

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA POR MEDIO DE
UNA PLANTA COMPACTA PARA LA VEREDA SARDINAS DEL MUNICIPIO DE
FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA

LUIS ALFREDO SIERRA RAMÍREZ

ALLAN FELIPE HENAO GALLEGO

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

GIRARDOT, CUNDINAMARCA

2018

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA POR MEDIO DE
UNA PLANTA COMPACTA PARA LA VEREDA SARDINAS DEL MUNICIPIO DE
FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA

LUIS ALFREDO SIERRA RAMÍREZ

ALLAN FELIPE HENAO GALLEGO

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil

Asesor:

JHON JAIRO REINEL MORENO

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

GIRARDOT, CUNDINAMARCA

2018

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado principalmente a Dios, por darme fuerza y valentía en mí día a día y por brindarme vida para continuar por el camino que ha escogido para mí. Por sus bendiciones en abundancia...

A mis padres, porque son mis pilares, mi fortaleza, mi tranquilidad y mi vida entera. Agradezco a ellos por ser parte de mi vida y mi futuro, por ser cariñosos y comprensivos, aun en momentos de tristeza. Este logro va dedicado a ellos, pues sin su apoyo incondicional, esto no hubiera sido posible. Los amo para toda la vida.

A mis hermanos, que son mi adoración, mis confidentes, mis mejores amigos; lo dedico especialmente a mi hermano Carlos Arturo Henao, que no importan las circunstancias ni la distancia, este logro va dedicado a un futuro en el cual él estará presente todos los días. Siempre unidos, siempre mis amados hermanos.

A mi compañera de vida, Deiry Pardo Acosta, por su apoyo incondicional y motivaciones diarias, gracias mi amor por permitirme ser parte de ti y por ser la mujer que inspira logros en mi vida, por amarme y por hacer que de lo mejor de mi

A mis amigos, que cumplimos un logro más en nuestras vidas, que llegamos al lugar donde siempre soñamos, unos logros juntos y los que vendrán. Gracias a Luis Sierra, Carlos Rojas y Santiago Vega (Q.E.P.D), te extrañamos toda la carrera, te extrañamos en nuestra vida querido amigo, por toda su amistad incondicional y su apoyo, gracias.

A los docentes de la Universidad Minuto de Dios, por su orientación y enseñanza, por compartir sus conocimientos y su tiempo. Gratos recuerdos quedan de esta experiencia tan maravillosa como lo es ser un futuro Ingeniero Civil.

Allan Henao

Dedicatoria

A Dios.

Por haberme permitido llegar a esta etapa de mi vida con humildad, por siempre estar presente en cada decisión que tomo, porque a pesar de las circunstancias siempre me entrega su bondad y amor, porque nunca permitió que desfalleciera aun en los momentos en que me sentía que ya no podía dar más, por eso siempre viviré agradecido con su incondicionalidad.

A mis padres Luis Alfredo y Luz marina.

Por haberme motivado a estudiar, apoyándome en cada decisión que he tomado en la vida, sus concejos, valores infundados para ser una persona de bien y más que nada por su amor, respeto y cariño que siempre me han brindado.

A mi hija Mariapaz.

Por ser mi mayor motivación, mi princesita, mi adoración, porque cada día me sorprende más con sus ocurrencias, por ser ese pilar que guía mi camino y por brindarme su amor incondicional.

A mi esposa Andrea.

Por ser mi compañera de aventuras, por siempre estar ahí cuando la necesito y por ser mí complemento de vida, amor y comprensión.

A mi hermano Camilo.

Mi único hermano y porque, aunque no tengamos punto de comparación el uno al otro, siempre debemos de apoyarnos bajo todas las circunstancias de la vida

A mis amigos y familiares.

A todos aquellos que compartieron conmigo esta nueva etapa de formación en mi vida, que soñaron y trabajaron como yo para llegar a este momento único e incomparable,

en especial a Allan Henao compañero de grandes batallas de principio a fin a lo largo de estos 5 años y a Santiago Vega (Q.E.P.D) Ingeniero gracias por brindarme su amistad y apoyo las veces que mas lo necesite, que Dios lo tenga en su santa gloria y que donde quiera que este me proteja.

Finalmente, a los docentes que nos guiaron en cada etapa de nuestro trasegar universitario, que nos resolvieron dudas, nos asesoraron de la mejor manera, gracias por compartir su tiempo con nosotros y de manera directa por apoyar el desarrollo de nuestra profesión universitaria como futuros Ingenieros Civiles.

Luis Sierra.

Hoja de Aprobación

Nota

Clara Eugenia Segovia Borray

Jurado 1.

Luis Edgardo García Díaz

Jurado 2

Jhon Jairo Reinel Moreno

Asesor

Girardot, 01 de Diciembre de 2018

Contenido

Resumen.....	1
Palabras Claves	1
Abstract	2
Keywords	2
Introducción	3
Planteamiento del Problema	5
Justificación	10
Objetivos.....	12
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos	12
Marco Referencial.....	13
Marco contextual	13
Estaciones meteorológicas de la región	19
Balance Hídrico	19
Estación Meteorológica Batan.....	22
Estación meteorológica Hacienda la Mesa	23
Marco Teórico.....	28
Antecedentes.....	33
Marco Legal.....	36

Metodología	37
Componentes del Sistema	38
Captación	38
Recolección y Conducción.....	39
Recolector de Primeras Aguas	39
Filtración	41
Almacenamiento	43
Red de Distribución	43
Variables e Indicadores	45
Procesos y Procedimientos	46
Resultados del diseño.....	48
Análisis y Discusión de Resultados	55
Presupuesto y Cantidades de Obra.....	56
Conclusiones	59
Recomendaciones	60
Bibliografía	61
Trabajos citados	63
Anexos	65
Precipitación Número de Días al Mes	65
Valores Medios Mensuales de Temperatura (°C).....	66

Valores de Humedad Relativa	68
Valores de Brillo Mensual (Horas).....	69
Brillo Solar Mensual.....	71
Valores de Punto de Roció.....	72
Cronograma de actividades.....	75

Lista de tablas y figuras

Figura 1. Mapa Político de Colombia, Cundinamarca y Fusagasugá	14
Figura 2 Mapa del Relieve de la Ciudad de Fusagasugá.....	14
Figura 3. Mapa Hídrico de Fusagasugá	15
Figura 4. Ejemplo de vivienda en la zona.....	16
Figura 5. Mapa y límites de la Vereda Sardinas	17
Figura 6. Mapa de Precipitación del Municipio de Fusagasugá.....	17
Figura 7. Mapa de Temperatura de Fusagasugá	18
Figura 8. Triangulación Estaciones Meteorológicas de la Zona y Ubicación.....	20
Figura 9. Valores Totales de Precipitación Mensual	22
Figura 10. Valores de Precipitación Total Mensual.....	22
Figura 11. Valores de Precipitación Total Mensual.....	23
Figura 12. Precipitación promedio usada para el balance hídrico	25
Figura 13. Temperatura promedio usada para el balance hídrico.....	26
Figura 14. Grafica balance hídrico en comparativa PP-ETP	27

Figura 15. Vista simplificada de una estructura de captación y almacenamiento de agua.....	29
Figura 16. Detalle de conducción, filtrado y almacenamiento del agua lluvia	30
Figura 17. Vista del tanque de almacenamiento a nivel del suelo	30
Figura 18. Modelo praxeológico.....	37
Figura 19. Cubierta Termo acústica.....	38
Figura 20. Canal Raingo® de PAVCO.....	39
Figura 21. Concepto de receptor de primeras aguas	40
Figura 22. Antracita para filtro artesanal	41
Figura 23. Filtro de sedimentos.....	42
Figura 24. Almacenamiento del sistema compacto de tratamiento.....	43
Figura 25. Tubería en PVC para Red de distribución.....	44
Figura 26. Concepto básico de planta de tratamiento compacta	48
Figura 27. Sistema de captación de agua lluvia	48
Figura 28. Sistema de tamizado para partículas gruesas.....	49
Figura 29. Recolector de Primeras aguas.....	50
Figura 30. Filtro de carbón activado	50
Figura 31. Filtro de sedimentos.....	51
Figura 32. Filtro de tres estratos Arena, Grava y Antracita	51
Figura 33. Sistema de conducción de agua tratada	52
Figura 34. Llegada del sistema de agua tratada a la cocina de la vivienda	52
Figura 35. Precipitación total de los días del mes en Vereda Sardinas	66
Figura 36. Gráfico de temperatura Vereda Sardinas.....	67

Figura 37. Humedad Relativa	69
Figura 38. Brillo Solar	70
Figura 39. Valores de Radiación Solar	72
Figura 40. Punto de Rocío	73
Figura 41. Estudio de las Características Fisco-químicas y microbiológicas del agua lluvia en la Vereda sardinas.....	74
Figura 42. Cronograma de actividades	75
Figura 43. Cotización entregada por la empresa privada.....	79
Tabla 1 Balance hídrico Vereda Sardinas, Fusagasugá. Año 2017.....	24
Tabla 2 Precipitación promedio (mm)	24
Tabla 3 Temperatura promedio (°C).....	25
Tabla 4 Balance hídrico PP-ETP	26
Tabla 5 Normatividad Colombiana.....	36
Tabla 6 Desarrollo de las variables descritas con sus indicadores.....	45
Tabla 7 Estudios de Laboratorio	53
Tabla 8 Comparativa de costos de planta de tratamiento	57
Tabla 9. Comparativa de Planta Artesanal vs Plantas del Mercado Colombiano.....	57
Tabla 10 Numero de.....	65
Tabla 11 Valores medios de Temperatura (°C)	67
Tabla 12 valores de humedad relativa, datos históricos	68
Tabla 13 Brillo Solar, datos históricos.....	70
Tabla 14 Radiación Solar Mensual, datos históricos	71

Tabla 15 Punto de Rocío, datos históricos.....	73
Tabla 16 Presupuesto y Cantidades de obra.....	76

Resumen

Este estudio se centra en el diseño de un sistema de captación de agua lluvia, por medio del diseño de una planta compacta, con el fin de mitigar el problema de desabastecimiento de agua potable en la zona rural del municipio de Fusagasugá Cundinamarca, más específicamente al suroccidente, en la vereda Sardinas. Para su desarrollo, se siguieron los pasos y supuestos de las líneas de investigación del programa de Ingeniería Civil y la estructura del modelo praxeológico en la que al ver correspondió a la observación de la situación problemática con el desabastecimiento de agua en las comunidades participantes; el juzgar al análisis sobre las necesidades y posibilidades de los hogares de las veredas, en cuanto a consecución de materiales y recursos humanos; el actuar en la elaboración de los diseños de los sistemas de captación; y la devolución creativa a la elaboración, socialización y entrega del diseño básico para la comunidad. Como resultados significativos, se alcanzó la elaboración de un modelo de captación de agua lluvia de manera artesanal con un estándar de calidad óptimo, además de económico y ajustado a las necesidades de las comunidades participantes.

Palabras Claves

Balance, estación, precipitación, captación, temperatura, filtro.

Abstract

This study focuses on the design of a rainwater catchment system, through the design of a compact plant, in order to mitigate the problem of shortage of drinking water in the rural area of Fusagasuga – Cundinamarca, more specifically in the Sardinias village. For its development, the steps and assumptions of the research lines of the Civil Engineering program and the structure of the praxeological model were followed, in which the observation corresponded to the evidence of the problematic situation with the shortage of water in the participating communities; to judge the analysis about the needs and possibilities in the homes of the villages, in terms of procurement of materials and human resources; acting in the development of the designs of the catchment system; and the creative return to the elaboration, socialization and the delivery of the basic design to the community. As significant results, the development of a rainwater catchment model with high quality standards was achieved. Besides being economic and adjusted to the needs of the participating communities.

Keywords

Balance, station, precipitation, catchment, temperature, filter.

Introducción

El proceso que conlleva a este proyecto de investigación, parte de la comprensión de que el agua es un líquido vital que se encuentra en riesgo, debido a la falta de conciencia y estructuración cultural para su cuidado y manejo responsable. Este hecho, sumado a múltiples factores que inciden negativamente en su protección, han llevado a que las comunidades sufran cada vez más desabastecimientos de agua potable y que se estén reduciendo las fuentes hídricas de manera dramática.

El estudio se ubica en la vereda Sardinas del municipio de Fusagasugá, Cundinamarca, donde a pesar de contar con una riqueza hídrica importante por su cercanía con cuencas hidrográficas surtidas desde el Páramo de Sumapaz, se sufre por la escasez de agua, donde el problema se ha agudizado, llevándolos a realizar la compra de agua potable en bolsa y en botellones generándoles gastos adicionales; además de las dificultades para adelantar sus labores cotidianas en el hogar y en la dinámica laboral de su trabajo en el campo.

Frente a esta problemática, los ingenieros civiles en formación propusieron el diseño de un sistema de captación de agua lluvia, entendiendo el potencial de las precipitaciones presentadas en los ciclos del agua del municipio y las capacidades propias de ingeniería creando un diseño de un sistema que permita el abastecimiento de agua de buena calidad durante todo el año y desde allí mejorar la calidad de vida de la zona rural.

El proceso de análisis y comprensiones adelantadas con la comunidad y desde las competencias de los ingenieros civiles en formación, es presentado a continuación como una propuesta para el mejoramiento de las condiciones de vida de estas comunidades, ofreciendo beneficios que van desde lo funcional de sus sistemas, la posibilidad de participar activamente en la construcción del sistema en sus viviendas, la integración con tecnologías que conllevan

modernización y el mejoramiento de la economía implicado en el proceso de diseño que se propone.

