental. (Empresa Aguas de Facatativá EAF SAS ESP, Centro Administrativo Documental C.A.D., 2012)

El ecosistema de bosque seco y húmedo, montano bajo de la vereda Mancilla, ha sido alterado por las actividades campesinas como entresacas y tumbas, lo que ha generando relictos boscosos inmersos en una matriz agropecuaria con alta capacidad de expansión y continuidad hacia el deterioro de especies vegetales nativas, repercutiendo directamente en el equilibrio ecológico de la biodiversidad típica de semi-páramo y su función natural en la conservación y almacenamiento del recurso hídrico, a su vez ocasionando el deterioro de la calidad de vida humana. (Pinzón García & Collazos González, 2011)

De acuerdo con lo anterior, el planteamiento y establecimiento de un estricto control que evite el vertido directo de residuos líquidos contaminados y sólidos, en general, a los cauces de los ríos y quebradas se vuelve necesario a nivel municipal. Si se instalan rellenos sanitarios o se permite la evacuación de desechos líquidos o sólidos, estos deben tener un tratamiento previo tal que no contaminen el recurso hídrico superficial. Basado en el manejo gubernamental al recurso hídrico evidenciado en cada una de las visitas al sector, se demuestra a la comunidad participante en la propuesta el alto impacto ambiental, social y económico de la alternativa de aprovechamiento de aguas residuales y aguas lluvias, lo que a su vez permitirá la conservación y promoción directa sobre la biodiversidad.

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El acueducto veredal provee a 68 usuarios los cuales destinan el agua principalmente para consumo y uso de actividades en el hogar. Los sistemas productivos de las familias se caracterizan por estar compuestos de pocos cultivos, la mayoría de pancoger, que usan principalmente para autoconsumo, lo anterior debido a que el agua del acueducto no debe ser usada para riego de cultivos ni para ganadería.

En esta zona rural, existen cerca de 500 habitantes (AGUAS DEL OCCIDENTE CUNDINAMARQUÉS EAOC S.A.S. E.S.P., 2010), que viven de la agricultura y la ganadería en su mayoría, bien sea cultivando sus propios terrenos o trabajando para los grandes agricultores de la zona. Esto representa un gran consumo del recurso teniendo en cuenta que muchas fincas cuentan con zonas de riego y

cultivos como la fresa que consumen agua a una considerable cantidad, entre 3000 metros cúbicos/ha (WWF , 2009) y 5739 m³/ha (García Morillo, 2015). Por otro lado, la ganadería que se desarrolla principalmente con vacas productoras de leche en donde el consumo de agua se proyecta hasta en 1160 litros/cabeza, pollos y gallinas con un consumo de hasta 17,72 litros/pollo, entre otras especies que pueden consumir hasta 36,74 litros/pollo (Corantioquia, 2016). Esto representa una gran problemática debido a la disponibilidad del recurso según la época del año, pues en cada vivienda se consumen alrededor de 1600 Litros/día, sin tener en cuenta la producción agrícola ni ganadera mencionada anteriormente (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000). Así pues, claramente se puede evidenciar que la demanda hídrica supera actualmente la oferta y, la problemática de la zona pronostica la sequía de las microcuencas y subcuencas del sector que a mediano plazo no solo se presentará en épocas del fenómeno del niño, sino que se mantendrá en periodos más largos y cada vez más constantes. Esto a su vez representa graves consecuencias sociales en aumento por la falta del recurso.

De acuerdo con datos suministrados por la Junta de Acción Comunal (JAC) Mancilla, la comunidad de la vereda compuesta por 68 familias se ha visto afectada por la disponibilidad de agua para las diferentes actividades diarias en el hogar y el campo. Esto ha generado una cultura de racionamiento en el consumo del agua suministrada por el acueducto veredal, destinada principalmente para actividades de limpieza en el hogar. La organización comunitaria carece de alternativas tecnológicas que logren mitigar el agotamiento del recurso hídrico generado sobre las cuencas que rodean la vereda, las cuales son sobre explotadas por el acueducto municipal y agricultores de la zona, donde se evidencia el inadecuado uso del recurso a falta de la aplicación de programas de ahorro y uso eficiente del agua. La problemática actual de la comunidad es la baja disponibilidad de agua para mantener e impulsar proyectos productivos de tipo agrícola o forestal; debido a esto se hace necesario una alternativa de aprovechamiento de agua lluvia y residual que permita satisfacer las demandas de consumo humano, diseñada de acuerdo con la precipitación del lugar y el agua residual producida, bajo la premisa de tecnologías apropiadas para ambientes rurales y periurbanos.



Imagen 6 Fotografía de la infraestructura de las viviendas en la vereda Mancilla del Municipio de Facatativá, Cundinamarca.

2.3. ACTA DE LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE

En primera instancia, se desarrolló una reunión con los actores involucrados con el fin de acordar el cronograma de actividades para el levantamiento de la línea base. En este se establecieron fechas para la recolección de información primaria, muestreos de agua en diferentes puntos de la vereda para su posterior análisis fisicoquímico y microbiológico. También se seleccionaron los responsables de cada una de las actividades y así consolidar el diagnóstico del proyecto.



Imagen 7 Fotografía reunión establecimiento de línea base para el proyecto.

2.4. INFORME DE LÍNEA BASE

Para la recolección de la información para la caracterización técnica y socioeconómica de los habitantes de la vereda Mancilla de Facatativá, se seleccionó como instrumento la aplicación de encuestas. Estas encuestas facilitaron la obtención de información primaria actualizando datos demográficos del sector. Además de las encuestas, se realizó el levantamiento de información en campo como: condiciones de su infraestructura, medición de áreas de las viviendas, ubicación georreferenciada y la caracterización espacial de los predios.

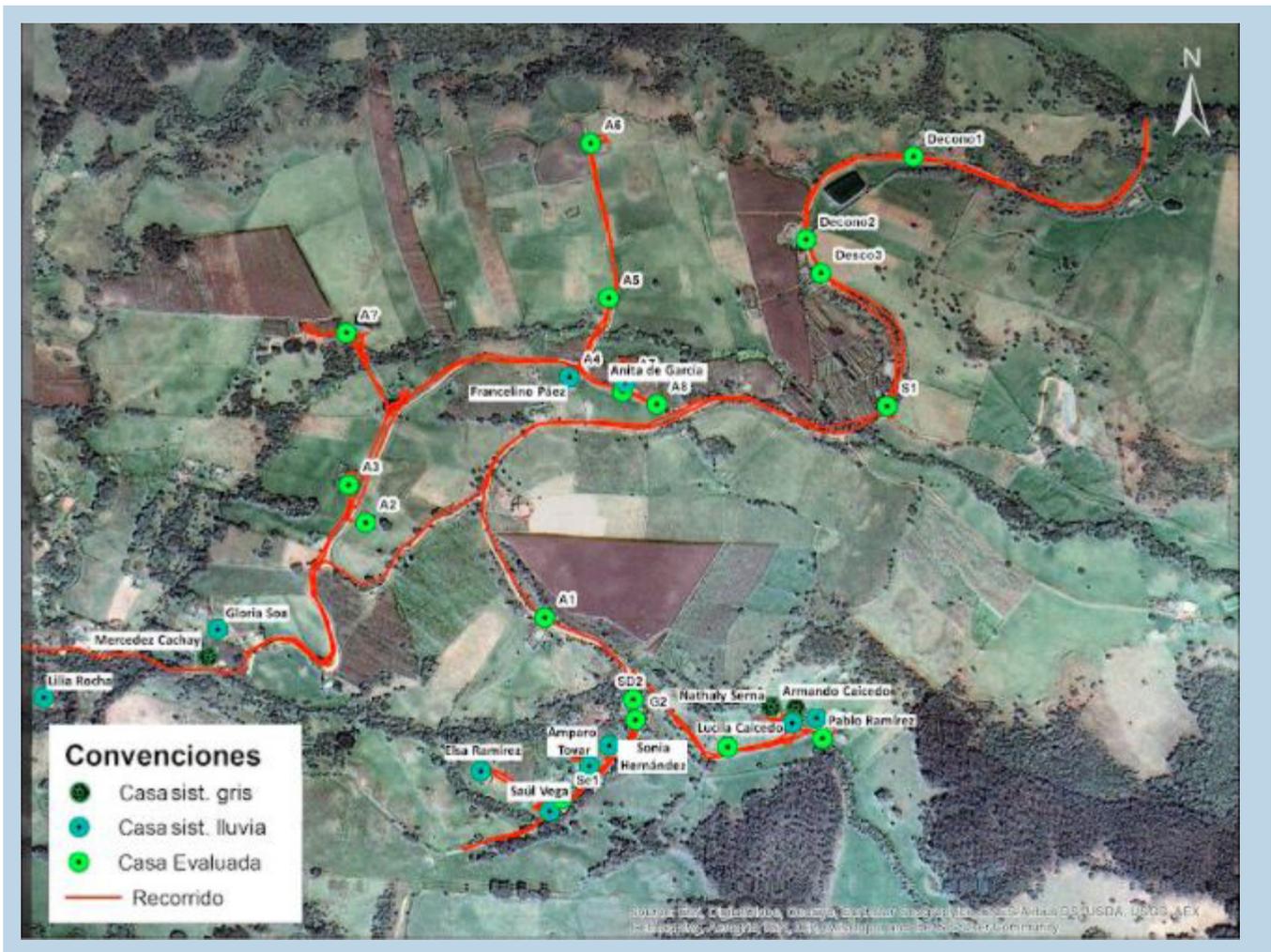


Imagen 8 Imagen satelital del levantamiento georeferenciado de las viviendas de la vereda

Las preguntas del formulario se diseñaron a partir del enfoque de medios de vida según el cual “[...] comprende las posibilidades, activos (que incluyen recursos tanto materiales como sociales) y actividades necesarias para ganarse la vida” (Departamento de Desarrollo Internacional - DFID, 2001). A través de las preguntas orientadas por este enfoque, se permite conocer cómo son las condiciones bajo las cuales las personas se hacen a sus medios de vida, con qué activos cuentan y cómo podrían mejorar sus condiciones actuales, lo que busca el proyecto en la dimensión de mejoramiento de la calidad del agua.



Imagen 9. Fotografías de la caracterización socioeconómica y técnica de los habitantes de la vereda Mancilla de Facativá por medio de encuestas.

De acuerdo con ello, el formulario diseñado consta de 7 secciones y 87 preguntas distribuidas según el siguiente cuadro:

Tabla 1. Formulación de preguntas seleccionadas en las encuestas dirigidas a la comunidad de la Vereda Mancilla de Facativá.

Sección	Peguntas
Identificación	11
Características generales de las fincas	5
Capital físico (infraestructura, maquinaria y equipo de las fincas)	29
Capital natural (recursos naturales)	30
Capital financiero (acceso a crédito o financiamiento y usos)	1
Capital social	2
Inspección de las fincas para instalación	9

2.5. PRIORIZACIÓN DE BENEFICIARIOS

La priorización de beneficiarios consistió en definir cuáles serían los hogares (de entre los encuestados) más aptos para la implementación de los sistemas de tratamiento de agua lluvia o agua residual. Esta priorización se llevó en cuatro fases, la primera fase consiste en la definición de criterios de selección, los que son factores que pueden favorecer a un hogar para ser beneficiarios de un sistema. La segunda fase es la descripción y valoración de los criterios de selección, que consiste en la asignación de valores para definir una escala de medición cuantitativa de cada criterio. La tercera fase es la asignación de puntaje a los encuestados según criterios, la cual, según las características con que cuente el hogar, se le asignan los puntajes y luego estos se suman. De este proceso resulta la priorización de beneficiarios la cual es una lista de los hogares con menos y mayor potencial para ser beneficiarios. En la cuarta fase se socializan los resultados con la comunidad quienes tienen la última palabra en este proceso de selección por medio de una mesa de concertación con el comité de proyecto de la Junta de Acción Comunal (JAC) de la vereda Mancilla, en donde se debe seleccionar a los beneficiarios definitivos del proyecto.



Imagen 10 Fotografía Mesa de concertación de la Junta de Acción Comunal de la Vereda Mancilla.

2.6. COMPROMISOS DE LOS ACTORES INVOLUCRADOS EN EL PROYECTO

Con la priorización derivada de la aplicación de los instrumentos de levantamiento de línea base y la identificación de las necesidades de los habitantes de la vereda y con el apoyo del comité local, se seleccionaron 13 unidades familiares beneficiarias, de las cuales, a 9 se les asignaron los sistemas de recolección y tratamiento de agua lluvia y a 4 se les asignó los sistemas de tratamiento de aguas grises. Para formalizar el acuerdo y establecer los responsables de construcción y adecuación de los sistemas de tratamiento de agua, se documentan actas de compromiso con los beneficiarios del proyecto. Dentro de estas responsabilidades se acordó que un miembro de cada hogar participaría en las actividades establecidas en el cronograma, como jornadas de capacitación y divulgación, instalación de las unidades de las unidades de tratamiento, entre otras.



Imagen 11 Fotografías establecimiento de compromisos por los integrantes de los hogares beneficiarios.