Planteamiento del Problema

El presente ejercicio investigativo está centrado en el análisis de la situación actual de los habitantes de la Vereda Sardinias, ubicada en el municipio de Fusagasugá; los cuales pasan por la necesidad de agua potable, pues las empresas prestadoras del servicio que suministran más del 80% de la ciudad de Fusagasugá, no han podido llegar a estas zonas rurales, afectando a cientos de familias que pasan la necesidad de obtener agua con características óptimas para su consumo humano. Dada la necesidad, los estudiantes de la Universidad Minuto de Dios sugieren un diseño de una planta compacta, para mitigar el problema de desabastecimiento del preciado líquido en la vereda Sardinias ubicada al suroccidente del municipio.

Este interés nace de la observación activa por parte de los ingenieros en formación del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Minuto de Dios Centro Regional Girardot, dentro del contexto de esta vereda, observando un problema complejo para contar con el agua suficiente para las labores domésticas y las actividades económicas del sector, hecho que está afectando de manera significativa la calidad de vida de los habitantes y está generando problemáticas sociales poco deseables para el municipio y el departamento.

Inicialmente, se analiza que el problema del manejo de aguas y la conservación y preservación de fuentes hídricas, es un tema de interés global y está definido como uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, mencionando que el agua es el elemento más importante para la garantía de la vida en las comunidades y que como líquido vital, es deber de las comunidades proveer las condiciones para que se dé un buen manejo; y de los Estados garantizar su protección.

Señala la Organización Mundial de la Salud y la UNICEF, que los principales retos de la preservación de este líquido vital son que a la actualidad “2,1 billones de personas carecen de

acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura” (OMS, UNICEF, 2017); “4,5 billones de personas carecen de servicios de saneamiento gestionados de forma segura” (OMS, UNICEF, 2017); “340000 niños menores de cinco años mueren cada año por enfermedades diarreicas” (OMS, UNICEF, 2017) asociadas con el mal manejo del agua; y que “la escasez ya afecta a cuatro de cada 10 personas en el mundo” (OMS, 2015), cifra a la que no escapa ninguna nación.

Como característica clave, está el hecho de que se ha generado una crisis por los escasos de agua en algunas regiones, debido al crecimiento poblacional excesivo, la contaminación de diferentes orígenes, el cambio climático, entre otros factores, que conllevan a que la demanda le está ganando a la oferta del agua dulce, lo que está generando múltiples problemáticas. Ello sumado a la mala utilización de este recurso hídrico, con la generación de contaminación a fuentes hídricas de mano de la industria y los sistemas de acueducto y alcantarillado ineficientes, que, en casos como el colombiano, evidencian carencias en los sistemas de tratamiento de agua residual (PTAR) en la mayoría de ciudades y municipios.

El caso colombiano es bastante particular, por una parte, se podría pensar que el sistema de páramos y la gran cantidad de fuentes hídricas con las que cuentan la mayoría de las regiones aseguraría el flujo constante de agua en todo el país; y que, al contrario de muchos países de Latinoamérica, Colombia se posiciona como uno de los países de gran riqueza hídrica. Por otra parte, está la realidad que muestra los escasos de este líquido en por lo menos el 72% del país, agudizada en áreas rurales y apartadas, donde los sistemas de tratamiento son aún precarios y el aprovechamiento de las fuentes de agua es frágil.

Se suma al problema colombiano del impacto negativo de la industria a nivel general, pues se evidencia una cultura pobre en el cuidado de las fuentes hídricas y una contaminación

incontrolable de ríos y mares. Su impacto ha llevado a la desaparición de riachuelos y quebradas; al desabastecimiento en las grandes y medianas ciudades; así como el incremento acelerado de los costos de tratamiento del agua potable, que han encarecido el costo de vida de los colombianos. Ello gracias a la débil legislación que se tiene a nivel nacional, regional y local sobre el cuidado del agua y el incremento de actividades que impactan negativamente el preciado líquido.

Para el caso específico del departamento de Cundinamarca, se puede apreciar que es una región con amplias ventajas de agua y con fuentes hídricas suficientes para la población que le habita; sin embargo la realidad muestra que “tiene problemas para garantizar el agua en por lo menos cinco de sus más importantes municipios, como son, Facatativá, La Mesa, Tocaima, Villeta y Fusagasugá” (Rey, 2016). Sin dejar de lado que el abastecimiento no alcanza un estándar alto en otros 34 municipios, considerados en mediano riesgo de racionamiento de manera frecuente, especialmente en tiempos de sequía.

En el evento especial del municipio de Fusagasugá, las afectaciones del fenómeno del niño han tenido al borde del colapso al sistema de aguas, por lo menos los últimos 5 años. El municipio ha vivido constantes cortes y problemas de racionamiento que han ido desde horas hasta días enteros, con una predicción poco positiva para el futuro, teniendo en cuenta los bajos niveles de los ríos que le abastecen y la intensificación de la ola de calor que se ve venir año tras año con el fenómeno del niño y las nuevas tendencias de crecimiento de sus habitantes.

Para el municipio, desde hace varios años se viene hablando de la necesidad de construir un embalse o un sistema de estructuras especiales; apoyados en el hecho de que Fusagasugá se encuentra en la zona de influencia del Páramo de Sumapaz, considerado una de las fuentes de agua más grandes de América. Para ello se han presentado diversos proyectos e iniciativas que a

la fecha no se han materializado y de las que no existe un apoyo gubernamental que permita jalonar los recursos que se requieren.

Se destaca además que el municipio cuenta con una cuenca conformada por los ríos Chocho, Panches, Cuja, Batán y Guavio con sus respectivos afluentes, que conforman las fuentes básicas de abastecimiento de agua, parte central de la misma cuenca. Para destacar además que las aguas subterráneas (nivel freático) en la zona, se encuentran a profundidades mayores de veinte metros, con excepción de algunas zonas en donde están entre 1,5 y 2 m. Esto lo muestra como un contexto de buen potencial, pero que no se ha administrado en forma correcta.

La realidad muestra que el municipio tiene grandes problemas para garantizar el suministro, especialmente en temporadas de sequía; se cuenta dentro de sus proyectos la construcción de pozos profundos que ayudaran a superar emergencias y la construcción de una serie de tanques especiales de almacenamiento por todo el municipio. Pero estos dos proyectos no han avanzado en los últimos dos gobiernos y ya está en el imaginario de los habitantes el desarrollo de prácticas como el auto almacenamiento, consumo de aguas directamente de las fuentes hídricas con un mínimo de tratamiento, adelantado con poca tecnificación y la migración a otros municipios cercanos.

Dentro de este panorama, la situación de la zona rural es aún peor, en el contexto donde se ha focalizado este estudio, vereda Sardinas, el desabastecimiento es total y requieren de otros medios para obtener el preciado líquido, sea por excavación de pozos o agua proveniente de manantiales, las cuales no lleva un control de calidad. Esto ha llevado a una serie problemática de salud que se agudiza con la llegada de los tiempos de mayores escases. En la vereda Sardinas, los racionamientos son muy frecuentes y algunos de ellos han llevado semanas en restaurarse, generando una problemática en cuanto a la disponibilidad del agua.

Frente a esta realidad, los ingenieros en formación proponen el diseño de un sistema de captación de agua lluvia, por medio de una planta compacta que filtre y almacene una cantidad significativa de líquido para estas épocas del año y que permita mejorar las condiciones de la vida cotidiana.

Justificación

Para justificar la importancia de este proyecto, se hace necesario tener en cuenta que cuando se habla de agua, se refiere al líquido vital que es el núcleo de la supervivencia en los seres humanos, pues de esto depende la generación de alimentos, energía y ecosistemas generadores de aire puro que permitan seguir respirando oxígeno en medio de la contaminación del mundo actual.

En los objetivos de desarrollo sostenible del programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, tomamos el “objetivo 6: agua limpia y saneamiento” (PNUD, 2016), el cual nos soporta nuestro trabajo de grado, allí nos hablan que se debe garantizar el agua potable e infraestructuras sanitarias adecuadas que conlleven a buenas prácticas de higiene, para enfrentar esta problemática es fundamental tomar medidas de protección en cuanto a la preservación de ríos, quebradas, lagos, agua subterránea, glaciares o cualquier fuente hídrica que nos genere abastecimiento de agua y que nos mitigue la escasez.

En este sentido, se entiende que la población mundial cada día siente más los efectos del cambio climático y se ve afectada en su salud a raíz de enfermedades de salud pública por motivos de abastecimiento de agua o su poco acceso a lugares recónditos de la geografía mundial. Es por eso que la población se debe de ver en la obligación de estar comprometida con la implementación de nuevas ideas en beneficio de todos para disminuir los escasos de agua y el aprovechamiento de sistemas que permitan abastecer en gran medida el consumo en sus diferentes usos.

Se entiende además que de esta forma se ayudaría en gran parte la reducción de las enfermedades, producción en la agricultura y lo más importante abastecimiento de agua en épocas de sequía donde se convierte en una verdadera necesidad. En el contexto colombiano el

caso del agua es muy delicado, el desabastecimiento ha venido creciendo en los últimos años y es por esto la importancia de implementar nuevas ideas, nuevas formas de ayudar el medio ambiente, protegiendo el agua y sus ecosistemas, fomentando una cultura de cuidado y protección desde la educación y el uso responsable por parte de la industria y las comunidades.

Es así que este ejercicio tiene aportes en dos direcciones, la primera enfocada en la generación de un proyecto de ingeniería que genere una mejor calidad de vida en la Vereda Sardinas de Fusagasugá; y por el otro, en la reflexión y el análisis de la problemática del agua, entendiéndolo como un tema sensible de interés por parte de los ingenieros y de toda la comunidad académica. De allí que se valide su pertinencia en lo técnico y en el desarrollo praxeológico propuesto por la institución.

Objetivos

Objetivo general

- Diseñar un sistema de captación de agua lluvia por medio de una planta compacta, para el sector rural de la vereda Sardinias del municipio de Fusagasugá Cundinamarca.

Objetivos específicos

- Ejecutar un diagnóstico ambiental y técnico para garantizar que las condiciones de la zona de estudio tienen viabilidad para la presentación de la propuesta.
- Realizar un presupuesto para determinar el valor de inversión dado el caso de la implementación del sistema compacto de tratamiento de agua lluvia.
- Determinar mediante análisis de laboratorio las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua frente a la normatividad legal vigente.
- Determinar mediante la elaboración de un balance hídrico los promedios de precipitación diario, mensual y anual que se generan en la zona.

Marco Referencial

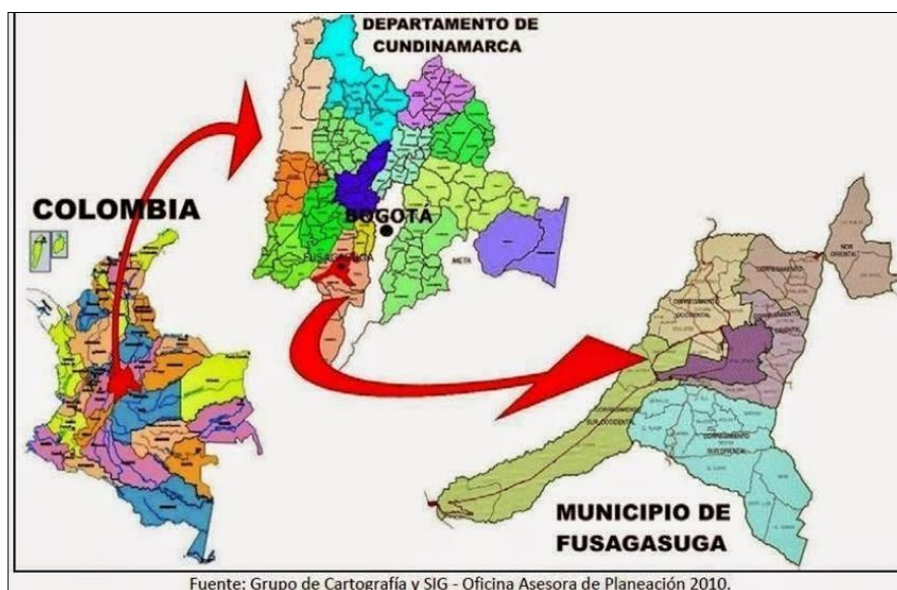
Marco contextual

Como se ha mencionado, el presente estudio tiene como contexto el municipio de Fusagasugá, fundado el 7 de mayo de 1776, ubicado en el centro de Cundinamarca y reconocido como la “Ciudad Jardín de Colombia”. Dentro de los 116 municipios del Departamento, es uno de los 5 más grandes, al punto que es la capital de la Provincia del Sumapaz. Se muestra como un centro regional de comercios y servicios ubicado estratégicamente a una hora de la capital del país.

En sus inicios fue un cruce de caminos debido a que se ubica en uno de los pocos lugares planos del Altiplano Cundiboyacense. Tiene vestigios del asentamiento y paso de muchas culturas indígenas Muiscas, Panches y Pijaos. Se identifica en su historia ancestral, la presencia de los Sutagaos o hijos del sol, una mezcla de diferentes culturas de origen y tradición de la familia Chibcha. De estas tradiciones indígenas se ha encontrado vestigios en la Vereda Sardinias, contexto específico de este estudio.

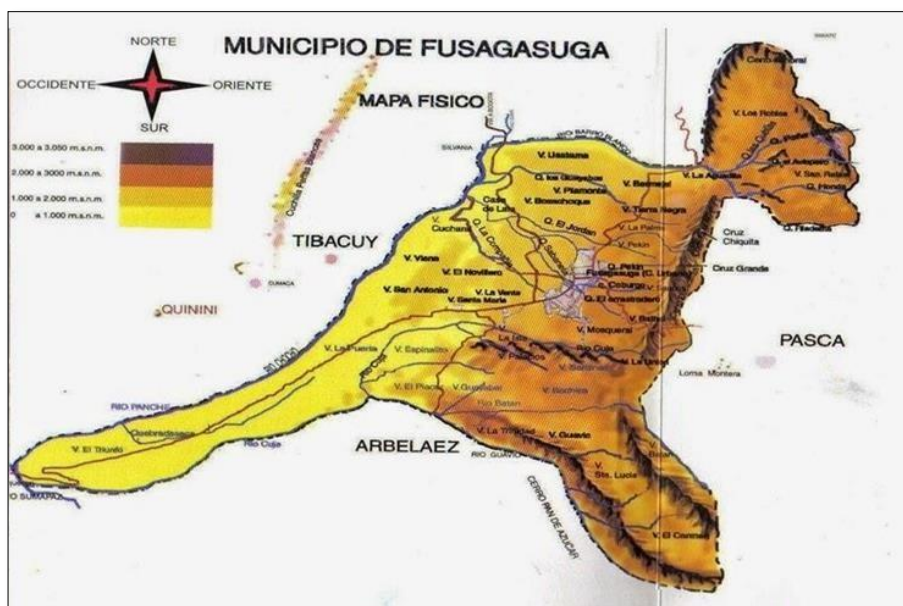
De acuerdo con el libro de Historia y Geografía de Fusagasugá (Lanza, 2003), el contexto de desarrollo del proyecto, municipio de Fusagasugá y sus veredas, se encuentran en las riberas de los ríos Cuja y Chocho, con alturas que van desde los 500 hasta los 1250 metros sobre el nivel del mar. Se cuenta con una zona de terraza natural, rodeada por pequeños cerros, entre los que se destaca el Minoral y los Altos de San Miguel, Alto de la Cruz y Alto de Los Robles, con alturas que van de los 2.300 a 2.500 metros sobre nivel del mar, aproximadamente. A continuación, se presenta la información cartográfica básica y la división política del municipio.

Figura 1. Mapa Político de Colombia, Cundinamarca y Fusagasugá



Fuente: Grupo de Cartografía y SIG – Oficina Asesora de Planeación

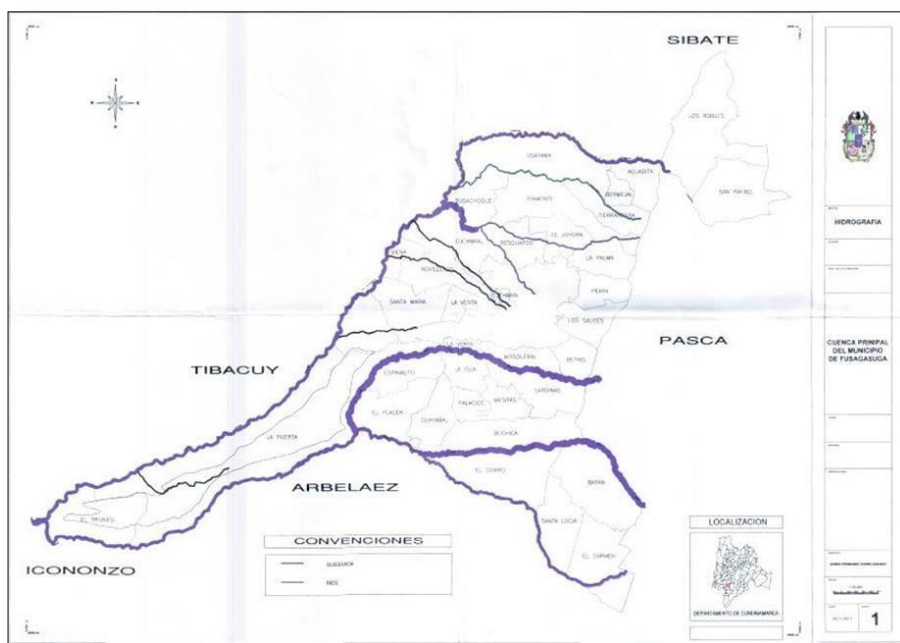
Figura 2 Mapa del Relieve de la Ciudad de Fusagasugá



Fuente: (fusagasuga, 2015)

De los sistemas montañosos más importantes de esta región encontramos el cerro Fusacatan, el cual está ubicado en la zona oriental del municipio. Este es el principal causante de ejercer un cambio climatológico en la ciudad y además es un proveedor de diversas fuentes hídricas. La ciudad está construida en su base, permitiendo esto a la población de la región disfrutar de un agradable clima día a día. En su altitud, Fusagasugá llega a más de 2700 m.s.n.m. La zona motivo de este estudio se encuentra en la parte sur de Fusacatan, en sus cercanos límites con Pasca, conocido como Alaska siendo esta parte cercana a la Vereda Sardinas.

Figura 3. Mapa Hídrico de Fusagasugá



Fuente: Alcaldía Municipal de Fusagasugá, Cundinamarca

El contexto de la vereda Sardinas; esta se encuentra moderadamente alejada al casco urbano de la ciudad, sin embargo, la mayoría de sus viviendas se encuentran en las faldas de los cerros y sobre la terraza, lo que hace que se dificulte el tratamiento y traslado de aguas. Del mismo modo, se destaca que se trata de una población de cerca de 800 habitantes, dedicados a

actividades agrícolas tradicionales y en una minoría a la ganadería. En consideración a sus características se define como zona rural.

Muchas de sus viviendas son construcciones antiguas de diversos materiales, aunque ya casi en su totalidad reforzadas con concreto. Cuentan en su mayoría con servicio de energía eléctrica y unas vías de acceso en regular estado.

Figura 4. Ejemplo de vivienda en la zona



Fuente: (Google maps, 2018)

La vereda cuenta con una escuela y un puesto de salud para atención básica, colinda con cultivos de flores, muy propios de la economía de la región y cuentan con un clima muy favorable, que además le hace un sitio muy agradable para los amantes del turismo y el ecoturismo. Esta en su cercanía con el casco urbano de la ciudad y limita con otros corregimientos, que en su totalidad presentan la misma problemática en la zona.

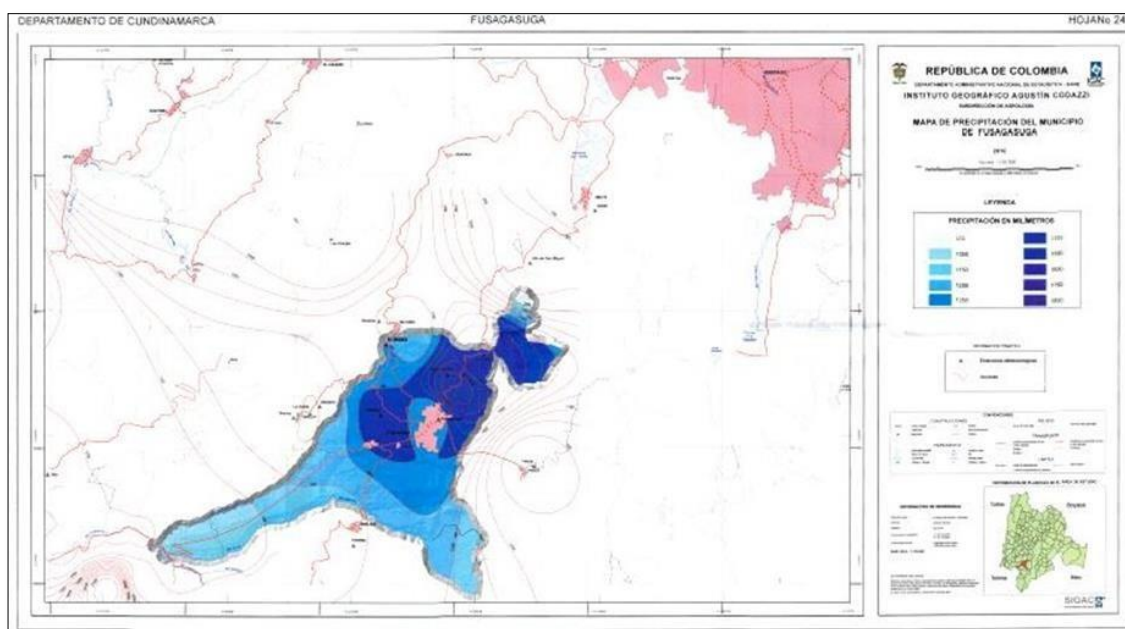
Figura 5. Mapa y límites de la Vereda Sardinias



Fuente: Alcaldía Municipal de Fusagasugá

En cuanto al tema de las precipitaciones, el municipio cuenta con una buena época de lluvias, centrada especialmente en los meses de abril, mayo, octubre y noviembre, con unas precipitaciones favorables para el proyecto, como lo muestra las siguientes ilustraciones.

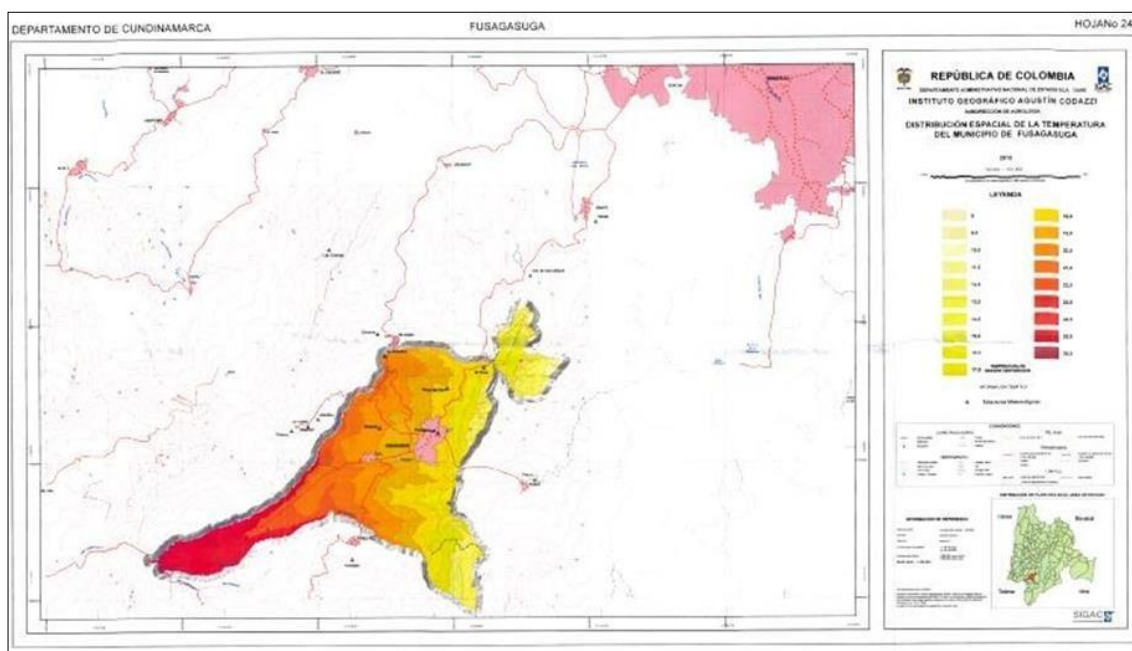
Figura 6. Mapa de Precipitación del Municipio de Fusagasugá



Fuente: Instituto Colombiano de Cartografía Agustín Codazzi

En relación con los aspectos climatológicos, el municipio presenta un clima preferentemente templado, las temperaturas oscilan entre los 12 y los 24 °C durante el año. Se destaca que en los últimos cinco años la temperatura se ha incrementado en forma significativa; efectos del cambio climático y el fenómeno del niño, han llevado a que se presenten temperaturas esporádicas superiores a los 30 y climas nocturnos por debajo de los 10 °C, especialmente en las zonas rurales.

Figura 7. Mapa de Temperatura de Fusagasugá



Fuente: Instituto Colombiano de Cartografía Agustín Codazzi

El municipio cuenta con una estación climatológica que tiene la función de realizar observaciones de visibilidad, tiempo atmosférico presente, cantidad, tipo y altura de las nubes, estado del suelo, precipitación, temperatura del aire, humedad, viento, radiación solar, brillo solar, evaporación y fenómenos especiales (IDEAM, 2018).

Estaciones meteorológicas de la región

La estación climatológica resulta un aliado importante para el proceso de comprensión de los fenómenos hidrometeorológicos y la toma de decisiones sobre el manejo de planes de riesgo, tratamiento de aguas, activación de planes de contingencia, emergencia y prevención. Este tipo de estaciones están dotadas de tecnología para hacer pluviometría, pluviografía, climatología principal y ordinaria, así como estudios sinópticos y agrometeorología. Razón por la que entregan información confiable y concreta para la toma de decisiones en diferentes áreas, entre ellas de manera especial en temas de hidrografía. A continuación, se presenta la información recolectada sobre el contexto desde la estación climatológica sobre las condiciones en las que se realiza el modelo de sistema.

Las estaciones que fueron utilizadas para realizar el siguiente estudio llamado balance hídrico, fueron:

- Estación Universidad de Fusagasugá
- Estación Batán
- Estación Hacienda la mesa

Balance Hídrico

El Balance Hídrico en hidrología se basa en la aplicación del principio de conservación de masas de agua (también se conoce como ecuación de la continuidad). Este método de medición analiza la entrada y salida de agua de un espacio territorial a lo largo del tiempo (aquabook, 2016). El balance hídrico es tomado como una medición de la cantidad de agua lluvia, conocida como precipitación, “se reparte entre el proceso de evapotranspiración, escorrentía e infiltración” (García Coll, Martínez Otero, & Vidriales Chan, 2003, pág. 9). Generalmente se puede determinar que el balance hídrico toma como base el agua que cae por

precipitación y posteriormente vuelve a la atmosfera por transpiración o evaporación; por escorrentía en la superficie, con destino a zonas de drenajes, en los cuales son conducidos nuevamente a cuencas o ríos cercanos.

La realización del balance hídrico pertinente a la Vereda Sardinas fue la recolección de varios datos e histogramas de precipitación y temperatura promedio de la ciudad de Fusagasugá con la ayuda de estaciones meteorológicas, especializadas en la obtención de datos significativos aprovechables para este tipo de estudio.