CAPÍTULO III



IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

CAPÍTULO III. IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

3.1. PLANTEAMIENTO DE LA ALTERNATIVA

Algunas de las actividades campesinas en la vereda Mancilla ocasionan el vertido directo de residuos líquidos contaminados y sólidos sobre las fuentes hídricas, esto ha ido repercutiendo directamente en el equilibrio ecológico de la biodiversidad típica de la zona y su función natural en la conservación y aprovechamiento del recurso. Todo ello ha generado una disminución considerable del agua disponible para mantener e impulsar actividades productivas de tipo agrícola y el desarrollo de las labores cotidianas del hogar. En consecuencia, algunos habitantes de la vereda han optado por abandonar sus cultivos y buscar otras fuentes de ingreso en el casco urbano o con los grandes agricultores de la zona.

Debido a la baja disponibilidad del recurso hídrico se hace necesario buscar alternativas de aprovechamiento de agua lluvia y agua residual, teniendo en cuenta la precipitación anual del sector y los efluentes de las unidades familiares, la generación teórica por vivienda está establecida en 580 litros/día (Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000). Partiendo de la premisa de tecnologías de reúso y reciclo de agua, se diseñan sistemas apropiados para ambientes rurales y periurbanos, los que están proyectados para el lavado de pisos, sanitarios, dotación de agua para el ganado y zonas de riego, que permitan satisfacer la demanda hídrica generada por las 68 familias del sector.

El diseño de los sistemas de tratamiento de agua parte del análisis de los niveles del terreno de las viviendas para determinar las áreas de drenaje, los puntos de captación de agua, y la zona de ubicación de las unidades de tratamiento. A partir de la información pluviométrica recolectada, sumado a los coeficientes de escorrentía (Chow, 1994; Monsalve, 1999; Merritt, Loftin y Ricketts, 1999) se determina la oferta en términos de volumen, ajustándose así, a un modelo matemático que permite el suministro mínimo, promedio y máximo anudado a la demanda de agua potable y/o riego de cultivos en la comunidad.

El sistema de tratamiento de agua lluvia está compuesto por la captación, recolección, interceptor de primeras aguas y almacenamiento; además el diseño propuesto tendría los otros componentes importantes como el sistema de filtración rápida y la red de distribución de agua lluvia (CEPIS, 2003 y 2004), el agua tratada se somete a un análisis de calidad físico químico con la finalidad de cumplir con la legislación aplicable y dotar la comunidad de agua potable.

El sistema de tratamiento de agua residual parte del cálculo del balance hídrico en cuanto al consumo de agua potable por vivienda, con este se puede determinar un dimensionamiento

inicial de los sistemas de tratamiento de agua residual a proponer (Chow y Maidment, 1994). Este tratamiento es de fácil instalación y los insumos de fácil adquisición para los habitantes. El agua residual debe mantener una carga contaminante baja, por lo que se instalaron filtros con un lecho poroso que proporciona una alta eficiencia al sistema (Monsalve, 1999). El proceso de tratamiento del agua residual doméstica cuenta también con unidades de eliminación de sólidos, grasas, patógenos y demás microorganismos. Como resultado el agua residual servirá para el lavado de pisos, uso en sanitarios, en ganadería y en los sistemas de riego para los cultivos (Merritt y col., 1999).



Imagen 12. Fotografía del diagnóstico participativo de los habitantes de la Vereda Mancilla

Para la ejecución de la propuesta fue muy importante la integración del conocimiento empírico de la comunidad junto con el conocimiento técnico de los investigadores pues esto fue complementario para el desarrollo del proyecto. Conforme a esto se priorizaron los requerimientos de las viviendas estableciendo indicadores para atender a las necesidades básicas de los predios beneficiados con los sistemas de tratamiento de agua (ver tabla 4).

Tabla 2. Indicadores propuestos para el momento de implementar los sistemas de captación y tratamiento tanto de aguas lluvias y aguas residuales.

Indicador	Descripción
Calidad del agua	Parámetros fisicoquímicos para calificar el agua y lograr definir el uso final.
Volumen de agua suministrada	Se mide según volumen de agua tratada (lluvia, residual) disponible por núcleo familiar
Viabilidad social	Se mide a nivel de encuesta por núcleo familiar indagando la satisfacción de la comunidad frente a la alternativa
Viabilidad económica	Se mide según inversión total/ inversión mantenimiento para el sostenimiento del sistema de tratamiento de agua en el tiempo
Viabilidad ambiental	Se mide teniendo en cuenta el consumo promedio histórico sobre el consumo después de implementado el sistema de tratamiento de agua. (datos suministrados por acueducto veredal)

3.1.1. DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

El proyecto para el aprovechamiento de agua lluvia y residual reúne los criterios requeridos en cuanto a su fácil aplicación y bajos costos para su implementación, favoreciendo a la comunidad con una solución factible y que se puede mantener en el tiempo.

La captación del sistema de tratamiento de agua lluvia se compone de una estructura de canaletas en cada vivienda en donde se adecuaron bajantes y un tanque receptor del agua que también sirve como un sedimentador primario pues recolecta los sedimentos que arrastra del tejado. Este tanque cuenta con un sistema de rebose en caso de lluvias torrenciales.

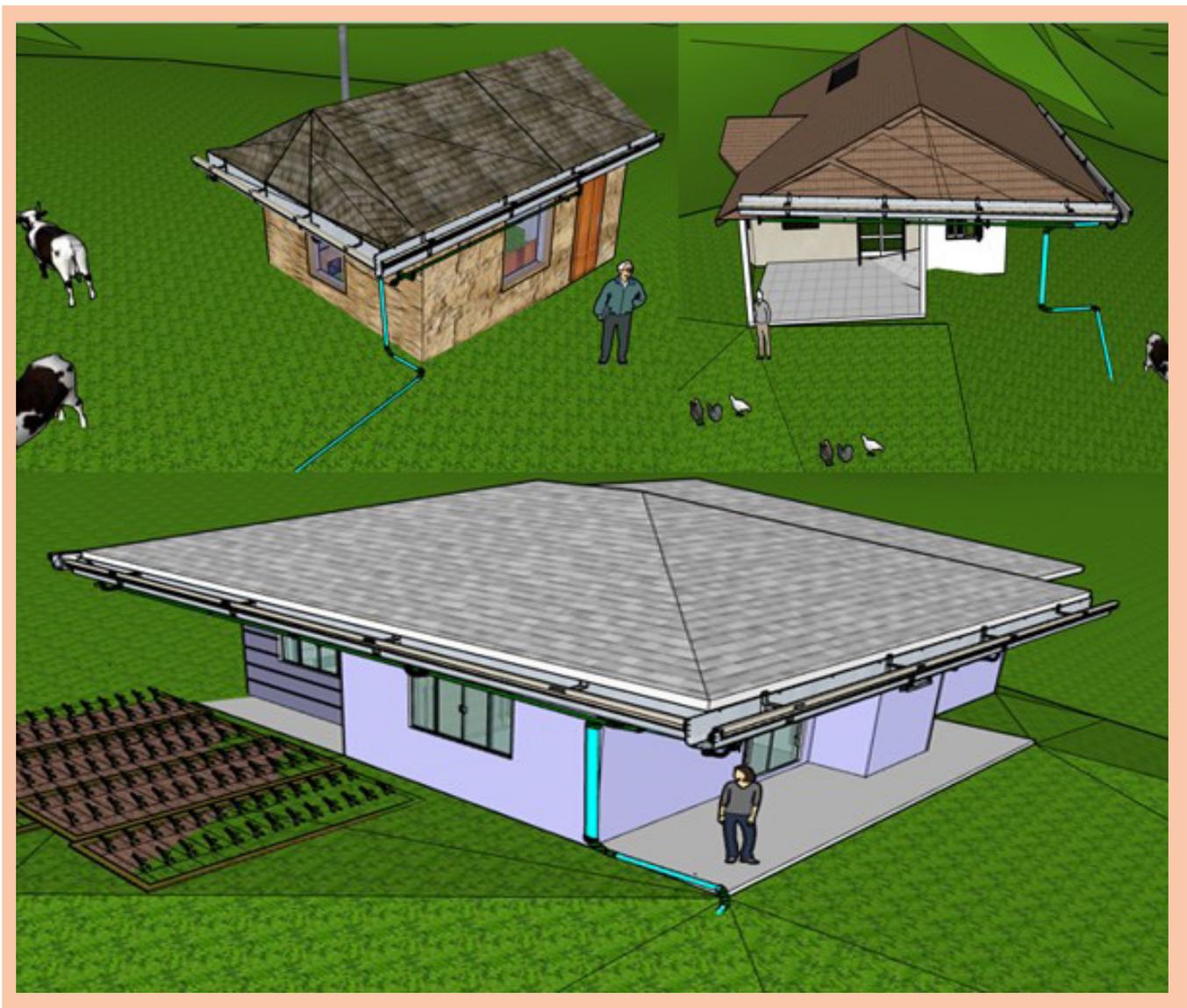


Figura 1. Esquema de la captación de agua lluvia en diferentes viviendas por medio de canaleta.

El sistema de tratamiento de aguas pasó por varios diseños en la fase de formulación del proyecto, uno de los esquemas iniciales se puede apreciar en la figura 2, en donde se pretendía captar el agua de los techos a través de dos tanques de precipitación y un tercero de coagulación para entregar el agua libre de partículas.

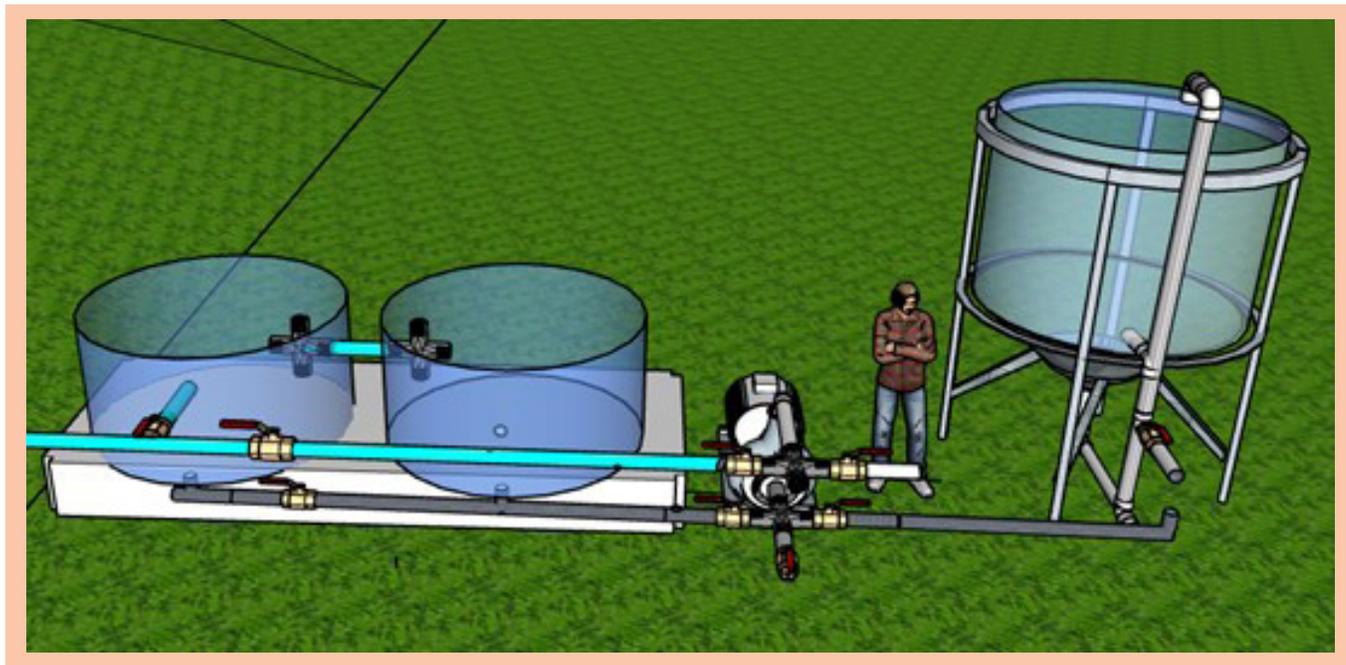


Figura 2. Esquema inicial del sistema de almacenamiento y sedimentación de agua lluvia.

Posterior del análisis costo beneficio y cotizaciones de diferentes sistemas que se adaptaran a las necesidades de la comunidad se implementó un sistema de tratamiento de agua lluvia compuesto por canaletas que conducen el agua recolectada en los techados hacia las unidades de captación recolección y almacenamiento, con la finalidad de eliminar contaminantes y sólidos presentes en el agua, esta es transportado a dos unidades de filtración por adsorción rápida, con lechos al 70% de la totalidad del volumen conformados por arena sílice y zeolita de diferente granulometría y malla 20/40 para el primer filtro y el siguiente lecho de antracita y carbón activado también de diferente granulometría con una malla de 8/30. Una vez eliminada la mayoría de los contaminantes presentes en el agua, esta pasa a un proceso de cloración para eliminación de cualquier resquicio de microorganismos patógenos y garantiza la calidad y potabilidad del agua. Una vez tratada, el agua pasa a un tanque de almacenamiento para ser aprovechada en el momento que sea necesaria.

El diseño final adoptado de acuerdo con la recopilación de la información de campo, estudios preliminares de la zona, cálculos de ingeniería y las necesidades específicas de la población, se puede apreciar en los siguientes diagramas en donde se detalla la infraestructura implementada en cada una de las viviendas de los beneficiarios del proyecto (ver figura 3 y 4).