Los datos obtenidos en cada una de estas estaciones fueron base esencial para el desarrollo del balance hídrico y fueron utilizados usando un método de triangulación, con el fin de determinar un valor promedio de resultados importantes referente a estas tres estaciones en cercanía con la Vereda Sardinas; para esto se usó un análisis estadístico de media aritmética referente a los datos de precipitación mensuales totales y temperatura promedio del año 2017.

La localización de las estaciones es un punto clave para poder hacer un mejor reconocimiento de la zona y poder posicionar la Vereda Sardinas como objeto de estudio.

Figura 8. Triangulación Estaciones Meteorológicas de la Zona y Ubicación



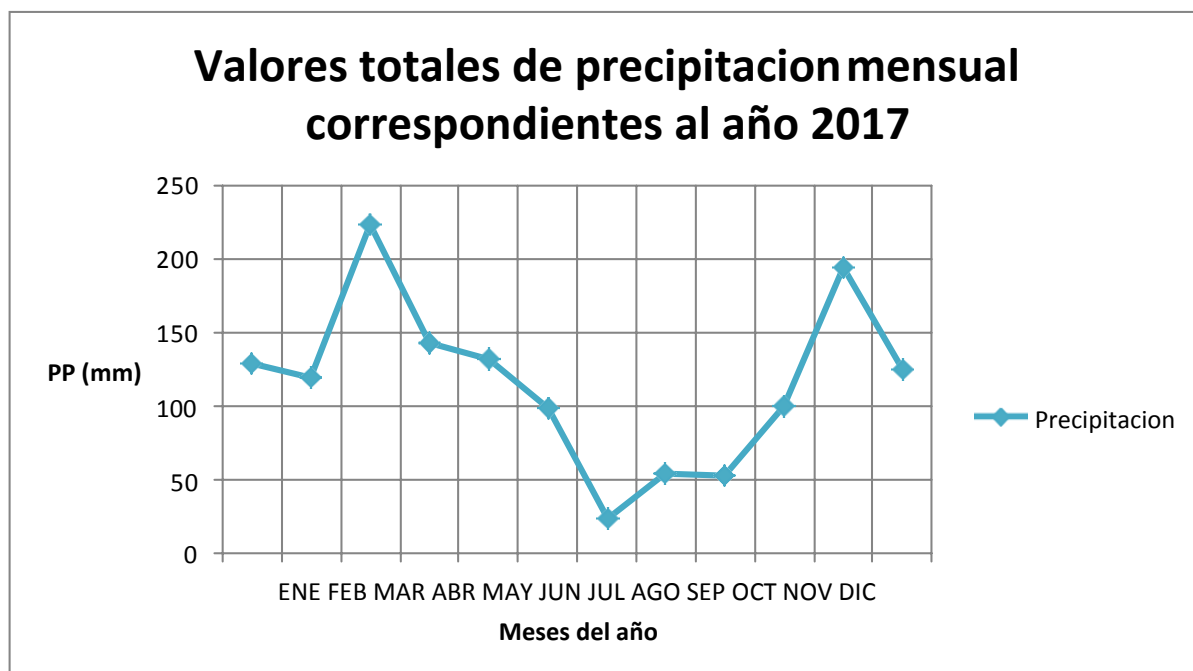
Fuente: (Google maps, 2018)

Los valores tomados por estas estaciones pueden brindar la posibilidad de realizar un análisis más detallado y completo para la determinación de la cantidad de agua de ingreso y salida de la Vereda Sardinas, Fusagasugá; con el fin de poder demostrar los valores de precipitación moderados presentes en la zona, favoreciendo el diseño de captación de agua lluvia y optimizando el rendimiento y propósito del mismo.

Como es un proyecto basado en la cantidad de lluvia, y dependiente de las precipitaciones, esta basado en el uso doméstico único en la zona de la cocina, con el fin de utilizarse en épocas de escasez o de sequía, para el lavado de alimentos y preparación de los mismos, pues la capacidad de los tanques no es la suficiente para el uso en toda la edificación. De ser así, deberá implementarse un sistema de mayor capacidad, con el fin de abastecer todos los puntos hidráulicos de la vivienda, además de un sistema de bombeo que garantice un buen caudal en todas las instalaciones hidráulicas, con el fin de suplir de forma óptima con la necesidad.

A continuación, se muestra los valores graficados correspondiente a los datos obtenidos de cada estación respectivamente. En los anexos serán ubicadas las tablas que muestran los análisis mensuales por año desde que fue instalada cada estación climatológica y su ubicación exacta.

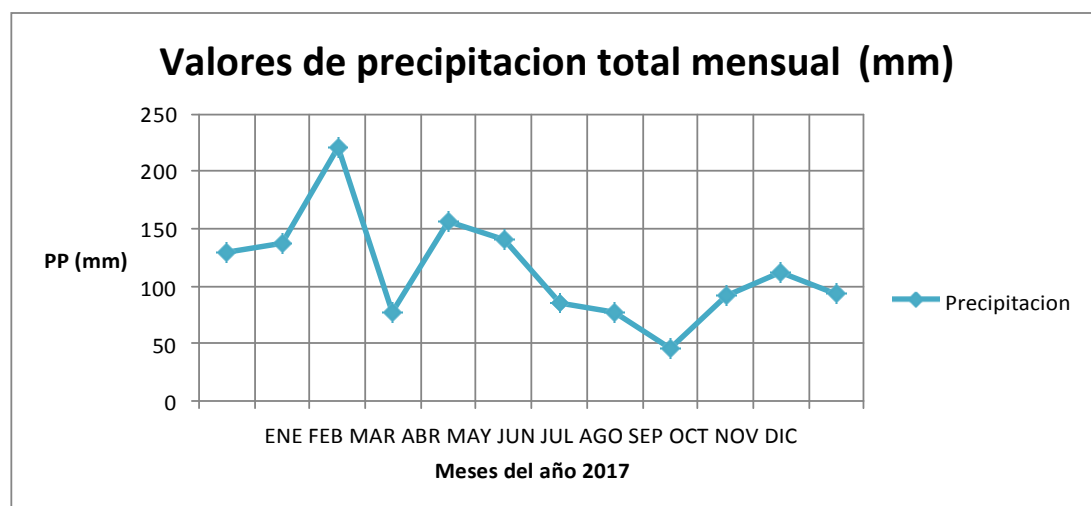
Figura 9. Valores Totales de Precipitación Mensual



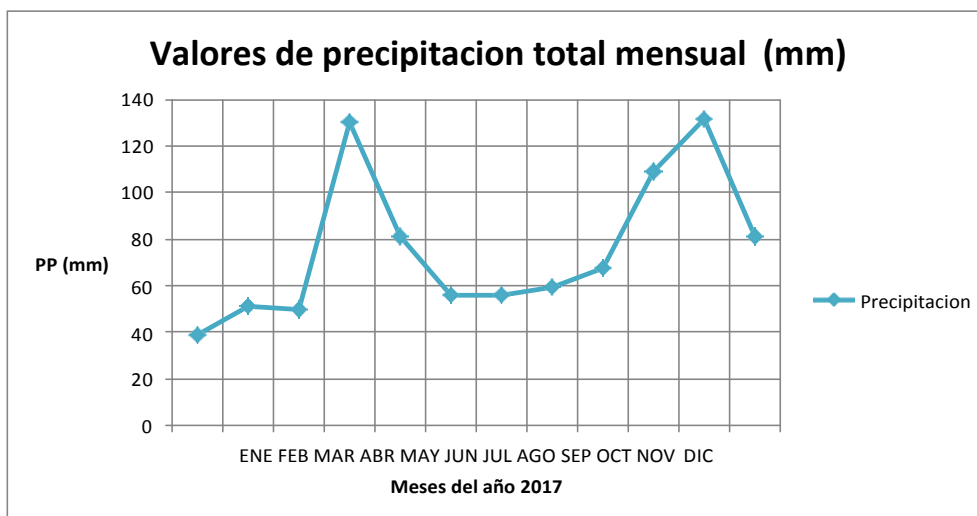
Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Estación Meteorológica Batán.

Figura 10. Valores de Precipitación Total Mensual



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Estación meteorológica Hacienda la Mesa.*Figura 11.* Valores de Precipitación Total Mensual

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Tabla 1
Balance hídrico Vereda Sardinias, Fusagasugá. Año 2017

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMP	18,50	20,5	20	19	19,5	19,1	19,3	19,8	20,2	19,2	19	19,3
PP	128,9	118,6	223	142,5	131,1	98,8	22,9	54	52,1	99,2	194,3	125,5
ETP	92,59	92,67	100,10	92,03	97,60	92,51	96,60	99,10	97,84	96,10	92,03	96,60
CAMBIO ALM	0	0	0	0	0	0	-73,70	26,3	0	3,1	96,9	0
ALMACÉN	100	100	100	100	100	100	26,30	0	0	3,1	100	100
ETR	92,59	92,67	100,10	92,03	97,60	92,51	96,60	54	52,1	96,10	92,03	96,60
DÉFICIT	0	0	0	0	0	0	0	-45,10	-45,74	0	0	0
ESCORRENTÍA	36,31	25,93	122,9	50,47	33,5	6,29	0	0	0	0	2,27	28,9
DÍAS DEL MES	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
ALM FUE 0	36,31	62,23	100									
ALM FUE 100	100	100	100									
PP-ETP	36,31	25,93	122,90	50,47	33,50	6,29	-73,70	-45,10	-45,74	3,10	102,27	28,90

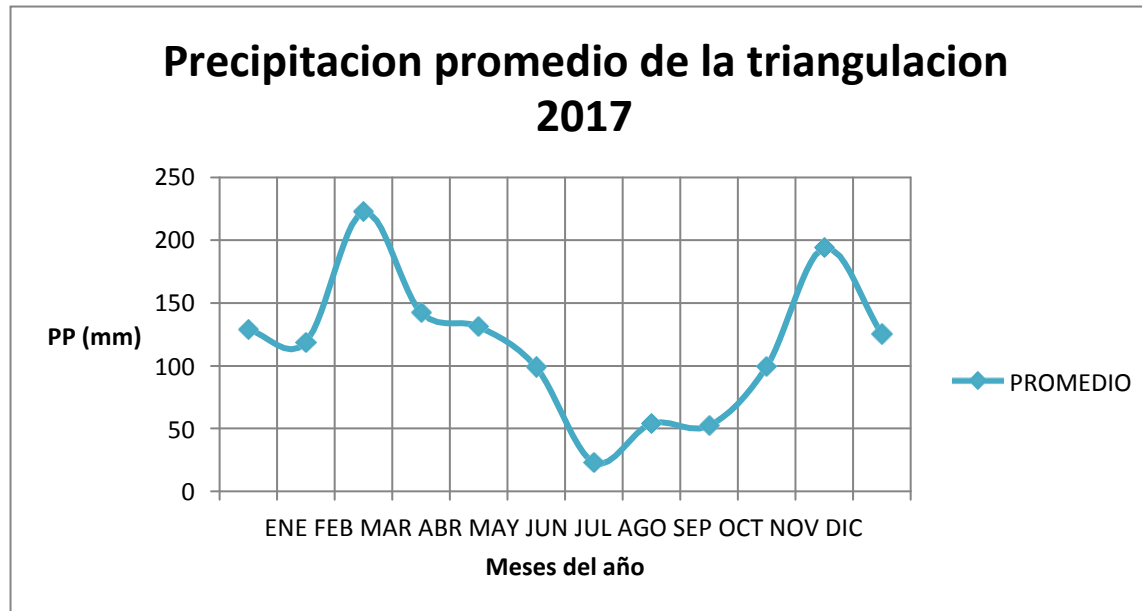
Notas: Elaboración propia con base en datos suministrados por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Tabla 2
Precipitación promedio (mm)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
128,9	118,6	223,0	142,5	131,1	98,8	22,9	54,0	52,1	99,2	194,3	125,5

Nota: Elaboración propia con base en datos suministrados por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Figura 12. Precipitación promedio usada para el balance hídrico



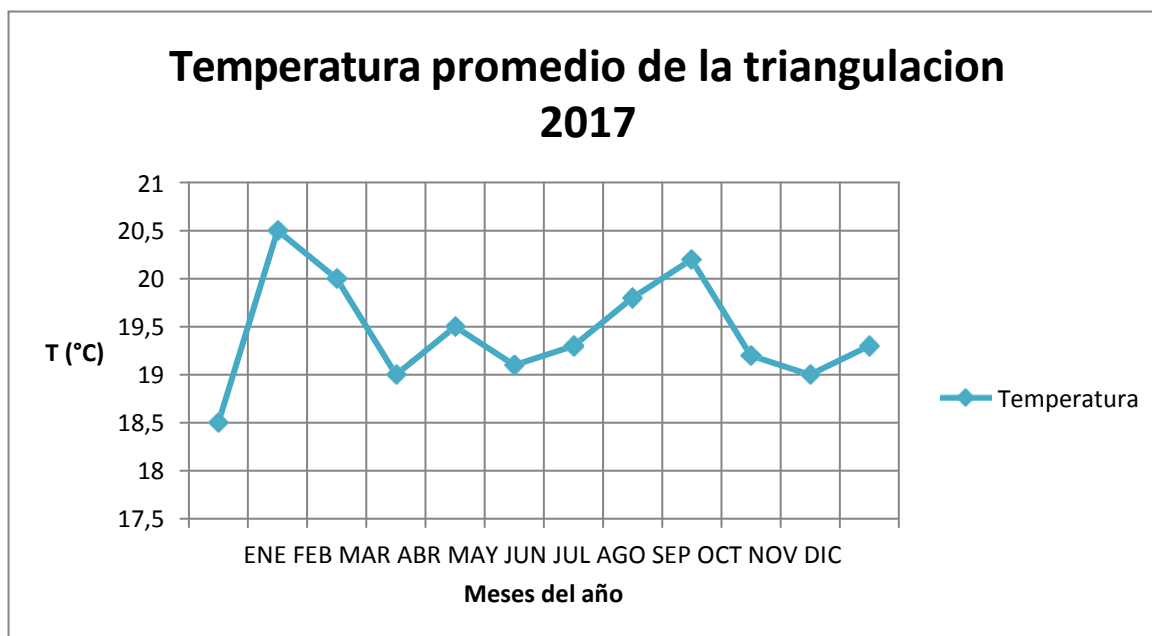
Fuente: Autores

Tabla 3
Temperatura promedio (°C)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
18,5	20,5	20	19	19,5	19,1	19,3	19,8	20,2	19,2	19	19,3

Nota: Elaboración propia con base en datos suministrados por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Figura 13. Temperatura promedio usada para el balance hídrico



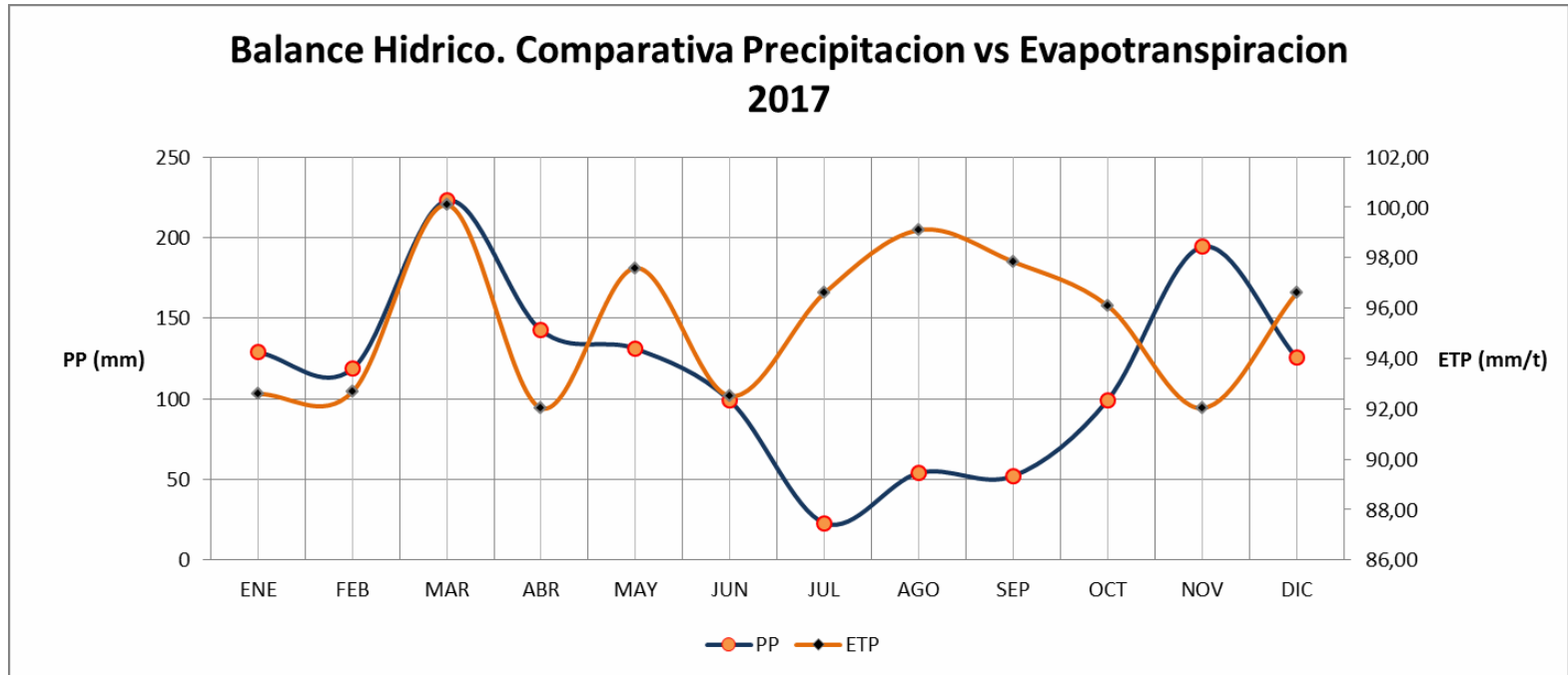
Fuente: Autores

Tabla 4
Balance hídrico PP-ETP

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PP	128,90	118,60	223,00	142,50	131,10	98,80	22,90	54,00	52,10	99,20	194,30	125,50
ETP	92,59	92,67	100,10	92,03	97,60	92,51	96,60	99,10	97,84	96,10	92,03	96,60

Nota: Elaboración propia con base en datos suministrados por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Figura 14. Grafica balance hídrico en comparativa PP-ETP



Fuente: Autores

Marco Teórico

Anteriormente el almacenamiento de aguas lluvias no fue un tema de importancia. El sistema de recolección de aguas lluvia no era diseñado ni construido con el fin de obtener un almacenamiento auxiliar o de aprovechamiento; no estaba en los planes si quiera de su potabilización. Actualmente se piensa con un concepto de viviendas autosustentables, capaces de generar sus propios medios de sostenibilidad y que contengan alternativas de reutilización del recurso tanpreciado como lo es el agua. A medida que pasan las generaciones se ofrecen distintos sistemas que puedan ser aprovechados para la reutilización de recursos, como lo es en este caso, el agua.

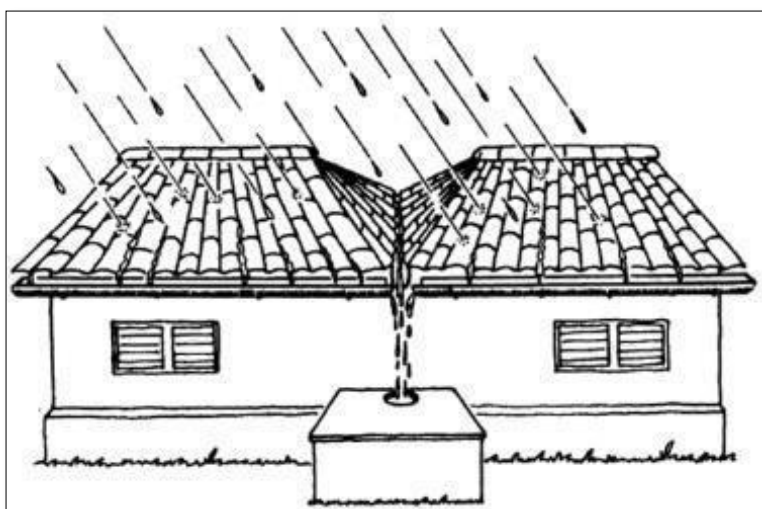
Para el desarrollo de este proyecto, se plantea la realización de un sistema de captación de agua lluvia, definido por Radulovich, como una tecnología de estructura orientada a hacer disponible agua de uso doméstico, aprovechando las precipitaciones y generando impactos amigables con el ambiente (Radulovich, 1994). El autor presenta en su obra, múltiples beneficios de este sistema en los hogares rurales, en donde se muestra una necesidad imperiosa de auto sostener elpreciado líquido, además de procurar que el almacenamiento se de en las mejores condiciones de higiene y seguridad.

El documento citado plantea un proceso de recolección de agua por techos, para su posterior almacenamiento, para ello propone en diseño de canaletes y un entubamiento que permita un manejo óptimo del líquido. Propone para este diseño un almacenamiento en tanques con unas observaciones especiales para las condiciones de preservación de acuerdo con las condiciones ambientales y el tiempo de duración del agua en el represamiento del sistema. Para este proceso, el autor propone un ejercicio de cálculo del diseño, basado en el dimensionamiento y con variables como las necesidades de consumo de agua en el hogar, las características de la

lluvia, el área de captación y las características ambientales para los materiales del tanque. Finalmente, estudia los costos, usos y beneficios de pilas recolectoras pequeñas y reservorios de concreto.

A manera de ilustración inicial, el autor muestra en la siguiente figura una vista simplificada de una estructura de captación y almacenamiento de agua, sin incluir el entubado del agua de los canaletes hasta el reservorio

Figura 15. *Vista simplificada de una estructura de captación y almacenamiento de agua*

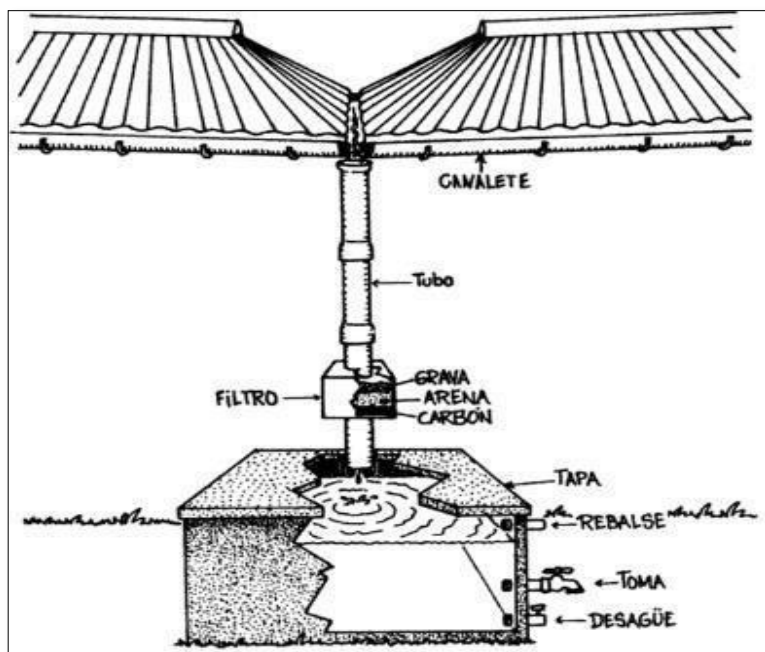


Fuente: (Radulovich, 1994)

Del mismo modo, el autor presenta el detalle de conducción y distribución del agua por tuberías, la cual fue captada por la cubierta; seguidamente ingresa a un filtro de tres estratos compuestos por arena, grava y carbón activado, estos actúan como lechos filtrantes que eliminan las sustancias que alteran las características fisicoquímicas del agua. Después del proceso de filtración, el agua, ya con resultados óptimos, entra en el tanque de almacenamiento para posteriormente dar el uso necesario, como puede ser riego o con un proceso de filtración

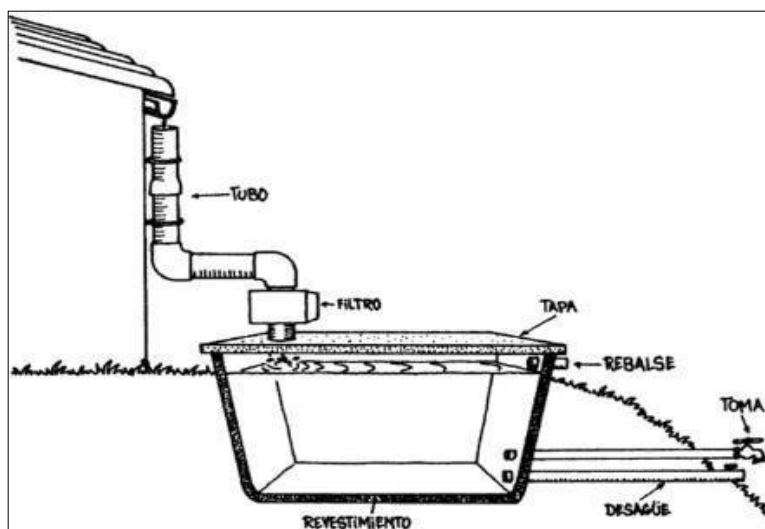
mejorado, para el consumo humano. Este almacenaje se desarrolla con un elemento en concreto semienterrado con tapa y dispositivos de toma y salida del agua del tanque.

Figura 16. Detalle de conducción, filtrado y almacenamiento del agua lluvia



Fuente: (Radulovich, 1994)

Figura 17. Vista del tanque de almacenamiento a nivel del suelo



Fuente: (Radulovich, 1994)

Finalmente, presenta una validación del proceso en la que destaca la reducción de los costos y las diversas oportunidades de manejo de materiales. Así mismo, demuestra que el proceso está ajustado a los requerimientos higiénicos, luego de estudiar posibles riesgos en el almacenamiento y en general en temas de mantenimiento del sistema.

Del mismo modo, se hizo una revisión del documento “Características principales del sistema de captación, abastecimiento, distribución y evacuación de agua de Carthago Nova” (Egea, 2002), del que se destacan aportes importantes sobre el manejo de aguas en diferentes contextos sencillos y complejos, a partir de la implementación de tecnologías diversas para el aseguramiento de sistemas de abastecimiento eficientes y el tratamiento para garantizar la calidad del agua.

El documento señala que los sistemas de captación directa de agua lluvia son una de las formas más básicas de acueducto a nivel histórico universal. La preocupación por el aseguramiento del líquido en los hogares, cubre uno de los principales sitios en las necesidades estructurales de las viviendas y son un pilar en el concepto de calidad en la construcción de edificaciones. Para ello, se hace una definición general de los conceptos de pozo y cisterna.

Del mismo modo, describe el proceso de abastecimiento, destacando de manera especial el tema de la calidad del agua. Se preocupa el autor por el impacto de agentes ambientales en los dispositivos y sistemas; así como en las posibles afectaciones estructurales que se pueden generar a partir de la presencia en el subsuelo de este tipo de sistemas. Para ello, apunta una serie de condiciones técnicas que deben seguirse para garantizar la selección correcta de materiales y la estructuración correcta de acuerdo con las características de la vivienda.

También se referencia el documento “Implementación y caracterización de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia” (Rojas-Valencia, 2012), en el que se presentan

diferentes aportes a las normas técnicas para la construcción de estos sistemas de captación y se generan instrucciones clave para la selección de metodologías de trabajo con agua, los cuales son descritos en el documento como complejos y de suma atención, debido a los múltiples factores que involucra el sistema hidráulico.