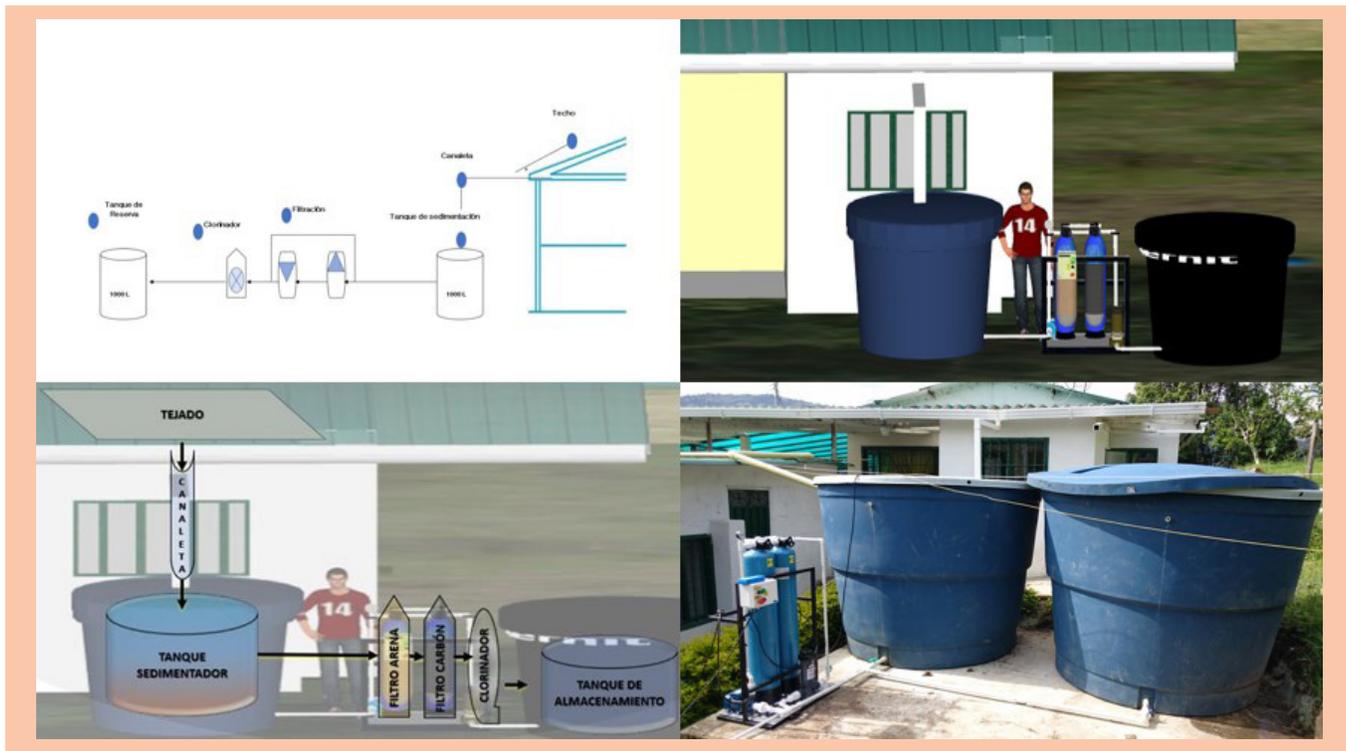


Figura 3. Sistema de tratamiento de aguas lluvias.

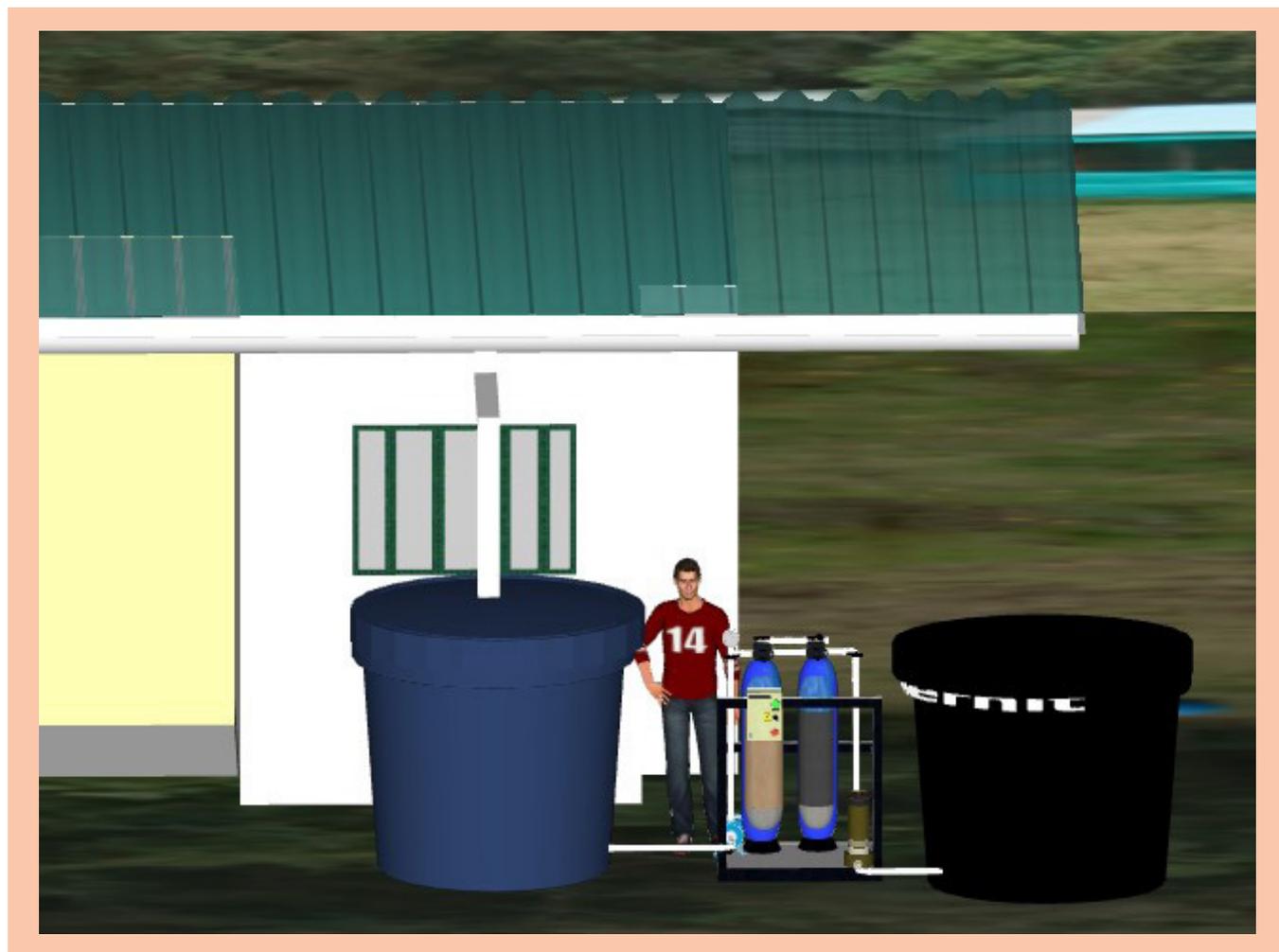


Figura 4. Diseño del sistema para captación, tratamiento, almacenamiento y aprovechamiento de agua lluvia implementado.

Por otro lado, el diseño inicial del sistema de agua “gris” doméstica contaba con unidades de filtración con un medio poroso de alta eficiencia para la eliminación de sólidos, detergentes, jabones, grasas, y microorganismos (ver figura 5).

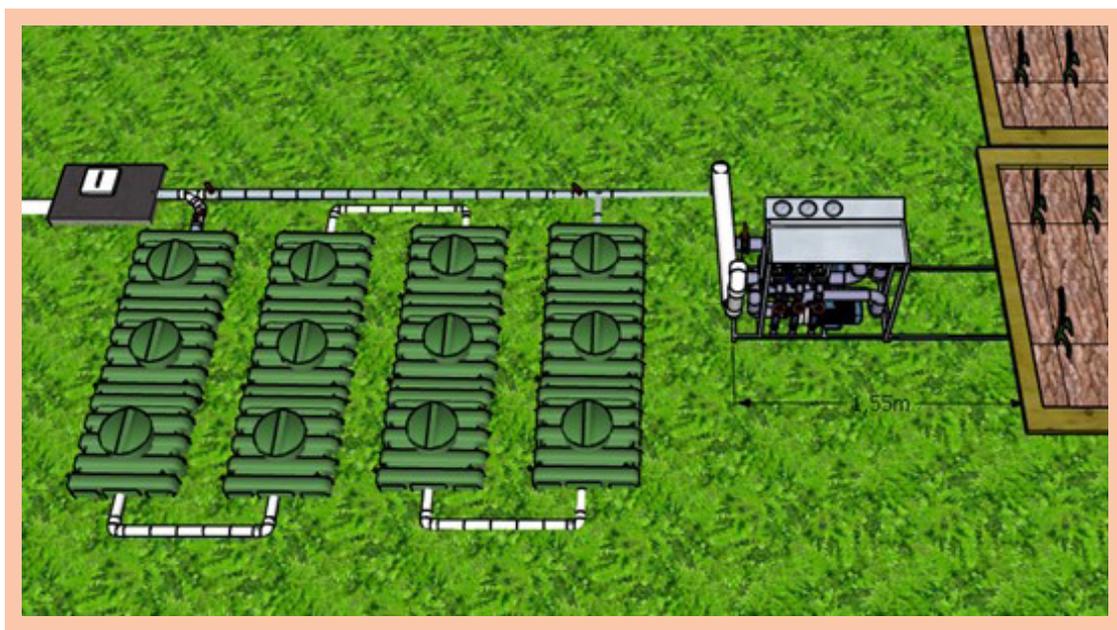


Figura 5. Diseño del sistema para tratamiento y aprovechamiento de agua residual doméstica.

Finalmente, al igual que el diseño inicial del sistema de tratamiento de aguas lluvias, el esquema se descartó por variables como los costos de instalación, operación y mantenimiento, tamaño por el área de ocupación, entre otros factores importantes que lo convirtieron en una opción inviable. Es por ello que se llegó a la conclusión de adoptar un sistema práctico para la comunidad que lo opera actualmente y que por sus características se logra mantener operativo en el tiempo. En la figura 6, se puede apreciar el sistema adoptado.

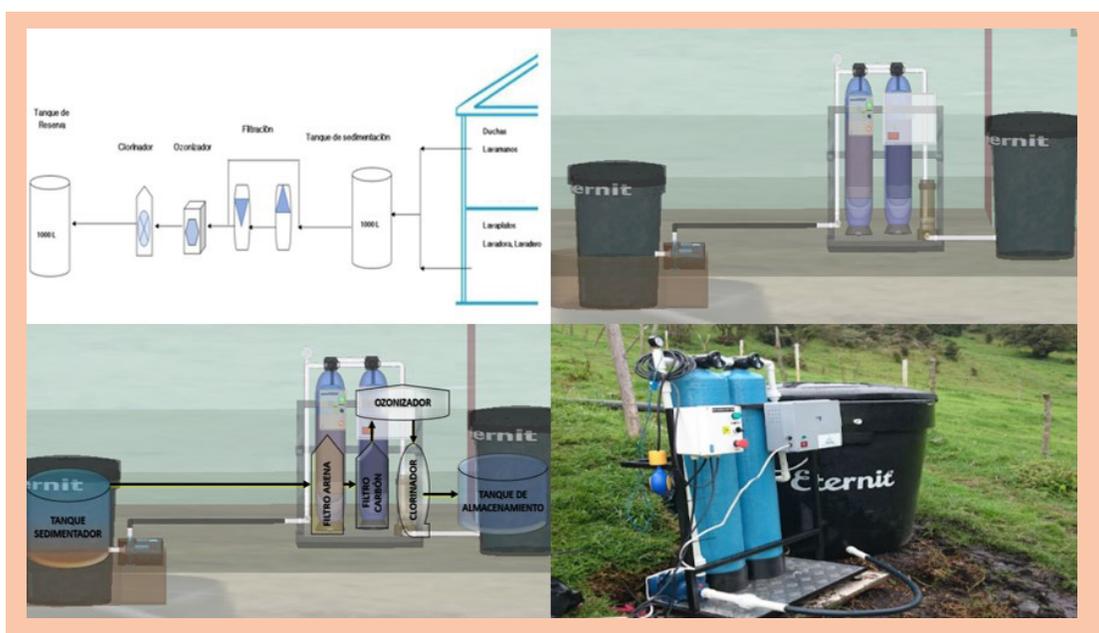


Figura 6. Implementación de sistema de tratamiento de aguas grises.