Antecedentes

A lo largo de los tiempos se ha venido investigando como implementar sistemas de captación de agua lluvia, tanto de manera industrial como de manera artesanal, y se han diseñado diferentes tipos de sistemas dependiendo la necesidad básica y el uso para el cual se requiere. Algunas de las regiones que más se ven beneficiadas son la Costa Pacífica y Caribe, pues en estas zonas el agua dulce se encuentra en minoría en comparación con el agua salada, que es la que baña en gran cantidad estas zonas.

Es por esto que se han realizado varios estudios al respecto, de tal manera que se beneficien las zonas rurales que tienen difícil acceso al agua dulce; de la misma manera como se benefician las zonas urbanas que en su mayoría cuentan con acueductos o plantas de tratamientos de agua potable (PTAP).

En Colombia, muchas empresas de renombre trabajan en sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias amigables con el medio ambiente fomentando el desarrollo autosustentable de viviendas y edificios mediante el uso de sistemas de captación ya instalados.

Una de estas empresas líderes, realizan el trabajo de potabilización de manera industrial; el agua lluvia pasa por un proceso por el cual logran que en sus resultados se obtenga agua potable mediante un proceso de captación, recolección, almacenamiento, filtración, cloración y disposición de uso. También realizan labores sociales a través de su fundación, que llevan estos tipos de sistemas a zonas donde nunca han contado con agua potable por falta de acueducto, dado a su difícil geografía e ineficiencia de los gobiernos nacionales.

Estas labores han ayudado en la disminución en gran porcentaje de los casos de diarrea tanto en niños como en adultos por el consumo de aguas lluvias, pero sin ningún tipo de tratamiento (Eduardoño, 2018).

Del mismo modo, se hace relevante presentar dos estudios que han servido de soporte para el análisis del presente ejercicio investigativo. El primero de ellos titulado: *“Evaluación de la calidad del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en Ibagué, Tolima, Colombia”* (Ospina, 2014), en el cual pretendió entender el potencial de aprovechamiento del agua de lluvia como fuente alternativa para uso doméstico a partir de la determinación de sus condiciones fisicoquímicas y microbiológicas.

Esta investigación diseñó e implementó ocho estaciones de muestreo donde se recogió agua sin contacto con superficie alguna. La caracterización incluyó *“la medición de turbidez, color aparente, PH, conductividad, temperatura, nitratos, alcalinidad total, cloruros, aluminio, dureza total, hierro total, sulfatos y coliformes totales.”* (Ramirez Arcila & Ospina Zúñiga, 2014)

Como principales resultados, se demostró que la composición físico química es susceptible de potabilización al no encontrar niveles temibles de contaminación. Señala el estudio que *“la mayoría de los parámetros analizados están dentro de los rangos exigidos para el agua potable exceptuando el PH y turbiedad en algunos puntos de muestreo.”* (Ramirez Arcila & Ospina Zúñiga, 2014). Ello permitió definir que, si hay un potencial aprovechamiento del agua lluvia, previo proceso de tratamiento convencional que permita remover algunos contaminantes detectados.

El segundo es el estudio titulado: *“Captación de agua lluvia como alternativa comunitaria ante la escasez y la contaminación para el consumo humano y actividades agropecuarias en las veredas El Salado y La Aguada del municipio de Lebrija Santander, Colombia”* (Gualdrón Becerra , 2014), en el que se describen diferentes proyectos en los que se

han implementado sistemas de captación ajustados a la vivienda rural, con importantes impactos en el aseguramiento del abastecimiento de agua en la región.

El estudio buscó “*evaluar en términos sociales y económicos el impacto de la captación de agua lluvia como alternativa comunitaria ante la escasez y la contaminación del agua para el consumo humano y actividades agropecuarias.*” (Gualdrón Becerra , 2014). Los resultados más significativos estuvieron en la consolidación del concepto de captación en las comunidades intervenidas, así como el acercamiento asertivo de los ingenieros civiles de la Universidad en el ejercicio de la proyección social, buscando el mejoramiento de la calidad de vida y el cultivo de la conciencia sobre el cuidado de fuentes hídricas en la región.

Marco Legal

Tabla 5
Normatividad Colombiana

PRINCIPALES NORMAS AMBIENTALES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA LLUVIA		
TITULO DE LA NORMA	ENTIDAD EMISORA	DESCRIPCION
Ley 9 de 1979	Congreso de la republica de colombia	Por la cual se dictan Medidas Sanitarias
Ley 99 de 1993	Congreso de la republica de colombia	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.
Ley 142 de 1994	Congreso de la republica de colombia	Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Por la cual se organiza la Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena, se determinan sus fuentes de financiación y se dictan otras disposiciones.
Ley 161 de 1994	Congreso de la republica de colombia	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Decreto 1575 de 2007	Presidencia de la republica	Por el cual se establece el sistema para la proteccion y control de la calidad del agua para consumo humano. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificacion, ordenacion y manejo de las cuencas hidrograficas y acuíferos y se dictan otras cdisposiciones
Decreto 1640 de 2012	Presidencia de la republica	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
Decreto 2811 de 974	Presidencia de la republica	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009
Resolucion 0330 de 2017	Ministerio de vivienda, ciudad y territorio	Por el cual se adopta el reglamento tecnico del sector de agua potable y saneamiento basico - RAS
Resolucion 1096 de 2000	Ministerio de desarrollo economico	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos basicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
Resolucion 2115 de 2007	Ministerio de la proteccion social, de ambiente, vivienda y desarrollo territorial	

Nota: Elaboración propia en base a la normatividad en Colombia para el uso del agua potable

Metodología

Por sus características, se definió para este ejercicio un enfoque mixto, basado en la recolección de información por medio de la observación participativa con la comunidad de la vereda de Sardinias del municipio de Fusagasugá Cundinamarca. A partir de esta observación y de la mano con las posibilidades técnicas y las líneas de investigación del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Minuto de Dios Centro Regional Girardot, se tomaron decisiones en torno a las necesidades de las comunidades, a partir de un estudio cuyo proceso se enmarca en el modelo praxeológico así:

Figura 18. Modelo praxeológico

FUENTE	DESCRIPCION
Ver:	Observación de la situación problemática con el desabastecimiento de agua en las comunidades participantes.
Juzgar:	Análisis sobre las necesidades y posibilidades de los hogares de las veredas, en cuanto a consecución de materiales y recursos humanos.
Actuar:	elaboración de los diseños de los sistemas de captación.
Devolucioon creativa:	Elaboración, socialización y entrega del diseño básico para la comunidad.

Fuente: Elaboración propia

El método de investigación que tomamos en nuestro trabajo de grado es cualitativo, teniendo en cuenta que analizamos cada situación, experiencia y conocimientos, en relación con todo lo que visualizamos en nuestro entorno, llevándonos a diseñar el sistema que servirá para mejorar las condiciones de vida de la comunidad de la vereda Sardinias en el municipio de Fusagasugá, Cundinamarca.

Ello derivó en la siguiente estructuración:

Componentes del Sistema

Los componentes que se usaron para el desarrollo de este sistema caben en similitud con los descritos en el marco teórico, pues el propósito está en concordancia con el resultado de esta investigación. El tratamiento del agua lluvia que será recolectada para posteriormente potabilizar, es el uso principal que tendrá el diseño. Al ser una zona que presenta precipitaciones continuas y además moderadas, otorgarán un uso constante del sistema y un aprovechamiento total de todos los componentes los cuales serán descritos a continuación.

Captación

La zona de captación será la cubierta de la vivienda; para este diseño se proyectó el aprovechamiento de una parte de la cubierta, la cual posee un sistema a dos aguas. La pendiente de la cubierta favorece la esorrentía necesaria para la demanda de precipitaciones que presenta la zona de estudio, siendo esta de un 24%.

La cubierta es termo acústica, favoreciendo la esorrentía y haciendo un excelente llenado del sistema de recolección

Figura 19. Cubierta Termo acústica



Recolección y Conducción

El diseño fue realizado con el tipo de canaleta Raingo® y bajantes en PVC de 2", las canaletas deben tener en su parte superior una malla, que copie la función de las rejillas en las plantas de tratamiento; retener los sólidos de tamaño considerable que puedan afectar la vida útil del sistema y alterar las condiciones fisicoquímicas del líquido en su estado crudo, tales como hojas de árboles, palos, solidos grandes, sedimentos o desechos orgánicos que pueden estar alojados en la cubierta, como resultado de deposiciones de animales. Se debe realizar una limpieza constante para evitar que el sistema de recolección se vea obstruido por partículas.

La función de las canaletas Raingo® es hacer la recolección y conducción del agua producto de precipitaciones hacia el sistema de tratamiento.

Figura 20. Canal Raingo® de PAVCO

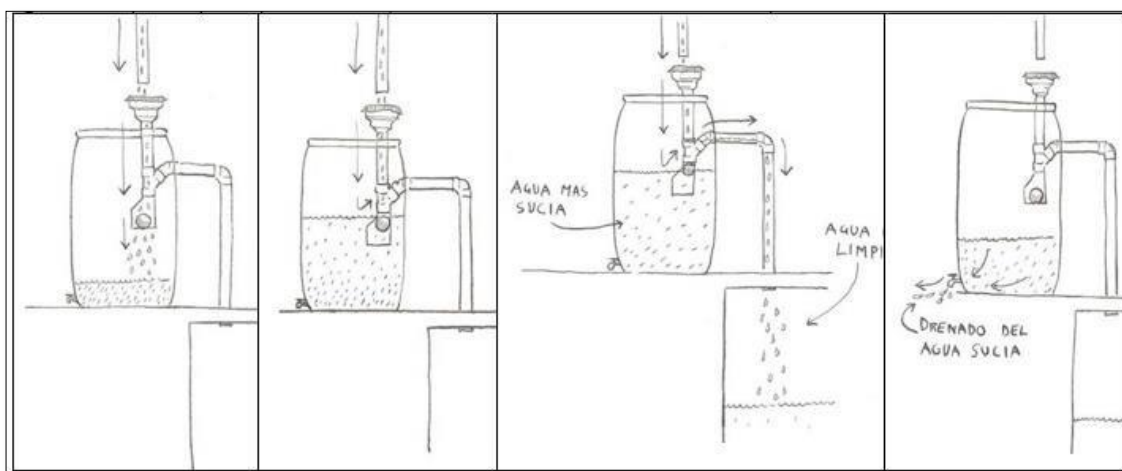


Fuente: (EASY, 2018)

Recolector de Primeras Aguas

Para el diseño del recolector de primeras aguas, debe ser tomada en cuenta el área de captación con el fin de poder determinar las dimensiones de este, pues de no ser así, generaría un desarrollo deficiente permitiendo el paso de sólidos que alteren la turbiedad del agua y sus características químicas, físicas y microbiológicas. Se toma en cuenta una forma de poder calcular el área de captación con el término de que un litro de agua lava un m² de cubierta, así que para este caso se implementó en el diseño un recolector de 24 litros. El agua producto de precipitaciones ingresara por medio de una unión entre la tubería de conducción al sistema y la canaleta recolectora. Este sistema de recolector tendrá un método de corte de ingreso por medio de una pelota, la cual hará un trabajo similar a la válvula de flotador de un tanque de almacenamiento, con el fin de impedir el ingreso de más líquido si este llega a su capacidad máxima, haciendo de esto un desagüe para excesos de agua, el cual saldrá por una tubería anexa como aliviadero del sistema. El tanque recolector contara con una zona de purga para eliminar todas las impurezas retenidas, pues este tiene un propósito similar a los sedimentadores que se encuentran en plantas de tratamiento de agua potable (PTAP).

Figura 21. Concepto de receptor de primeras aguas



Filtración

Después del proceso que lleva a cabo el recolector de primeras aguas, el líquido es conducido hacia los filtros, en los cuales se tratan las características físico químicas y microbiológicas del agua lluvia. La primera fase de tratamiento es mediante un filtro artesanal de tres estratos compuesto por, arena sílice, grava y antracita, con el fin “separar sólidos suspendidos que no son removidos por sedimentación” (oocities, 2009)

“Los medios de filtración de arena o antracita utilizados en un amplio rango de profundidades del lecho y de tamaños de partículas han producido resultados satisfactorios” (NTC 2572, 2010). Este es uno de los métodos de filtración más utilizados por su economía aplicada y que puede ser utilizada por cualquier persona que desee implementar un lecho filtrante para su sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias, tal cual se planea en este diseño compacto.

Figura 22. Antracita para filtro artesanal



Fuente: (Carbotecnia, 2018)

Cuando el líquido pase por el sistema de filtrado artesanal, es llevado a un filtro de sedimentos con el fin de retener la cantidad de sólidos en suspensión presentes en el agua. La durabilidad de estos filtros oscila entre 8 meses y un año dependiendo el fabricante y el agua a tratar.

Figura 23. Filtro de sedimentos



Fuente: (Purifica, 2015)

Después del proceso de filtrado de sedimentos se llega a la cloración, con el fin de eliminar bacterias perjudiciales para el cuerpo humano, pues en su mayoría son nocivas para la salud. Para la eliminación total de microorganismos presentes en el agua, la mejor opción es el cloro. La desinfección del agua se lleva a cabo con el sistema de cloro granular, que trata de la inclusión de hipoclorito de calcio o cloro granulado en los tanques de almacenamiento con el fin de eliminar la turbiedad del agua y cualquier bacteria que haya quedado después del proceso de filtrado.

A continuación, el líquido pasa por el filtro de carbón activado, el cual tiene como sus características principales eliminar los materiales pesados que se encuentran presentes en el agua

y rastros de cloro, con el fin de poder mejorar sus características de olor y sabor. “El Carbón activado granular es un material que se utiliza para filtrar químicos y microorganismos nocivos del suelo y el agua contaminados” (AGUASISTEC, 2018)

Almacenamiento

El sistema de almacenamiento será implementado en tres canecas de 55 galones, lo que equivale alrededor de 624, 59 litros, la cual esta herméticamente sellada y en material de PVC con el fin de aumentar su durabilidad y evitar corrosión, ya que es un material que no se oxida.