Es así como se consolidó el tratamiento de aguas grises con obras de excavación para la instalación de tuberías con el objetivo de acoplar a las unidades de tratamiento con una distribución eficiente del espacio en la vivienda. Este funciona con una red de tuberías destinado a la recolección exclusiva de aguas grises, empleando únicamente el agua proveniente de labores domésticas que es conducida posteriormente hasta el tanque de almacenamiento y tratamiento por medio de un flujo de agua uniforme. Para ello, se instaló en el terreno excavado un tanque sedimentador conectado a una motobomba de succión que permite el transportar el agua hacia los filtros de adsorción y así eliminar la carga contaminante presente, este primer filtro está lleno al 70% de su volumen con lechos filtrantes conformados por arena sílice, zeolita y calcita que regula el pH del agua, cada uno de estos materiales posee diferente granulometría y malla 20/40, esto permite proporcionarle un tratamiento de descontaminación al agua eficiente. El segundo filtro cuenta con un lecho similar al instalado en el tratamiento de aguas lluvias compuesto de antracita y carbón activado también de diferente granulometría con una malla de 8/30 lo que permite la eliminación de agentes tensoactivos que poseen los jabones disueltos en el agua. En la figura 7 se puede apreciar el esquema del diseño final adoptado para el proyecto.



Figura 7. Diseño del sistema para tratamiento y aprovechamiento de agua residual doméstica implementado.

En las tablas 3 y 4 se presenta una descripción al detalle de las unidades y elementos tangibles que conforman los sistemas de tratamiento de aguas lluvias y aguas residuales, teniendo en cuenta la descripción y utilidad de cada uno en función de la solución propuesta para la problemática presentada en la vereda Mancilla.

Tabla 3. Descripción de los elementos tangibles en los sistemas de tratamiento de aguas lluvias.

Elemento físico	Descripción
1. Canaletas y bajantes de agua lluvia.	Se instalan en los techos que son el área de captación de agua, de acuerdo con las precipitaciones del lugar, permite la recolección del recurso dependiendo de la superficie en metros cuadrados. Con ello, se cosecha la mayor cantidad de agua lluvia de acuerdo con el área del techo de la vivienda.
2. Tanque de captación y sedimentación o decantación.	Unidad de tratamiento que permite la recepción del agua lluvia obtenida en el área de captación y la separación de sólidos por sedimentación. Allí se precipitan los sólidos totales, suspendidos y sedimentables con un tiempo de retención aproximado de 20 a 30 minutos.
3. Filtro de arena y zeolita.	Unidad de tratamiento que retiene sólidos finos y material orgánico, adsorbe cationes en solución como el Hierro, Manganeseo, Cobre, Zinc, y metales pesados como el plomo y el arsénico, contribuye a reducir malos olores. Aumenta la eficiencia del tratamiento del agua lluvia destinada para riego, consumo humano y uso en ganadería.
4. Filtro de carbón activado.	Sistema de eliminación de carga orgánica, color, olor y sabor en el agua. Mejora la eficiencia del proceso de filtración y potabilización del agua.
5. Clorinador o sistema de desinfección.	Unidad de tratamiento que, a partir de la adición de pastillas de cloro, permite eliminar microorganismos o agentes patógenos. Evita enfermedades en las unidades familiares al generar una traza de cloro en el agua tratada, con esto se asegura la potabilización del agua.
6. Tanque de reserva.	Consta de un tanque en donde se almacena el agua tratada para posteriormente utilizarse para labores de riego, consumo humano y ganadería.
7. Bomba de distribución de agua lluvia (sistema de bombeo).	La motobomba distribuye el agua a lo largo del sistema de tratamiento de agua lluvia, desde la captación hasta el almacenamiento.
8. Kit de monitoreo de la calidad de agua.	Determinar las características físicas y químicas del agua para verificar su calidad "in situ" en comparación con los estándares de la resolución 2115 de 2007.



Imagen 13. Fotografías filtros de adsorción implementados en el proyecto.

Tabla 4. Descripción de los elementos tangibles en los sistemas de tratamiento de aguas grises.

Elemento físico	Descripción
1. Sistema de tuberías	Consta de tuberías independientes que dirigen el agua gris utilizada en duchas, lavamanos, lavaplatos, lavadoras y lavaderos hacia el tanque de captación. Su función es recolecta la mayor cantidad de agua gris proveniente de las labores domésticas.
2. Tanque de captación y sedimentación o decantación	Unidad de tratamiento que permite la recepción del agua gris obtenida en el área de captación y la separación de material orgánico por sedimentación y flotación. Elimina sólidos totales, suspendidos y sedimentables.
3. Filtro de arena y zeolita	Unidad de tratamiento que permite remover sólidos finos, olor, tensoactivos, y disminuir la demanda biológica de oxígeno. Aumentar la eficiencia del tratamiento del agua gris destinada para aseo doméstico, limpieza y/o lavado en sanitarios
4. Filtro de carbón activado	Sistema de remoción de carga orgánica, color, olor y sabor en el agua
5. Ozonizador	Tratamiento que asegura la mezcla efectiva de moléculas de ozono, con el fin de renovar y oxigenar el aire en espacios cerrados. Tiene la función de disminuir tensoactivos de los jabones, eliminar olores y microorganismos nocivos, para evitar enfermedades.
6. Clorinador o sistema de desinfección	Unidad de tratamiento que a partir de la adición de pastillas de cloro permite eliminar todo tipo de microorganismos o agentes patógenos. Evita enfermedades en las unidades familiares. Actúa como refuerzo de la unidad de tratamiento anterior.
7. Tanque de reserva	Consta de un tanque en donde se almacena el agua tratada para posteriormente utilizarla para labores que no requieren agua potable como en el aseo del hogar y descargas del sanitario.
8. Bomba de distribución de aguas grises (sistema de bombeo)	La motobomba distribuye el agua a lo largo del sistema de tratamiento, desde la captación hasta el almacenamiento.
9. Kit de monitoreo de la calidad de agua	Kit para asegurar la calidad del recurso y determinar las características físicas y químicas del agua.

3.1.2. ATRIBUTOS PRINCIPALES DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

Como se evidencia en la tabla 7, tanto el sistema de tratamiento de agua lluvia como el de agua residual se seleccionaron con el objetivo de prestarle un servicio integral a la comunidad, debido a su fácil instalación, mantenimiento y control, bajos costos para la adquisición de materiales consumibles, permite que el proyecto se mantenga en el tiempo a través de la capacitación operativa oportuna a la comunidad, favoreciendo a las familias beneficiadas.

Tabla 5. Descripción de los principales atributos que tienen los sistemas de tratamiento de aguas lluvias y residuales.

Atributo	Beneficio	Descripción
Uso de materiales de aseables para la instalación de los sistemas de agua.	Disponibilidad de materiales de bajo costo.	Al instalar los sistemas de agua lluvia y aguas residuales con materiales de bajo costo, permite que en caso de avería o daño se puedan reemplazar sin mayores inconvenientes.
Aumento en la disponibilidad de agua potable.	Aumento en la disponibilidad de agua potable.	Aumenta la reserva de agua en las viviendas para el uso diario.
Ahorro del agua proveniente del acueducto.	Sustitución parcial del agua del acueducto por la del sistema de agua lluvia y residual	Hay un ahorro de agua en cuanto a su captación por parte de los hogares y un ahorro en los ingresos de las personas por evitar pagos adicionales.
Sistema de captación de agua lluvia y agua residual de bajo riesgo.	Manejo seguro y fácil para la comunidad.	Es un sistema de fácil manejo y si se opera de manera adecuada, se puede obtener un agua potable de óptima calidad.
Sistema de fácil implementación y replicabilidad.	Los saberes locales junto con la capacitación adecuada por parte de los expertos técnicos, permite la transferencia, interacción y permanencia del conocimiento.	Los demás miembros de la JAC pueden replicar el sistema en sus fincas a un bajo costo y con poca exigencia de requerimientos técnicos.
Facilidad en la operación	Permite que cualquier persona de la familia opere de manera práctica el sistema.	Los sistemas poseen pocas válvulas e interruptores que con la instrucción adecuada permite obtener agua tratada en pocos minutos.
La calidad fisicoquímica del agua lluvia es buena ya que no entra en contacto con contaminantes directos.	Facilidad en el tratamiento fisicoquímico del agua ya que es menos complejo y de fácil control para su posterior consumo.	Las condiciones locales facilitan el tratamiento del agua mediante filtros de fácil manejo. Ideal para la irrigación de los jardines y cultivos o para consumo humano.

El aprovechamiento del agua lluvia y residual para diferentes usos, es una práctica cada vez más utilizada por ser económica, social y ambientalmente sostenible, si se tiene en cuenta la elevada demanda del recurso sobre las cuencas hidrográficas, el alto grado de contaminación de las fuentes superficiales y los elevados costos por el consumo de agua potable. Los principales beneficios, entre otros, que se obtienen de almacenar, tratar y utilizar el agua lluvia y residual son:

- La disponibilidad de obtención del recurso de otras fuentes
- Disminución en el costo del servicio público del acueducto
- No se afecta directamente los cuerpos de agua por extracción directa de las fuentes hídricas

- La independencia y autonomía del hogar en cuanto a las entidades administrativas del servicio público
- El uso final del agua recolectada está situado cerca de la fuente, lo que evita cortes inesperados del servicio
- El agua tratada es ideal para el riego de los jardines y cultivos
- Contribuye a mantenimiento del ganado
- Tiene diversos usos dentro de la vivienda como lavado de pisos y uso en sanitarios entre otros

3.2. EJECUCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Después de la aprobación de los materiales e implementos de los sistemas de tratamiento de agua lluvia y residual, se realiza una reunión y posterior acta y en acuerdo es firmada, con el objetivo de validar los sistemas de tratamiento, en la que se definen responsables de las actividades y fechas de entrega de productos como:

- La elaboración de cronograma de visitas de verificación y seguimiento a la calidad del agua de los sistemas
- Ejecución de visitas de verificación y toma de muestras de agua para su posterior análisis fisicoquímico y microbiológico
- La elaboración y ejecución de actividades para participación de la comunidad.

Se tuvieron en cuenta los siguientes criterios para realizar la implementación de los sistemas de tratamiento en las viviendas beneficiarias:

Habilidades de trabajo (saber hacer): la JAC Mancilla se encuentra organizada en la gestión del recurso hídrico, puesto que administra y controla entre sus usuarios, la cantidad de agua permitida para cada finca. Esta forma de organización facilitó la selección de los predios beneficiados y veedores para la implementación, operación, mantenimiento y control de los sistemas de tratamiento de agua lluvia y residual.

La disponibilidad de fuerza de trabajo y el conocimiento en adecuaciones del terreno contribuyen a través de la colaboración de miembros de la Junta de Acción Comunal de la vereda, en las actividades de instalación de los sistemas de tratamiento de agua.

3.2.1. INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

Se presentó a la comunidad el diseño de los sistemas de tratamiento de aguas lluvias y aguas grises, donde se seleccionaron los materiales para la construcción de este de acuerdo con la experiencia de los integrantes de la comunidad y los líderes del proyecto.

El procedimiento para la instalación de los sistemas de tratamiento de agua se dio de la siguiente manera:



Figura 8. Procedimientos de implementación de sistemas de captación y tratamiento de agua lluvia.



Figura 9. Procedimiento de implementación de sistemas de tratamiento de aguas grises.

3.2.2. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

Para la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de agua se desarrolló un manual didáctico que contiene tres instructivos dispuestos de la siguiente manera:

- Instructivo para el arranque de los sistemas de tratamiento de aguas lluvias
- Instructivo para el arranque de los sistemas de tratamiento de aguas grises
- Instructivo para el mantenimiento de los sistemas de tratamiento de agua

El manual que se muestra a continuación en la figura 10, no solo promueve el buen uso de los sistemas, sino también es una herramienta valiosa y efectiva para que los usuarios mantengan las unidades de tratamiento totalmente operativas y se conserven útiles en el tiempo.



Recomendaciones para el funcionamiento óptimo de los sistemas de tratamiento de agua

a. **Estación de trabajo:** mantener limpio el sistema de tratamiento, evitar que se llene de polvo y agua.

b. **Motobomba:** verificar que el motor de la bomba esté protegido contra lluvia y tierra.

c. **Cambio de carbón activado, arena y zeolita:** se debe cambiar el material de cada cilindro cada 8 meses.

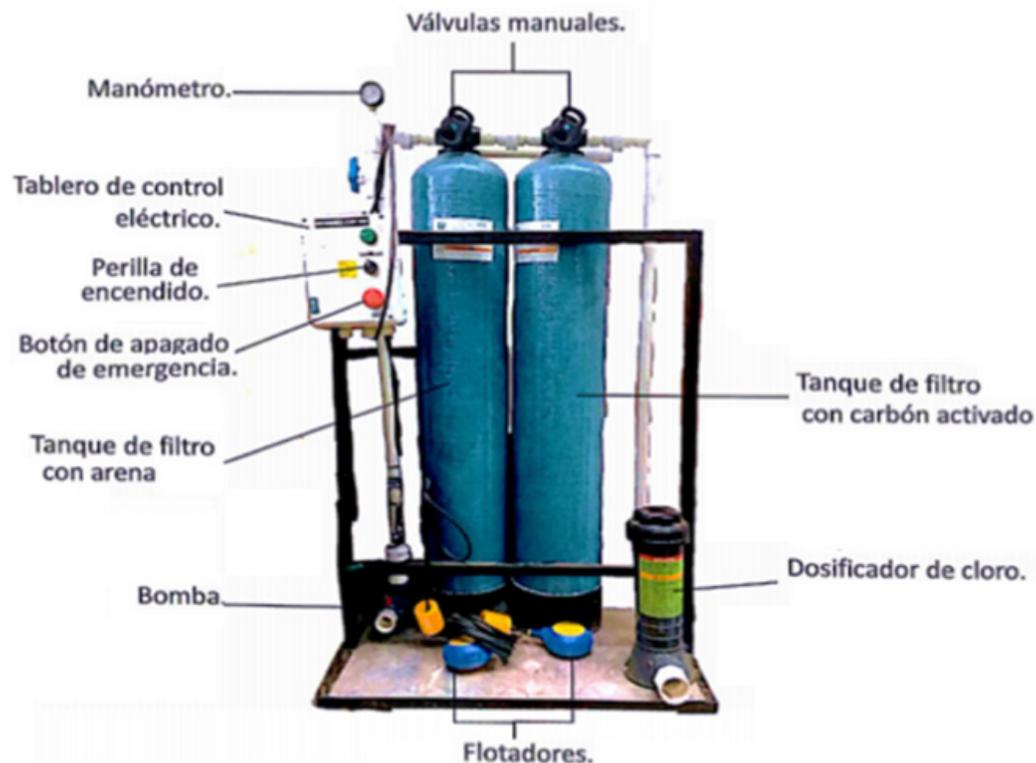
d. **Retrolavado:** Se debe hacer lavado de los filtros cada 3 meses con agua limpia. Estos se hacen girando las válvulas negras hasta el nombre "back wash", pasándolas a "fast wash" para liberar el filtro de impurezas

e. **Tuberías y mangueras:** Recordar siempre verificar el estado de las tuberías y de las mangueras evitando pisarlas o dándoles otro uso diferente al del tratamiento del agua .

f. **Tanques:** Debe lavar los tanques con agua y jabón desocupándolos en su totalidad cada 2 meses. Para ello puede hacer uso de la motobomba o también puede desenroscar los acoples universales para soltar la tubería. Por favor evite darles un uso distinto al de tratar el agua.

g. **Sistema:** Evite cambiar la configuración de los sistemas de tratamiento, cambiarle partes o retirarle las mismas. Esto asegura el buen funcionamiento y la vida útil del mismo.

Partes del sistema de tratamiento





Instructivo para el arranque del sistema de tratamiento de aguas lluvias

Vereda Mancilla, sector 46 - Facatativá



Centro de
Gestión Industrial
Regional Distrito Capital



1

- Antes de encender el sistema Cerciórese que el tanque 1 (Receptor del agua sin tratar) cuente con suficiente líquido.



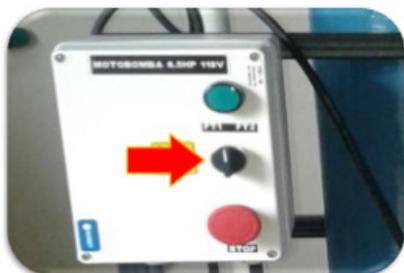
2

- Verifique que ambas válvulas negras se encuentren en filtración (hacia la derecha).



3

- Revise que el botón rojo (apagado de emergencia) no este oprimido.



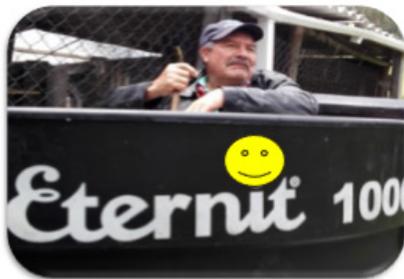
4

- Encienda la perilla negra del tablero de control de la motobomba, puede hacerlo en manual (FT1) a la izquierda, o automático (FT2) a la derecha.



5 y 6

- Verifique que la aguja del manómetro se mantenga constante en una misma posición.
- Siempre debe cerciorarse que el dosificador de cloro tenga un cuarto de pastilla y la perilla este abierta



7

- Revise que el tanque 2 (contenedor de agua limpia o tratada) este llenándose y listo!!!
- *El sistema debe funcionar sin problemas si se mantiene en óptimas condiciones!!!*



Instructivo para el arranque del sistema de tratamiento de aguas grises
Vereda Mancilla sector 46 - Facatativá



Centro de Gestión Industrial
Regional Distrito Capital



NEURONA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN PROCESOS INDUSTRIALES C.O. I. SENA



- Antes de encender el sistema Cerciórese que el tanque 1 (Receptor del agua sin tratar) cuente con suficiente líquido.



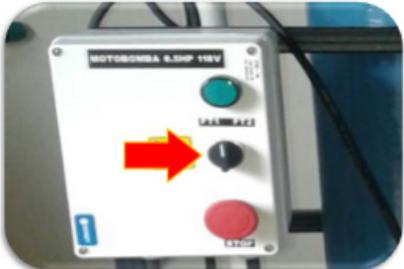
- Verifique que ambas válvulas negras se encuentren en filtración (hacia la derecha).



- Revise que el botón rojo (apagado de emergencia) no este oprimido.



- Encienda el botón rojo del ozonizador y verifique que la aguja del voltaje se encuentre en la franja verde.



- Encienda la perilla negra del tablero de control de la motobomba, puede hacerlo en manual (FT1) a la izquierda, o automático (FT2) a la derecha.



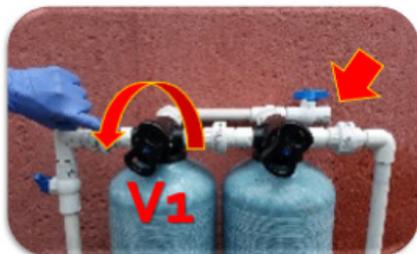
- Verifique que la aguja del manómetro se mantenga constante en una misma posición.
- Revise que el tanque 2 (contenedor de agua tratada) este llenándose y listo!!!

El sistema debe funcionar sin problemas si se mantiene en óptimas condiciones!!!

**Instructivo
para el
retrolavado
de los
sistemas**



1. Antes de encender el sistema, verifique que todos los registros (válvulas azules) estén abiertas (en la misma dirección de la tubería).



2. Ajuste la válvula V1 negra (de la izquierda) girándola a la izquierda para retro lavar (en back wash) alrededor de 7 minutos, hasta que el agua salga cristalina por el tubo ubicado detrás de los filtros.



3. Después ajuste la misma válvula V1 hacia arriba (en fast wash) para enjuagar durante aproximadamente 7 minutos siempre verificando que el agua salga cristalina por el tubo ubicado detrás de los filtros, de lo contrario extienda el tiempo de lavado.



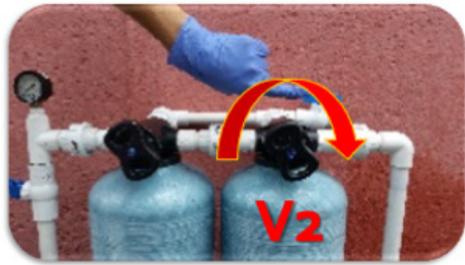
4. Gire la misma válvula V1 negra hacia la derecha para que quede en modo filtración una vez haya terminado de lavar el filtro uno.



5. Repita el proceso con la válvula V2 negra (de la derecha) girándola hacia la izquierda para retro lavar (en back wash) alrededor de 7 minutos hasta que el agua salga cristalina por el tubo ubicado detrás de los filtros.



6. En seguida ajuste la válvula V2 hacia arriba (en fast wash) para enjuagar durante aproximadamente 7 minutos siempre verificando que el agua salga cristalina por el tubo ubicado detrás de los filtros, de lo contrario extienda el tiempo de lavado.



7. Gire la válvula V2 negra hacia la derecha para iniciar el modo filtración una vez haya terminado de lavar el filtro número 2.



8. Finalmente revise que el dosificador de cloro este cargado siempre con un cuarto de pastilla.



9. El sistema esta listo para tratar el agua. Recuerde mantenerlo siempre limpio!



A. Inicie lavando los tanques con agua y jabón, puede desenroscar los acoples universales para mayor comodidad (debe realizar esta labor cada 2 meses).

Instructivo para el mantenimiento preventivo y correctivo



B. Verifique que la tubería no tenga fugas ni goteras, de ser así utilice teflón o soldadura de pvc para reemplazar la pieza afectada o sellar el escape.

C. Si la motobomba se atasca, suelte la rejilla de la parte trasera con un destornillador de pala y mueva las aspas. Para esta acción debe estar **APAGADA** la motobomba.



D. Siempre mantenga limpio el sistema, el techo de su casa y las canaletas; Use jabones biodegradables y evite que le entren sólidos y basura a los tanques.

E. Recuerde usar el kit de cloro y pH para verificar la calidad del agua en el tanque de salida, agregue 5 gotas de cada frasco a un vaso con agua y compare con la tabla de colores



Figura 10 Implementación de sistema de tratamiento de aguas lluvias.

CAPÍTULO IV



APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO

CAPÍTULO IV. APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO

4.1. IDEACIÓN DEL PROYECTO

Los miembros del grupo SENNOVA del Centro de Gestión Industrial y de TecnoParque Bogotá, ambos del SENA, se reunieron junto con dos docentes de la Universidad de Cundinamarca (uno en química y otro en economía y desarrollo rural), para socializar la convocatoria y hablar de la problemática de la escasez de agua en Facatativá, debido a los fenómenos climatológicos. De allí, surge la idea de proponer una alternativa a los problemas relacionados con el abastecimiento de agua, en relación con el uso y aprovechamiento.



Imagen 14. Fotografía reunión socialización convocatoria y problemática del agua en Facatativá, Cundinamarca.

Seguidamente, se realiza un primer acercamiento con el líder de la Junta de Acción Comunal de la vereda Mancilla, Guillermo Sánchez Castellanos, quien socializa los problemas que los miembros de la organización han tenido en cuanto al uso y aprovechamiento del agua, a raíz de esta charla se propone una reunión con algunos miembros de la JAC Mancilla. Para esta reunión, el equipo de trabajo preparó los instrumentos de recolección de información (encuestas y entrevistas) previamente. En la reunión con los miembros de la JAC, se profundizó sobre las necesidades que tiene la comunidad y los temas que requieren atención acerca de cómo podría mejorarse el aprovechamiento y uso del agua. Con base en esta reunión, los miembros de la JAC Mancilla comparten la información de las características de sus fincas, las condiciones topográficas de la vereda, la forma en que se organizan para la administración del acueducto, los tipos de uso que le dan actualmente y como quisieran mejorar su aprovechamiento.

Posterior a la reunión se realizó un recorrido por algunas fincas y por la vereda, que permitió a los habitantes explicar cuáles son sus necesidades relacionadas con el acceso al recurso, también conocer la infraestructura inicial de algunas de las unidades familiares, la ubicación y estado actual del acueducto veredal.



Imagen 15. Fotografías del acueducto veredal Mancilla sector 46, Facatativá, Cundinamarca.

Con la información anterior el equipo de trabajo preparó una serie de alternativas de diseño de los sistemas de uso, captación de aguas lluvias y aguas grises que fue socializado con la líder de la comunidad, Amparo Tovar.

De esta forma, se creó un acercamiento con los pobladores de la vereda a partir de las diferentes actividades de apropiación social que permitieron dar mayor confianza y aclarar las dudas con respecto a los sistemas de tratamiento de agua y la participación de los integrantes de las familias en el desarrollo de la solución presentada.

4.2. GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

Se efectúa la socialización de los sistemas de tratamiento de agua lluvia y aguas grises a los aliados seleccionados en el proyecto (SENA, Universidad de Cundinamarca, representantes de la Junta de Acción Comunal y beneficiados del proyecto), en la cancha de fútbol, sector 46 de la Vereda Mancilla, con la participación activa de la comunidad en cada una de las etapas del proyecto, un espacio en donde se generó conciencia sobre la importancia del ahorro y uso eficiente del recurso hídrico, comunicando fechas y compromisos inherentes al proyecto y sus miembros. Entre los temas tratados durante la socialización se encontraban:

1. Historia del proyecto (contada como línea de tiempo)



Imagen 16. Fotografía reunión socialización de cronología del proyecto.

2. Cartografía social



Imagen 17. Fotografía reunión socialización cartografía social, vereda Macilla.

Inicialmente, la Junta de Acción Comunal elabora la cartografía social de la vereda Mancilla tal como se muestra en la imagen 17 y 18, esto con el fin de tener conocimiento de las relaciones interétnicas e interculturales generadas en el lugar y así poder transferir a la comunidad la información de manera más clara y eficiente. Los participantes definieron qué elementos se involucraban el mapa a partir de una lista proporcionada por el facilitador además de los aportes de la comunidad, adicionalmente se realizaron actividades lúdicas con jóvenes a través de vídeos y con los niños a través de cuentos, estas actividades permitieron acercarse más con la comunidad incluyéndolos como parte de la ejecución del proyecto.