Figura 24. Almacenamiento del sistema compacto de tratamiento



Fuente: (Comerquimicor, s.f.)

Red de Distribución

Para este diseño, esta red sólo llegará al punto hidráulico donde se utilizará el agua lluvia, es decir, suministro de agua potable ubicado en la cocina de la vivienda, pero la red existente que abastece dichas unidades continuará suministrando agua, la cual es obtenida por aljibes, en los

meses en los que el agua lluvia no alcanza a cubrir la demanda completa, puede utilizarse la misma de los tanques del sistema. Esta será utilizada en tubería en PVC de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ".

Figura 25. Tubería en PVC para Red de distribución



Fuente: (Homecenter, 2018)

Variables e Indicadores

Tabla 6
Desarrollo de las variables descritas con sus indicadores

Variable	Descripción	Indicadores
Demanda de agua en el hogar.	El sistema de captación de agua diseñado se ajusta a las necesidades y demandas de abastecimiento y consumo de agua del hogar de la vereda participante.	<ul style="list-style-type: none"> • % demanda satisfecha /demanda total. • Mejoramiento del abastecimiento. • Disminución de uso de agua en la red domiciliaria.
	Diseño del sistema.	El sistema es diseñado con materiales de fácil consecución y económicos. Es funcional y no afecta la estructura de la vivienda.

Nota: Elaboración propia

Procesos y Procedimientos

Una vez definidos los procesos de Ver y Juzgar, se inició el diseño del modelo aplicable al contexto de la vereda de Sardinas del municipio de Fusagasugá Cundinamarca. El sistema de captación de agua lluvia que se diseñó es para aplicación en uso doméstico y consumo humano, aprovechando las precipitaciones creadas por la naturaleza. Se trabajó con aspectos de diseño fundamentales para una mejor finalidad de uso.

El sistema consta de elementos aptos para el transporte y almacenamiento de agua para el uso doméstico y consumo humano de materiales como el polietileno (PE) y poli cloruro de vinilo (PVC) porque resisten grandes presiones y por ser un polímero nunca tendrá un impacto negativo frente a la corrosión.

El agua lluvia se capta por medio de cubiertas después de la precipitación, se lleva por medio de un ducto a un recolector de primeras aguas que retiene las impurezas gruesas y sustancias tóxicas que tenga la cubierta; seguido pasa a un filtro artesanal de tres estratos (arena fina, grava y antracita) que elimina el impurezas resultantes del recolector de primeras aguas; luego se transporta por un filtro de sedimentos, la inserción de cloro es fundamental para la eliminación de bacterias y microorganismos presentes aun en el agua. El filtro de carbón activado con plata coloidal esta con el fin de generar una potabilización del agua, eliminando contaminantes orgánicos y los excedentes de cloro que pueda perjudicar la salud de las personas.

Posteriormente el agua es conducida a un sistema de almacenamiento en tres canecas de 55 galones (624,60 litros) selladas herméticamente, las cuales abastecerán en épocas de sequía y sirve para uso doméstico. Brindando este beneficio de agua potable al consumidor.

Este sistema cuenta con más ventajas que desventajas; entre sus ventajas se encuentra el que no consume ningún tipo de energía para su operación, ya que es de forma artesanal, los

materiales utilizados se pueden encontrar en cualquier tienda de materiales en todo el mundo, su mano de obra puede ser realizada por cualquier tipo de persona a un sin tener la experiencia en este tipo de sistemas. Es ideal para comunidades alejadas de la zona urbana y que crecen recursos hídricos alimentados por acueductos que no llegan a sitios recónditos de la geografía nacional pero que si presentan constantes precipitaciones.

Es de fácil mantenimiento y cambio de alguna de sus piezas al momento de presentar una avería, sin necesidad de afectar todo el sistema; permite conservar la calidad física química del agua lluvia y la utilización de un recurso gratuito y ecológico, que además aporta a la sostenibilidad y conservación del medio ambiente.

Su única desventaja es que depende de que las precipitaciones no sean tan escasas y la zona de captación sea lo más amplia posible para almacenar la mayor cantidad de agua y tener el abastecimiento necesario en épocas de sequía.

Un buen mantenimiento preventivo en la zona de captación como podría ser el tejado o cubiertas, limpieza en los canales o filtros de impurezas grandes antes de la época de lluvia, lo que permite la no obstrucción del paso de agua por el sistema, llevándolo a que almacene la mayor cantidad de agua posible y su vida útil sea por un buen espacio prolongado.

El agua lluvia es destilada y técnicamente potable, esto quiere decir que es apta para el consumo humano, pero de acuerdo con la contaminación atmosférica que se ha generado en los últimos tiempos se hace necesario someterla a un tratamiento para poder realizar su consumo.

Este sistema de captación de agua lluvia permite establecer un entorno con el medio ambiente, generar conciencia de la importancia de este escaso recurso hídrico, dando así un beneficio a las personas de estas veredas que se ven afectadas por la falta de agua en sus hogares, especialmente en temporadas de sequía y durante el fenómeno del niño.

Resultados del diseño

El proceso de diseño del sistema de captación de agua lluvia por medio de una planta compacta, para mitigar el problema de desabastecimiento dio como resultado la construcción del siguiente modelo:

Figura 26. Concepto básico de planta de tratamiento compacta



Fuente: Autores

Se trata de una vivienda rural de la vereda sardinas. Se representa aquí la cubierta y el área de captación de aguas lluvias, que tiene para este caso una dimensión de 24 m². Se trabaja con tejas termo acústicas y una inclinación de 24% para facilitar el descenso del agua al sistema.

Figura 27. Sistema de captación de agua lluvia



Fuente: Autores

Se puede observar el primer filtro de sedimentos, consistente de una malla en la canaleta que retiene los sólidos propios de las propiedades de los techos en estos contextos rurales (hojas de árboles, piedras, ramas, frutos) ente otros.

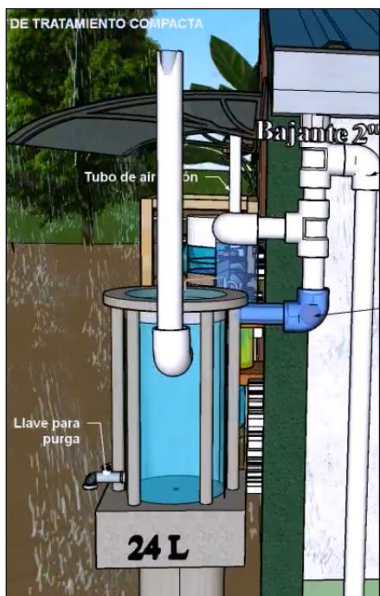
Figura 28. Sistema de tamizado para partículas gruesas



Fuente: Autores

Se muestra en la imagen el colector de primeras aguas, compuesto por una estructura que transporta el líquido al interior de un tanque de 24 litros, de donde se desprende la estructura que conduce el agua al sistema de filtrado. El propósito principal es realizar una purga de toda impureza que logre atravesar el primer filtro, generando una sedimentación de partículas con el fin de separar el agua de partículas nocivas para el sistema de recolección, la idea principal de este elemento es asemejar un sedimentador que encontramos de forma industrial en plantas de tratamiento de agua potable convencionales.

Figura 29. Recolector de Primeras aguas



Fuente: Autores

El sistema de filtrado contiene tres filtros, uno inicial de arena sílice, grava y antracita, para los sólidos pequeños, un filtro de sedimentos y un filtro de carbón activado que permite la potabilización de las aguas y posterior almacenamiento en tres canecas de 55 galones lo que equivale a 624,60 L respectivamente.

Figura 30. Filtro de carbón activado



Fuente: Autores

Figura 31. Filtro de sedimentos



Fuente: Autores

Figura 32. Filtro de tres estratos Arena, Grava y Antracita



Fuente: Autores

Se muestra la vista de la conducción de los tanques de almacenamiento al sistema de aguas de la vivienda por medio de tubería en PVC. Al no poseer ningún sistema de bombeo, se

aprovecha la pendiente generada por la distancia del sistema hasta la cocina, donde será utilizada principalmente en tiempos de escasez de agua.

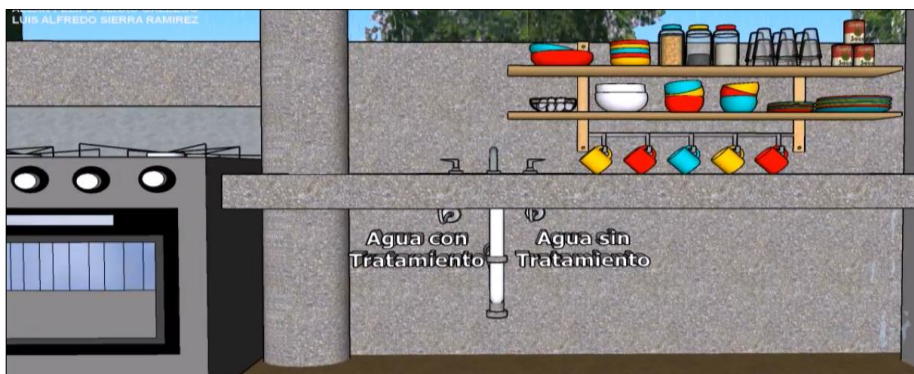
Figura 33. Sistema de conducción de agua tratada



Fuente: Autores

Se muestra el ingreso de las aguas al sistema de aguas de la cocina de la vivienda y las adaptaciones necesarias para el acceso al flujo de agua tratada con el sistema propuesto. Se ve como es una alternativa eficiente y de fácil acceso.

Figura 34. Llegada del sistema de agua tratada a la cocina de la vivienda



Fuente: Autores

El diseño planteado es referenciado a un tema de costo/beneficio comparado con elementos industriales entregados por empresas de renombre, las cuales tienen sistemas únicos de tratamiento de aguas potables por medio de recolección de aguas lluvia.

En cuanto al proceso de potabilización, los estudios se enmarcan en la resolución 2115 de 2007, donde se reglamentan las características del agua potable en Colombia. El estudio en base sobre el agua lluvia recolectada arrojó los siguientes resultados.

Tabla 7
Estudios de Laboratorio

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA				
TIPO DE MUESTRA:	Agua cruda			
LUGAR DE LA TOMA:	Vereda Sardinas - Fusagasuga (Cundinamarca)			
FUENTE:	Agua lluvia			
FECHA DE LA TOMA:	Noviembre 16 de 2018			
FECHA DE REPORTE:	Noviembre 19 de 2018			
RESULTADO FISICOQUIMICO				PARAMETRO DE LA RESOLUCION 2115/2007 - RAS 2000
PARAMETROS ANALIZADOS	METODO ANALITICO	UNIDADES EXPRESADAS	RESULTADOS	VALOR MAXIMO ACEPTABLE
PH	Electrometrico	Unidades	7,8	6,5 - 9
COLOR	Espectrofotometrico	Unidades de platino cobalto (UPC)	189	15
TURBIEDAD	Nefelometrico	Unidades nefelometricas de turbiedad (UNT)	4,15	5
HIERRO TOTAL	Colorimetrico	ml/L FE	0,02	0,3
RESULTADOS BACTERIOLOGICO				PARAMETRO DE LA RESOLUCION 2115/2007 - RAS 2000
PARAMETROS ANALIZADOS	METODO ANALITICO	UNIDADES EXPRESADAS	RESULTADOS	VALOR MAXIMO ACEPTABLE
COLIFORMES TOTALES	Filtracion por membrana/100 ml	Filtracion por membrana/100 ml	32000	0
ESCHERICHIA COLI	Filtracion por membrana/100 ml	Filtracion por membrana/100 ml	100	0

Nota: Informe de laboratorio en el cual se hace una comparación con la resolución 2115/2007, con el fin de poder entender y garantizar de que el tratamiento que se desea realizar bajo este diseño es apto para las necesidades presentadas en la zona

Con relación a este proceso, el estudio demuestra que se asegura la potabilización con el sistema de filtros, definiendo un mantenimiento semestral. El sistema de captación propuesto y su estructura de filtros están en capacidad de reducir los índices de acuerdo con la Resolución referenciada.

El estudio completo se encontrará en los anexos. (*figura 41*)

Análisis y Discusión de Resultados

De acuerdo con el modelo de sistema de captación de aguas lluvias diseñado, es posible señalar que hay una posibilidad mayor de completar la demanda no alcanzada con la red de agua domiciliaria. La frecuencia de las precipitaciones permite el llenado del sistema de manera regular. En una temporada de sequía, una caneca de 55 galones puede almacenar el agua suficiente para soportar una semana de escases con calidad en el agua y desde el consumo racional del líquido.

En lo que respecta a la mejoría del abastecimiento, se indica que con el sistema y algunas adaptaciones es posible mejorar la presión del agua y llevarla hasta otros servicios requeridos como riegos, bebederos, entre otros. El sistema también permite que la integración del agua llegue directamente hasta los puntos de salida del líquido, evitando escabrosos y demandantes traslados de agua en el interior de la vivienda.

Siguiendo la gráfica de precipitaciones, es posible indicar que, en un año de utilización frecuente, el sistema puede ayudar a los hogares en el ahorro del 40 por ciento de los costos de la red domiciliaria, con los beneficios que ello representa para la economía del hogar. Ello sumado a los bajos costos de mantenimiento de los filtros y en general de los elementos del sistema, se muestra como un beneficio puntual y tangible.

Por otra parte, el costo de producción del modelo en cada hogar es relativamente bajo, los materiales son de fácil consecución, por lo que no demanda una gran inversión. Se analiza adicionalmente que, por lo general, los pobladores de estas veredas tienen conocimientos significativos de construcción básica de estructuras, lo que abarata aún más la producción del sistema.