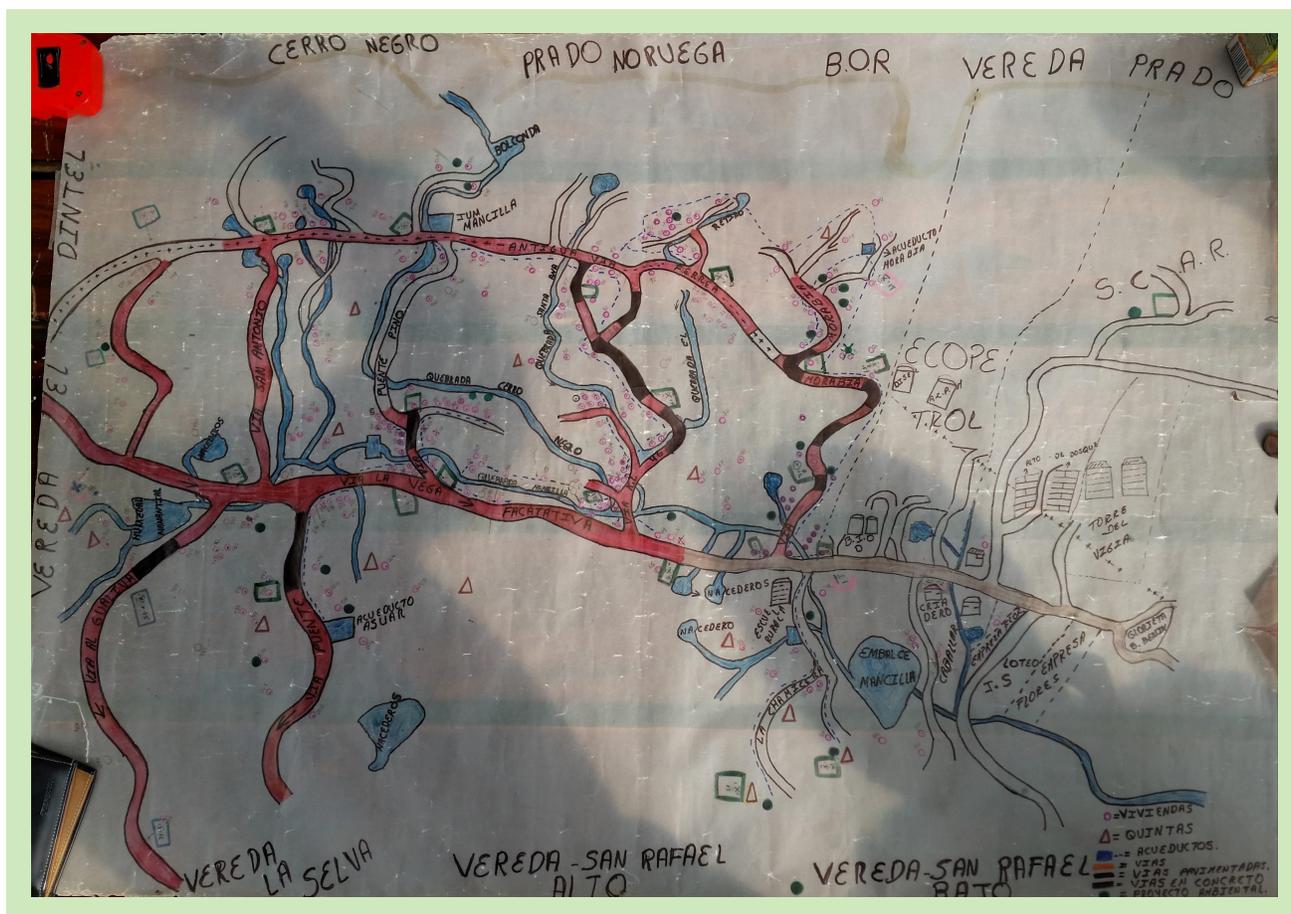


Imagen 18. Fotografía cartografía social de la vereda Mancilla elaborada por la Junta de Acción Comunal (JAC).

3. Sistemas de tratamiento de aguas lluvias y aguas grises.



Imagen 19. Fotografía reunión socialización de los sistemas de tratamiento de agua, vereda Macilla.

El tipo de población del proyecto lo constituyen personas de la zona rural, por lo que las estrategias de comunicación están orientadas a personas cuyo aprendizaje se basa más en demostrar que en documentar el conocimiento. Con el apoyo de la líder de la comunidad Amparo Tovar, se realizó un encuentro con los beneficiarios del proyecto en donde se desarrollaron las primeras actividades de apropiación social para dar a conocer nuevamente a la comunidad las instituciones involucradas en el proyecto, posteriormente se dio una explicación de los sistemas de recolección y tratamiento de los cuales son beneficiarios.

Allí, por medio de actividades lúdicas se explica a la comunidad beneficios en la implementación de los sistemas de tratamiento, como lo son:

- La mejora en las condiciones de salud de las personas por el consumo de agua de mejor calidad y por la producción de alimentos saludables al fomentar las buenas prácticas agrícolas desde el punto de vista del uso del agua en óptimas condiciones.
- EL ahorro monetario generado por el aprovechamiento del agua en el sentido de que la reutilización evita en gran medida que se utilice y malgaste el agua del acueducto veredal.
- El aumento en el nivel de sus ingresos por la venta de productos agrícolas de calidad y la reducción de costos por unidad cultivada.

De acuerdo con ello, se han propuesto espacios demostrativos del funcionamiento de los sistemas de agua lluvia y agua residual, en la que los mismos miembros de la JAC expongan a otras

organizaciones de veredas aledañas el funcionamiento del sistema. Así mismo, se quiere llegar a una población joven, con el fin de que los sistemas sean apropiados por adolescentes, para esto se propuso el uso de cartillas informativas y de explicaciones didácticas en fincas.



Imagen 20 Fotografía capacitación a los beneficiarios acerca del uso adecuado de los sistemas de tratamiento implementados.

4.3. ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN

La estrategia de comunicación abarca dos etapas: divulgación y apropiación del proceso de puesta en marcha de los sistemas de aprovechamiento del agua en los hogares seleccionados por parte de los miembros de la JAC que participan directamente en la ejecución del proyecto, y la etapa de divulgación de resultados y transferencia a otros miembros de la organización.

Etapas 1: durante cada etapa del proyecto se documentó a partir de vídeos y registros fotográficos los procesos del diseño y puesta en marcha de los sistemas, lo anterior con el fin de sistematizar las experiencias y retroalimentar a los miembros de la JAC, igualmente se realizaron charlas en las que los miembros participantes expusieron los resultados del proceso llevado a cabo, con el fin de conocer sus experiencias y recomendaciones o sugerencias del proceso.

Etapas 2: Esta fase se desarrolló a través de la exposición de los resultados del proyecto en una finca a través de la demostración de la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de agua.

4.4. PLAN DE SOSTENIBILIDAD

Se diseñó el plan de sostenibilidad que tenía como objetivo la participación activa de los miembros de los hogares de la Vereda Mancilla del Municipio de Facatativá en la construcción de los sistemas de potabilización de agua y de tratamiento de aguas grises. Además de definir conjuntamente los mecanismos y las acciones para garantizar la continuidad de la solución en el tiempo dentro del marco del desarrollo sostenible, teniendo en cuenta que este último concepto se entiende como “satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Asamblea General de las Naciones Unidas, 1987)

El grupo de trabajo se cercioró de que a través de los sistemas de tratamiento de aguas se asegurará la calidad fisicoquímica y microbiológica necesaria para obtener agua potable para uso doméstico y de riego. Para que el proyecto se mantuviese en el tiempo se desarrollaron diferentes estrategias como los manuales de operación y mantenimiento del sistema, logrando así la creación de un programa estable y sustentable a lo largo del tiempo tanto a nivel económico, ambiental y social. Otra estrategia clave para el proyecto fue transferir los conocimientos a los diferentes miembros de la comunidad que participaron en la propuesta logrando así la apropiación social del conocimiento, esto a su vez generó conciencia ambiental en cuanto al buen uso del recurso hídrico a través de iniciativas de reusó del agua. A través de esta capacitación técnica a los miembros de la comunidad para el manejo y sostenimiento de las unidades de tratamiento, se utilizó el modelo de “replicadores de conocimiento”, los cuales son encargados de transferir sus conocimientos adquiridos a las demás comunidades de la vereda Mancilla con el objetivo de que el proyecto llegue a más familias y pueda replicarse.



CAPÍTULO V



CONTROL Y SEGUIMIENTO

CAPÍTULO V. CONTROL Y SEGUIMIENTO

5.1 PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE, AGRICOLA Y RESIDUAL

Según los artículos 5º y 8º de la resolución 631 de 2015 se encuentran enunciados en la Tabla 6 los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas (ARD) provenientes de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares y bifamiliares que los prestadores del servicio público de alcantarillado deben cumplir, serán los siguientes:

Tabla 6 Parámetros máximos permisibles vertimiento viviendas unifamiliares y bi familiares.

Parámetro	Unidades	Límite máximo permisible
Temperatura	°C	40,00
pH	mg/L O ₂	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	200,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	100,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mg/L	5,00
Grasas y aceites	mg/L	20,00

Fuente: Vertimientos en aguas superficiales y alcantarillado, Resolución 631 de 2015.

El agua empleada para el riego agrícola debe cumplir con ciertas limitantes de contaminantes máximos y así evitar una afectación al entorno o los alimentos producidos, para ello se definen los parámetros físicos, químicos y microbiológicos relevantes y así poder emplear el recurso de manera idónea para riego de cultivos, zonas verdes y jardines establecidos en la Tabla 7 de acuerdo con la resolución 1207 de 2014.

Tabla 7 Parámetros máximos permisibles para uso de agua tratada en riego agrícola.

Tipo	Parámetro	Unidad	Cultivos	Zonas verdes y jardines
Físicos	pH	Unidad de pH	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
	Conductividad	µS/cm	1500,0	1500,0
Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	NPM/100 mL	1,0E(+5)	1,0E(+4)
	Enterococos Fecales	NPM/100 mL	1,0E(2)	1,0
	Helmintos Parásitos Humanos	Huevos y larvas/L	1,0	1,0
	Protozoos Parásitos Humanos	Quistes/L	1,0	1,0
	Salmonella sp	NPM/100 mL	1,0	1,0

Tipo	Parámetro	Unidad	Cultivos	Zonas verdes y jardines
QUÍMICOS	Fenoles Totales	mg/L	1,5	0,002
	Hidrocarburos Totales	mg/L	1,0	1,0
	Cianuro libre	mg CN ⁻ /L	0,2	0,2
	Cloruros	mg Cl ⁻ /L	300,0	-
	Fluoruros	mg F ⁻ /L	1,0	1,0
	Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	500,0	-
	Aluminio	mg Al/L	5,0	5,0
	Berilio	mg Be/L	0,1	0,1
	Cadmio	mg Cd/L	0,01	0,01
	Cinc	mg Zn/L	3,0	3,0
	Químicos Cobalto	mg Co/L	0,05	0,05
	Cobre	mg Cu/L	1,0	1,0
	Cromo	mg Cr/L	0,1	0,1
	Hierro	mg Fe/L	5,0	5,0
	Mercurio	mg Hg/L	0,002	0,002
	Litio	mg Li/L	2,5	2,5
	Manganeso	mg Mn/L	0,2	0,2
	Molibdeno	mg Mo/L	0,07	0,07
	Níquel	mg Ni/L	0,2	0,2
	Plomo	mg Pb/L	5,0	-
	Sodio	mg Na/L	200,0	-
	Vanadio	mg V/L	0,1	0,1
	Antimonio	mg Sb/L	-	0,05
	Arsénico	mg As/L	0,1	0,1
	Boro	mg B/L	0,4	-
	Selenio	mg Se/L	0,02	0,02
	Cloro Total Residual	mgCl ₂ /L	> 1,0	> 1,0
	Nitratos (NO ₃ ⁻ -N)	mg/L	5,0	5,0
	2,4 D ácido	mg/L	-	0,0001
	Diurón	mg/L	-	0,0001
	Glifosato	mg/L	-	0,0001
	Mancozeb	mg/L	-	0,0001
Propineb	mg/L	-	0,0001	

Fuente: Uso de Aguas Residuales tratadas, Resolución 1207 de 2014.

Ahora bien, si el agua se desea emplear para el consumo humano, esta se debe encontrar tratada y potabilizada con parámetros dentro de los límites establecidos en la resolución 2115 de 2007, enunciados en la tabla 8.

Tabla 8 Valores máximos permisibles para características físicas, químicas y microbiológicas del agua.

Artículo 2° y 3° Características físicas.			Artículo 5o Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.		
Característica	Unidad	Valor máx. aceptable	Característica	Unidad	Valor máx. aceptable
Color aparente.	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15	Antimonio (Sb)	mg/L	0,02
Olor y sabor.	Aceptable o no aceptable	Aceptable	Arsénico (As)	mg/L	0,01
Turbiedad.	Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT)	2	Bario (Ba)	mg/L	0,7
Conductividad*	Microsiemens/cm	1000	Cadmio (Cd)	mg/L	0,003
Artículo 4° Potencial de hidrógeno.			Cianuro libre y disociable (CN ⁻)	mg/L	0,05
Característica	Unidad	Rango aceptable	Cobre (Cu)	mg/L	1,0
pH	Unidad	6,5 - 9	Cromo total (Cr)	mg/L	0,05
Artículo 6° Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana.			Mercurio (Hg)	mg/L	0,001
Característica	Unidad	Valor máx. aceptable	Níquel (Ni)	mg/L	0,02
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/L	5,0	Plomo (Pb)	mg/L	0,01
Nitritos (NO ₂ ⁻)	mg/L	0,1	Selenio (Se)	mg/L	0,01
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	10	Trihalometanos Totales (THMs)	mg/L	0,2
Fluoruros (F ⁻)	mg/L	1,0	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L	0,01
Artículo 7° Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.			Artículo 8° Características químicas relacionadas con los Plaguicidas y otras sustancias.		
Característica	Unidad	Valor máx. aceptable	Dosis Letal oral (DL₅₀)	Unidad	Valor máx. aceptable
Calcio (Ca)	mg/L	60	≤20 mg/kg	mg/L	0,0001
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	200	21 -200 mg/kg	mg/L	0,001
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	250	201 -2000 mg/kg	mg/L	0,01
Aluminio (Al ³⁺)	mg/L	0,2	Artículo 9° Características químicas de otras sustancias utilizadas en la potabilización.		
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	300	Característica	Unidad	Valor máx. aceptable
Hierro Total (Fe)	mg/L	0,3	Aluminio residual (Al ³⁺)	mg/L	0,2 – 0,3
Magnesio (Mg)	mg/L	36	Cloro residual	mg/L	0,3 – 2,0
Manganeso (Mn)	mg/L	0,1	Artículo 11° Características microbiológicas de Coliformes totales y Escherichia Coli.		
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,07	Técnica	Unidad	Valor máx. aceptable
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	250	Filtración por membrana	UFC/100 cm ³	0
Zinc (Zn)	mg/L	3	Enzima Sustrato	microorganismo en 100 cm ³	< de 1
Fosfatos (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0,5	Sustrato definido	microorganismo en 100 cm ³	0
			Presencia- Ausencia	En 100 cm ³	Ausencia

Fuente: Ministerio de Protección Social. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2007).

5.2 MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DEL AGUA TRATADA

La aplicación de los instrumentos en el levantamiento de la línea base para la priorización y selección de las unidades familiares beneficiarias en la vereda Mancilla se realizó en tres visitas, en horarios y días diferentes, para asegurar la participación de cada familia. Conforme a los resultados obtenidos se lograron priorizar quince (15) familias de acuerdo con los criterios planteados por el equipo de trabajo, los que fueron presentados al comité local para su evaluación y posterior selección, teniendo en cuenta las necesidades identificadas en la vereda, en función de brindar un aporte para mejorar la calidad de vida y reducir la carga contaminante a la quebrada, disminuyendo así el impacto ambiental generado por las actividades domésticas.

Se realizó una recolección de muestras de agua para pruebas in situ y en el laboratorio de acuerdo a tres puntos de muestreo iniciales identificados:

- Punto de ingreso de agua para tratamiento en el acueducto veredal
- Punto de egreso de agua tratada para dotación hacia las viviendas de la vereda
- Punto en viviendas escogidas aleatoriamente

Este seguimiento se realizó para tener una base que permitiera comparar el agua entregada por los sistemas de tratamiento instalados en las unidades familiares con el agua sin tratamiento y el agua tratada por el acueducto veredal.

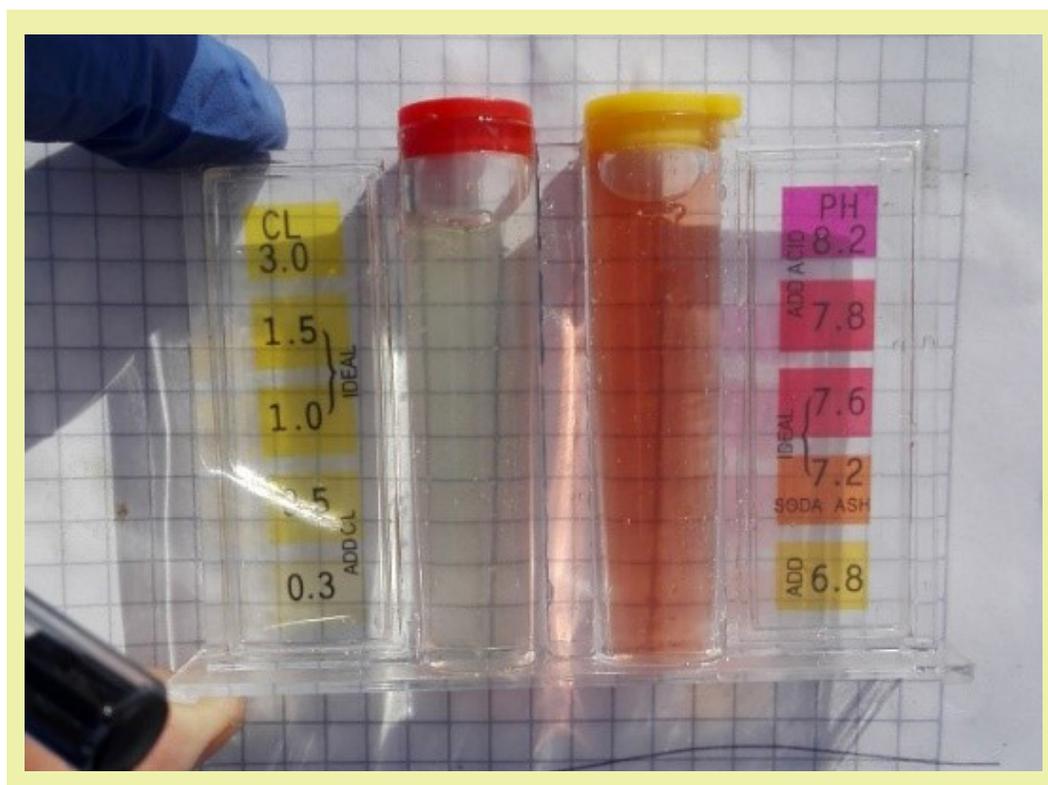


Imagen 21. Fotografía caracterización de aguas lluvias y aguas grises realizada de manera In situ.

Se tuvieron en cuenta los parámetros principales como pH, Turbidez (NTU), Cloro ($\text{mg Cl}^-/\text{L}$).



Imagen 22. Fotografía caracterización de aguas lluvias y aguas grises realizada en laboratorio

Para analizar el agua producida por los sistemas de tratamiento instalados por el proyecto, se tomaron y clasificaron las muestras en el siguiente orden:

- Muestras de aguas grises o residual doméstica de dos viviendas beneficiadas con este sistema
- Muestras de agua lluvia y agua potable de nueve viviendas beneficiadas con estos sistemas

A partir de ello se realizaron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos a través de laboratorios acreditados a nivel nacional, con el fin de establecer el nivel de cumplimiento con la normativa aplicable a cada tipo de agua. (Ver tabla 8,9 y 10)

- En agua potable:

Tabla 9. Caracterización de muestras de agua potable

Variable	Unidad	Método	Fecha análisis	Resultados	Incertidumbre	Res 2115:2007
pH-en laboratorio a 19°C**	Unidad	SM 4500-H+B, Electrométrico	29/07/2017	5,76	N.D.	6,5-9 No cumple
Temperatura-en laboratorio**	°C	SM 2550 B, Electrometría	29/07/2017	19,2	N.D.	N.A.
Cloro residual-en laboratorio**	mg/L Cl ₂	SM 4500-Cl G, Colorimétrico	28/07/2017	7	N.D.	0,3-2 No cumple
Color aparente a pH 5,76 unidades	Pt-Co	SM 2120 B, Discos comparativos	28/07/2017	6,25	±1,25	15 Cumple
Turbidez a 19,00 °C	NTU	SM 2130 B, Nefelométrico	28/07/2017	2,36	N.D.	2 No cumple
Alcalinidad total	mg/L CaCO ₃	SM 2320 B-pH 4,7 – 4,3, Volumétrico	29/07/2017	<12,2	±0,075	200 Cumple
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	SM 2340 C, Volumétrico con EDTA	03/08/2017	43,6	±0,802	300 Cumple
Calcio total, Ca **	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A.	04/08/2017	20,8	±0,187	60 Cumple
Cinc total, Zn	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama	03/08/2017	0,008	±0	3 Cumple
Hierro total, Fe	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama	02/08/2017	0,112	±0,002	0,3 Cumple
Magnesio Total, Mg **	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A.	04/08/2017	0,311	N.D.	36 Cumple
Manganeso total, Mn	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama	04/08/2017	<0,005	±0,001	0,1 Cumple
Aluminio total, Mn	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama	02/08/2017	0,075	±0,003	0,2 Cumple
Molibdeno total, Mo	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama	02/08/2017	<0,023	±0,002	0,07 Cumple
Cloruros, Cl-	mg/L	SM 4500-Cl- B, Argentométrico	29/07/2017	23,6	±0,217	250 Cumple
Fosfatos, P-PO ₄ ³⁻	mg/L	SM 4500-P D, Cloruro estannoso	29/07/2017	<0,22	±0,017	0,5 Cumple
Sulfatos, SO ₄ ²⁻ **	mg/L	SM 4500- SO ₄ ²⁻ E, Turbidimétrico	01/08/2017	<3,23	±0,284	250 Cumple
Carbono orgánico total COT	mg/L	SM 5310 C, Oxidación con persulfato-Irradiación UV	04/08/2017	3,66	N.D.	5 Cumple
Coliformes totales*	UFC/100 ml	SM 9222 B	28/07/2017	<1	±N.D.	0 Cumple
Escherichia Coli *	UFC/100 ml	SM 9222 D	28/07/2017	<1	±N.D.	0 Cumple
Heterótrofos*	UFC/100 ml	SM 9215 D	28/07/2017	1	±N.D.	100 Cumple

Fuente: Laboratorio externo acreditado.

- En aguas lluvias:

Tabla 10. Caracterización de muestras de aguas lluvias.

Variable	Unidad	Método	Fecha análisis	Resultados	Incertidumbre	Res 2115:2007
pH-en laboratorio a 19°C**	Unidad	SM 4500-H+B, Electrométrico	29/07/2017	5,76	N.D.	6,5-9 No cumple
Temperatura-en laboratorio**	°C	SM 2550 B, Electrometría	29/07/2017	19,2	N.D.	N.A.
Color aparente a pH 5,76 unidades	Pt-Co	SM 2120 B, Discos comparativos	08/07/2017	2,5	±0,5	15 Cumple
Turbidez a 19,00 °C	NTU	SM 2130 B, Nefelométrico	08/07/2017	0,83	N.D.	2 No cumple
Alcalinidad total	mg/L CaCO ₃	SM 2320 B-pH 4,7 – 4,3, Volumétrico	10/07/2017	<12,2	±0,075	200 Cumple
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	SM 2340 C, Volumétrico con EDTA	12/08/2017	9,63	±0,177	300 Cumple
Calcio total, Ca **	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A.	04/08/2017	5,28	±0,047	60 Cumple
Cinc total, Zn	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama	03/08/2017	0,012	±0	3 Cumple
Hierro total, Fe	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama	02/08/2017	0,061	±0,001	0,3 Cumple
Magnesio Total, Mg **	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A.	04/08/2017	0,346	N.D.	36 Cumple
Manganeso total, Mn	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama	04/08/2017	<0,005	±0,001	0,1 Cumple
Aluminio total, Mn	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama	02/08/2017	<0,027	±0,003	0,2 Cumple
Molibdeno total, Mo	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama	02/08/2017	<0,023	±0,002	0,07 Cumple
Cloruros, Cl-	mg/L	SM 4500-Cl- B, Argentométrico	29/07/2017	6,69	±0,062	250 Cumple
Cloro residual-en laboratorio	mg/L Cl ₂	SM 4500-Cl G, Colorimétrico	08/07/2017	0	N.D.	0,3-2 No cumple
Fosfatos, P-PO ₄ ³⁻	mg/L	SM 4500-P D, Cloruro estannoso	29/07/2017	<0,22	±0,017	0,5 Cumple
Sulfatos, SO ₄ ²⁻ **	mg/L	SM 4500- SO ₄ ²⁻ E, Turbidimétrico	01/08/2017	4,73	±0,416	250 Cumple
Carbono orgánico total COT	mg/L	SM 5310 C, Oxidación con persulfato-Irradiación UV	04/08/2017	<3	N.D.	5 Cumple
Coliformes totales*	UFC/100 ml	SM 9222 B	28/07/2017	28	N.D.	0 Cumple
Escherichia Coli *	UFC/100 ml	SM 9222 D	28/07/2017	2	N.D.	0 Cumple
Heterótrofos*	UFC/100 ml	SM 9215 D	28/07/2017	1,20E+03	N.D.	100 No Cumple

Fuente: Laboratorio externo acreditado.

- En aguas grises:

Tabla 11. Caracterización de muestras de aguas grises.

Variable	Unidad	Método	Fecha análisis	Resultados	Incertidumbre
pH-en laboratorio a 19°C**	Unidad	SM 4500-H+B, Electrométrico	04/08/2017	6,83	N.D.
Temperatura-en laboratorio**	°C	SM 2550 B, Electrometría	04/08/2017	18,3	N.D.
Color verdadero	Un Co-Pt	SM 2120 B, Discos comparativos	10/08/2017	60	±12
Cloro residual-en laboratorio	mg/L Cl ₂	SM 4500-CI G, Colorimétrico	04/08/2017	0	N.D.
Turbidez a 19,00 °C	NTU	SM 2130 B, Nefelométrico	04/08/2017	133	N.D.
Alcalinidad total	mg/L CaCO ₃	SM 2320 B-pH 4,7 – 4,3, Volumétrico	04/08/2017	126	±0,782
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	SM 2340 C, Volumétrico con EDTA	05/08/2017	133	±2,45
Calcio total, Ca **	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A.	04/08/2017	33,5	±0,302
Cinc total, Zn	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama	11/08/2017	0,708	±0,024
Hierro total, Fe	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama	09/08/2017	0,973	±0,021
Magnesio Total, Mg **	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A.	04/08/2017	4,54	N.D.
Manganeso total, Mn	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama	04/08/2017	0,141	±0,016
Aluminio total, Mn	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama	05/08/2017	1,32	±0,049
Molibdeno total, Mo	mg/L	SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama	10/08/2017	<0,023	±0,002
Cloruros, Cl-	mg/L	SM 4500-CI- B, Argentométrico	05/08/2017	71	±0,653
Fosfatos, P-PO ₄ ³⁻	mg/L	SM 4500-P D, Cloruro estannoso	04/08/2017	19,3	±1,45
Sulfatos, SO ₄ ²⁻ **	mg/L	SM 4500- SO ₄ ²⁻ E, Turbidimétrico	09/08/2017	946	±83,2
Carbono orgánico total COT	mg/L	SM 5310 C, Oxidación con persulfato-Irradiación UV	15/08/2017	59,9	N.D.
Coliformes totales*	UFC/100 ml	SM 9222 B	08/08/2017	2400	±N.D.
Escherichia Coli *	UFC/100 ml	SM 9222 D	08/08/2017	<1	±N.D.
Heterótrofos*	UFC/100 ml	SM 9215 D	08/08/2017	3300	±N.D.

Fuente: Laboratorio externo acreditado.

Basados en los resultados de los análisis de las muestras tomadas antes y después de pasar por las plantas de tratamiento de agua lluvia y gris, se pudo determinar la eficiencia por unidad y la eficiencia total de cada sistema, lo que permitió establecer diferentes criterios para el cuidado, operación y mantenimiento de los mismos, con el objetivo de que la comunidad siempre cuente con agua de buena calidad y eviten riesgos sanitarios en el momento de su uso.

De esta manera se logró unificar el conocimiento técnico de la academia y ponerlo al servicio de la comunidad, algo que en estos tiempos se necesita: *contribuir a los que más lo necesitan a través de nuestros conocimientos.*



Imagen 23. Fotografía de los principales actores del proyecto entre comunidad e investigadores del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUAS DEL OCCIDENTE CUNDINAMARQUÉS EAOC S.A.S. E.S.P. (15 de Diciembre de 2010). INFORME DE GESTIÓN Enero 2008 - Diciembre 2010. Facatativá, Cundinamarca, Colombia. Obtenido de https://www.facatativateamo.com/pdf/institucionales/GESTION_PROGRAMA_AGUA_POTABLE_DIC_2010.pdf
- Alcaldía Cívica de Facatativá. (20 de Junio de 2002). Decreto 069 de 2002. Plan de Ordenamiento Territorial, pag. 366. Facatativá, Colombia.
- Alcaldía de Facatativá. (16 de Enero de 2020). Plan de Desarrollo Municipal. “Facatativá Correcta, un Propósito Común 2020 -2024”. Facatativá, Colombia.
- Arévalo, D., Lozano, J., & Sabogal, J. (2011). Estudio nacional de huella hídrica Colombia sector agrícola. (U. C. Sostenibilidad, Ed.) Sostenibilidad Tecnologia y Humanismo, 105.
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (28 de Julio de 2010). Resolución 64/292. El derecho humano al agua y el saneamiento.
- Asamblea General de Naciones Unidas. (25 de Septiembre de 2015). La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Obtenido de Sitio Web de Naciones Unidas:<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- Ballén Suárez, J. A., Galarza García, M. Á., & Ortiz Mosquera, R. O. (2006). HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA. João Pessoa: VI SEREA.
- BossTech S.A.C. . (07 de Mayo de 2018). Diferencia y tratamiento de aguas grises y negras. Obtenido de Boss Tech Sitio web: <https://bosstech.pe/diferencia-y-tratamiento-de-aguas-grises-y-negras/>
- Calderón, C. A. (2017). Conflicto ambiental por la distribución y uso del agua en la microcuenca de la quebrada cerro negro durante el periodo comprendido entre los años 1950 al 2016. TRABAJO DE GRADO, 104.
- Casero Rodríguez, D. (2007/2008). Módulo IV: Abastecimientos y Saneamientos Urbanos. Potabilización del Agua. Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua 2007/2008, 144. Obtenido de <https://docplayer.es/15807463-Potabilizacion-del-agua.html>

CEPIS. (2004). Aprovechamiento de aguas lluvias. Medellín: Oveja negra.

Concejo Municipal de Facatativá. (2016). Plan de Desarrollo Municipal “Recuperemos a facatativá 2016-2019”. Acuerdo 006. Bogotá D.C.

Corantioquia. (2016). Plantas de beneficio animal. Manual de Producción y Consumo Sostenible. Medellín, Colombia. Obtenido de https://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%C3%B3n%20ambiental/Producci%C3%B3n%20y%20Consumo%20Sostenible/Manuales_GIRH/Plantas_Beneficio.pdf

Cuervo Mulet, R. (2010). Manual de protocolos de microbiología general. (s. C. Universidad de San Buenaventura, Ed.) Cali, Colombia: Editorial Bonaventuriana. Obtenido de <http://biotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/187/1/ProtocolosMicrobiologia.pdf>

Departamento de Desarrollo Internacional - DFID. (2001). HOJAS ORIENTATIVAS SOBRE LOS MEDIOS DE VIDA SOSTENIBLES.

Díaz Delgado, C., García Púlido, D., & Solís Morelos, C. (2000). Abastecimiento de agua potable para pequeñas comunidades rurales por medio de un sistema de colección de lluvia-planta potabilizadora. CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva 2000, 7.

Dúran Juárez, J. M., & Torres Rodríguez, A. (Agosto de 2006). Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media. Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad, XII(36), 129.

Empresa Aguas de Facatativá EAF SAS ESP, Centro Administrativo Documental C.A.D. (2012).

Historia del acueducto y del trigo en Facatativa. Historia del acueducto y del trigo en Facatativa. Facatativa, Colombia.

Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla. (28 de 06 de 2012). Manual del Carbón Activo. Recuperado el 23 de 09 de 2021, de Aguapedia.net: <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>

FAO, (. p. (2013). Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Santiago.

Federación Nacional de Cafeteros. (12 de 02 de 2010). Guía Ambiental para el sector Cafetero. Obtenido de Federación Nacional de Cafeteros: <https://federaciondefcafeteros.org/static/files/13Glosario.pdf>

- Fernández-Santisteban, M. T. (Marzo - Agosto de 2017). Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, 51(2), 70-73. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223154251011.pdf>
- García Morillo, J. (Marzo de 2015). Hacia el riego de precisión en el cultivo de fresa en el entorno de Doñana. Tesis Doctoral. Córdoba, España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. Obtenido de <https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/12639/2015000001120.pdf?sequence=1>
- Gómez Gutierrez, C. (2017). III. El Desarrollo Sostenible: Conceptos Básicos, Alcance y Criterios para su Evaluación .
- ICONTEC . (25 de 11 de 2020). NTC 1500 2020. CÓDIGO COLOMBIANO DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS. Bogotá D.C., Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Martínez Huerta, J. F. (1999). Manual de Educación ambiental. Unesco Etxea.
- Melo Niño, J. A. (2018). EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA LLUVIA IMPLEMENTADO EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL ELDORADO DE BOGOTÁ. Trabajo de Grado- Universidad la Salle, 82.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de la Protección Social. (22 de Junio de 2007). Resolución 2115 de 2007. Calidad del agua para consumo humano. Bogotá D.C., Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (11 de junio de 1997). Ley 373 de 1997. Ley 373 de 1997. Bogotá, D.C., Colombia: Diario Oficial No. 43.058.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (11 de Junio de 1997). Ley 373 de 1997. Ley 373 de 1997. Bogotá, D.C., Colombia: Diario Oficial No. 43.058.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (11 de Junio de 1997). Ley 373 de 1997. Ley 373 de 1997. Bogotá, D.C., Colombia: Diario Oficial No. 43.058.
- Ministerio de Ambiente Y Desarrollo Sostenible. (11 de Junio de 1997). Ley 373 de 1997. Ley 373 de 1997. Bogotá, D.C., Colombia: Diaro Oficial No. 43.058.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (28 de Junio de 2012). Resolución 955 de 2012. Formulario Registro de Usuarios del Recurso Hídrico. Bogotá D.C., Colombia.

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (25 de Julio de 2014). Resolución 1207 de 2014. Uso de Aguas Residuales tratadas. Bogotá D.C., Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17 de Marzo de 2015). Resolución 631 de 2015. Vertimientos en aguas superficiales y alcantarillado. Bogotá D.C., Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (28 de Junio de 2018). Decreto 1090 de 2018. Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua. Bogotá, D.C., Colombia: Diario Oficial.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (30 de Octubre de 2007). 2.3 Agua Potable. Obtenido de Tesoro Ambiental para Colombia: http://buritaca.invemar.org.co/siam/tesauro_ambiental/naveg.htm
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución 2115 de 2007. Bogotá D.C.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010a). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO C. Sistemas de Potabilización. Bogotá, D.C.: Vargas Liévano, Armando. Obtenido de RAS 200: <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo-c-dic-4-2013.pdf>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010b). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO J. Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural. Bogotá D.C.: Vargas Liévano, Armando.
- Ministerio de Desarrollo Económico. (Noviembre de 2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO E. Tratamiento de aguas residuales. Bogotá, Colombia. Obtenido de https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710_ras_titulo_e_.pdf
- Ministerio de la Protección Social. (9 de Mayo de 2007). Decreto 1575 de 2007. Sistema para la protección y control de la calidad del agua. Bogotá D.C., Colombia.
- Ministerio de Medio Ambiente. (22 de Diciembre de 1993). Ley 99 de 1993. Ley conservación del medio ambiente y recursos renovables. Bogotá D.C., Colombia.
- Ministerio de Obras Públicas del Gobierno de Chile. (15 de Febrero de 2018). Reglamento de Aguas grises. Ley 21075. Santiago de Chile, Chile.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (26 de Mayo de 2015). Decreto 1077 de 2015. Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. Bogotá, Colombia.

- Moreno Díaz, M. L. (2009). Valoración económica del uso de tecnologías de saneamiento ecológico para aguas residuales domiciliarias. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 13.
- Organización de las Naciones Unidas. (11 de Noviembre de 2014). Escasez de Agua. Obtenido de Decenio Internacional para la Acción “El agua fuente de vida” 2005-2015: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>
- Organización Meteorológica Mundial. (2012). Glosario hidrológico internacional. Ginebra, Suiza. Obtenido de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000221862>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable: primer apéndice. 1. Genève, Suiza.
- Palacio Castañeda, N. (2010). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. *Revista Gestión y Ambiente*, 16.
- Pinzón García, E., & Collazos González, S. A. (2011). PROPUESTA DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARTICIPATIVA, VEREDA MANCILLA, FACATATIVÁ, COLOMBIA. *Boletín Red Colombiana de Restauración Ecológica - Vol. 5, 8*.
- Presidencia de la República. (25 de Octubre de 2010). Decreto 3930 de 2010. Reglamento uso del agua y residuos líquidos. Bogotá D.C., Colombia.
- Presidencia de la República. (17 de Diciembre de 2020). Decreto 1688 de 2020. Alternativas Aguas Residuales domésticas en la ruralidad. Bogotá D.C., Colombia.
- Revista Semana. (2015). Colombia le apuesta a la apropiación social del conocimiento. *Revista Semana*, 1.
- Revista Semana;. (2015). Colombia le apuesta a la apropiación social del conocimiento. *Revista Semana*, 1.
- Reyes, M. C., & Rubio, J. J. (2014). DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS. 53.
- Rodríguez Adams, E. M. (2012). Calidad de vida y percepción de salud en mujeres de mediana edad. *Invest Medicoquir*, 245-259.
- Rodríguez, G. A., & Muñoz Ávila, L. M. (2009). La participación en la gestión ambiental Un reto para el nuevo milenio. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.

Soto Aguilar, W. (2012). SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES DOMÉSTICAS, COMO UNA ALTERNATIVA PARA LA SEGURIDAD HÍDRICA DE TIJUANA. Tijuana, B.C., México.

WWF . (Octubre de 2009). Manual de Buenas Prácticas de Riego: Propuestas de WWF para un uso eficiente del agua en la agricultura. 27. Madrid, España. Obtenido de <http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/130/131/1024.pdf>

[1] El agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo. <https://www.unicef.org/colombia/pdf/Agua3.pdf>

[2] Revista Gestión y ambiente. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable, (2010) <http://www.bdigital.unal.edu.co/27534/1/25392-89359-1-PB.pdf>

[3] Documentación técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_a_.pdf

[4] Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias, universidad católica de Colombia (2014) <https://studylib.es/doc/4751476/descripci%C3%B3n-de-los-sistemas-de-recolecci%C3%B3n-y-aprovechamie...>

[5] Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoH.pdf>

ABREVIATURAS

N°	Indica el número de alguna descripción
JAC.	Junta de acción comunal
pH.	Potencial de hidrógeno
NTU.	Unidad nefelométrica de turbidez
mg.	Miligramo (Unidad de medida)
Cl.	Cloro (Elemento químico)
L.	Litro (Unidad de medida)