Finalmente, una vez elaborado el diseño, se garantiza que la afectación de la estructura es mínima, pues solamente se requiere la asignación del espacio físico de acuerdo con el dimensionamiento del sistema y el almacenamiento en canecas evita filtraciones o deterioro en las condiciones del subsuelo.

Presupuesto y Cantidades de Obra

Se obtuvo el presupuesto con las cantidades de obras haciendo referencia al diseño planteado por los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Minuto de Dios Centro regional Girardot (véase *Tabla 14, anexos*)

En comparación con los gastos de una planta de tratamiento de aguas lluvias, el diseño en cuestión genera unos gastos menores, dado que la instalación es de materiales de fácil adquisición y de bajos costos.

Se presenta una comparación con otros medios de potabilización de aguas lluvias, propuestos por empresas privadas, que ofrecen estándares de calidad altos en cuanto al tratamiento que se realice al agua obtenida por precipitaciones. Se presentan con tecnología de punta y posee mejores alcances y resultados, pero en comparativa de costo, sobre elevan el presupuesto, siendo esto solo una oferta para personas que tengan los medios económicos con los cuales puedan comprar esas plantas de tratamiento.

A continuación, se hace una comparativa de costos de una planta de tratamiento por empresa privada más relevante del mercado colombiano y el costo de la propuesta generada por los estudiantes de ingeniería civil.

Tabla 8
Comparativa de costos de planta de tratamiento

Costo Directo de la Planta de tratamiento de propuesta lluvias		Planta de tratamiento por Empresa Privada	
TOTAL	\$1.073.040,00	TOTAL	\$6.583.318,00

Nota: Se hace la comparativa de los costos que tiene la realización del prototipo propuesto por los estudiantes vs el costo de una planta de tratamiento de aguas lluvias por empresa privada. La cotización estará en los anexos. (figura 42)

Las características que logra la planta de tratamiento de empresa, son mejores en cuanto a tecnología, pues usa métodos que no de manera convencional se logran conseguir. Tal como filtros de lechos filtrantes que se obtienen de manera industrial o dosificadores automatizados que regulan las características del agua que ingresa, optando por la mejor cantidad para no sobre dosificar el líquido dejando rastros de partículas o restos de cloro en el líquido.

Tabla 9.
Comparativa de Planta Artesanal vs Plantas del Mercado Colombiano

Plantas de tratamiento	Ventajas	Desventajas
Diseño propuesto en este artículo (Planta Artesanal)	Construcción de fácil ejecución.	Transporte de materiales a zonas de difícil acceso.
	Materiales económicos que se obtienen fácil en el mercado.	Mantenimiento
	Durabilidad de hasta 20 años desde su funcionamiento inicial.	aproximadamente cada 6 meses o antes.

	<p>No afecta la parte estructural de la vivienda.</p> <p>Uso de elementos en PVC que garantizan durabilidad y que no altera el PH del agua tratada.</p>	<p>Cambio de filtros tras mantenimiento (dependiendo la calidad del mismo)</p>
<p>Plantas de Tratamiento por empresas privadas</p>	<p>Fácil instalación en la zona de necesidad.</p> <p>Comportamiento automatizado de dosificaciones para la limpieza físico-química y microbiológica.</p>	<p>Altos costos de mantenimiento</p> <p>Uso de bombas eléctricas para distribución, además de consumo de energía en el hogar.</p> <p>Compra de elementos de almacenamiento de altas capacidades.</p>

Nota: Elaboración propia

Conclusiones

Es posible concluir que este tipo de proyecto es muy pertinente para una zona como la de las veredas de Fusagasugá, favorecida por factores climáticos, de precipitaciones y con fácil acceso a materiales económicos para la construcción del sistema de captación de aguas; lo que hace de este proceso un aporte significativo a la calidad en el servicio de agua en las comunidades participantes.

Del mismo modo, es posible concluir que este tipo de proyectos manejan un presupuesto asequible y que los materiales a utilizar para su ejecución, de acuerdo a los resultados del estudio, llevarán a que una gran cantidad de hogares puedan contar con el sistema y mejorar su abastecimiento de agua, bien sea desde la contratación de personal de ingeniería calificado para ello; o desde las posibilidades de cada vivienda con inversión solamente en el diseño y la asesoría.

Se pudo determinar mediante reporte de resultados de laboratorio que las condiciones del agua cruda (agua lluvia) no es apta para el consumo humano razón por la cual se realiza el diseño del sistema de captación de agua lluvia con el tratamiento adecuado basado en los conocimientos adquiridos en toda nuestra etapa de ingenieros civiles en formación (ver tabla 7).

Se determinó mediante la investigación realizada por los autores y con la colaboración de la corporación autónoma regional de Cundinamarca los valores de los promedios diarios y mensuales de precipitaciones correspondientes al año 2017 (ver figuras 12 y 27).

Recomendaciones

Desde estas conclusiones, es posible generar las siguientes recomendaciones para los participantes de la vereda Sardinias de Fusagasugá, la institución y el programa de ingeniería civil de la Universidad Minuto de Dios Centro Regional Girardot:

Se recomienda a la Universidad Minuto de Dios Centro Regional Girardot, continuar explorando el contexto de las regiones en donde tiene impacto, buscando generar muchos otros beneficios en lo científico, técnico y social, por medio del acercamiento de su investigación y proyección social a las comunidades que requieren asesoría, acompañamiento y apoyo en la elaboración de proyectos que mejoren su calidad de vida.

Se recomienda a las personas que participaron, habitantes de las veredas, que al momento de continuar con el proceso de implementación del sistema de captación de aguas lluvias se realice una revisión el presupuesto puesto que los valores de los materiales a utilizar pueden generar cambios aumentando o disminuyendo los costos.

Se recomienda que al momento de realizar la implementación se realice un nuevo muestreo para chequear las condiciones actuales del agua cruda (agua lluvia) y así verificar si las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas presentan cambios significativos que los lleven a realizar adecuaciones en el sistema.

Finalmente, verificar las tablas de valores de precipitación diaria y mensual que ofrece la corporación autónoma regional de Cundinamarca para establecer si hay algún tipo de cambio en los promedios de precipitación y así determinar de nuevo el abastecimiento que puede llegar a recibir el sistema.

Bibliografía

- AGUASISTEC. (2018). *AGUASISTEC*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <http://www.aguasistec.com/filtro-de-carbon-activado.php>
- aquabook. (2016). *aquabook*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de http://aquabook.agua.gob.ar/462_0
- Bricolari. (2018). *Bricolari*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <http://www.bricolari.com/depositos-de-agua-para-recibir-a-la-lluvia-con-los-brazos-abiertos-201505/>
- Carbotecnia. (2018). *Carbotecnia*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <https://www.carbotecnia.info/producto/antracita/>
- Comerquimicor. (s.f.). *Comerquimicor*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <https://comerquimicor.com/products/tambor-plastico-200kgs/>
- EASY. (2018). *EASY*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <https://www.easy.com.co/p/tubo-canal-raingo-x3m/>
- Ferriobras. (2018). *Ferriobras*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <https://ferriobras.com/producto/teja-termoacustica-ajover-3-66-mts-azul-blanco/>
- fusagasuga, g. d. (06 de 03 de 2015). *La Geografía*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de geografiafusagasuga.blogspot.com
- García Coll, I., Martínez Otero, A., & Vidriales Chan, G. (2003). *BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO PIXQUIAC*. Veracruz: Sendas, ac.
- Google maps. (23 de 11 de 2018). *Google maps*. Recuperado el 23 de 11 de 2018
- Gualdrón Becerra, N. (12 de 09 de 2014). *Repositório Institucional*. Recuperado el 22 de 11 de 2018, de <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/1714?show=full>

- Homecenter. (2018). *Homecenter*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/guias-de-compra/todo-sobre-tuberias-pvc-hidraulico>
- NTC 2572. (2010). *Material filtrante granular*. INCONTEC.
- OMS. (2015). *Organizacion Mundial de la Salud*. Recuperado el 22 de 11 de 2018, de http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp-2015-key-facts/es/
- OMS, UNICEF. (2017). *Naciones Unidas*. Recuperado el 22 de 11 de 2018, de <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- oocities. (2009). *oocities*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/filtracion.htm>
- PNUD. (01 de 2016). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Obtenido de <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
- Purifica. (24 de 06 de 2015). *Guia de Purificadores de Agua*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <http://www.guiapurificadoresdeagua.com/filtros-de-sedimentos/>
- Ramirez Arcila, H., & Ospina Zúñiga, O. (2014). *Core*. Recuperado el 22 de 11 de 2018, de <https://core.ac.uk/display/143271010>
- Rey, J. (07 de 01 de 2016). Alerta Ambiental. (E. TIEMPO, Entrevistador) Recuperado el 22 de 11 de 2018, de <http://www.orarbo.gov.co/es/con-la-comunidad/alertas/en-cundinamarca-crece-el-calor-y-escasea-el-agua-potable>

Trabajos citados

- AGUASISTEC. (2018). *AGUASISTEC*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <http://www.aguasistec.com/filtro-de-carbon-activado.php>
- aquabook. (2016). *aquabook*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de http://aquabook.agua.gob.ar/462_0
- Bricolari. (2018). *Bricolari*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <http://www.bricolari.com/depositos-de-agua-para-recibir-a-la-lluvia-con-los-brazos-abiertos-201505/>
- Carbotecnia. (2018). *Carbotecnia*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <https://www.carbotecnia.info/producto/antracita/>
- Comerquimicor. (s.f.). *Comerquimicor*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <https://comerquimicor.com/products/tambor-plastico-200kgs/>
- EASY. (2018). *EASY*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <https://www.easy.com.co/p/tubo-canal-raingo-x3m/>
- Ferriobras. (2018). *Ferriobras*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <https://ferriobras.com/producto/teja-termoacustica-ajover-3-66-mts-azul-blanco/>
- fusagasuga, g. d. (06 de 03 de 2015). *La Geografía*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de geografiafusagasuga.blogspot.com
- García Coll, I., Martínez Otero, A., & Vidriales Chan, G. (2003). *BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO PIXQUIAC*. Veracruz: Sendas, ac.
- Google maps. (23 de 11 de 2018). *Google maps*. Recuperado el 23 de 11 de 2018
- Gualdrón Becerra, N. (12 de 09 de 2014). *Repositório Institucional*. Recuperado el 22 de 11 de 2018, de <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/1714?show=full>

- Homecenter. (2018). *Homecenter*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/guias-de-compra/todo-sobre-tuberias-pvc-hidraulico>
- NTC 2572. (2010). *Material filtrante granular*. INCONTEC.
- OMS. (2015). *Organizacion Mundial de la Salud*. Recuperado el 22 de 11 de 2018, de http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp-2015-key-facts/es/
- OMS, UNICEF. (2017). *Naciones Unidas*. Recuperado el 22 de 11 de 2018, de <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- oocities. (2009). *oocities*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/filtracion.htm>
- PNUD. (01 de 2016). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Obtenido de <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
- Purifica. (24 de 06 de 2015). *Guia de Purificadores de Agua*. Recuperado el 23 de 11 de 2018, de <http://www.guiapurificadoresdeagua.com/filtros-de-sedimentos/>
- Ramirez Arcila, H., & Ospina Zúñiga, O. (2014). *Core*. Recuperado el 22 de 11 de 2018, de <https://core.ac.uk/display/143271010>
- Rey, J. (07 de 01 de 2016). Alerta Ambiental. (E. TIEMPO, Entrevistador) Recuperado el 22 de 11 de 2018, de <http://www.orarbo.gov.co/es/con-la-comunidad/alertas/en-cundinamarca-crece-el-calor-y-escasea-el-agua-potable>

Anexos

Precipitación Número de Días al Mes

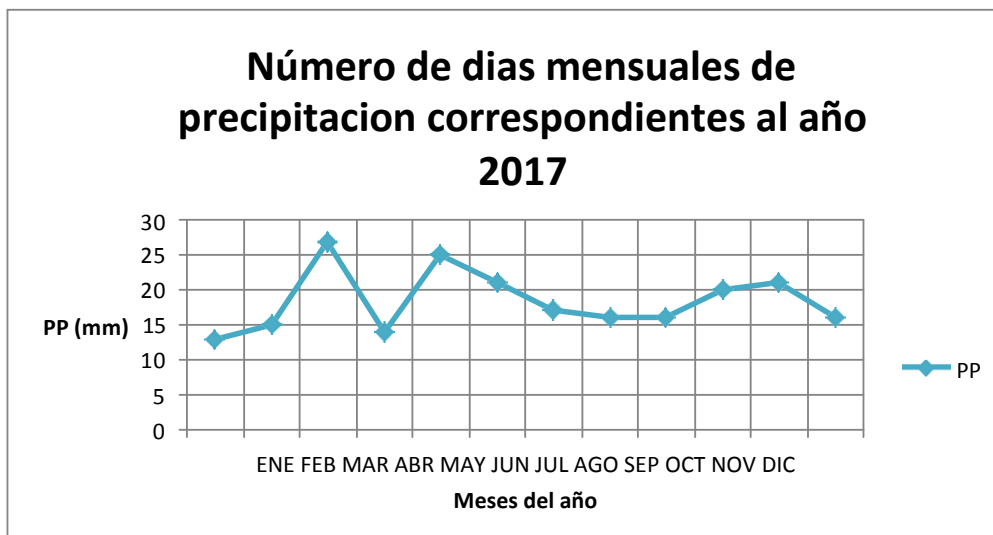
CAR - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA			
SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica			
CÓDIGO ESTACIÓN	2119514	TIPO	<i>METEOROLÓGICA</i>
NOMBRE	<i>UNIV. FUSAGASUGÁ</i>	CATEGORÍA	<i>CP</i>
MUNICIPIO	<i>FUSAGASUGÁ</i>	ESTADO	<i>ACTIVA</i>
DEPARTAMENTO	<i>CUNDINAMARCA</i>	FECHA DE INSTALACIÓN	<i>06/01/1996</i>
LATITUD	<i>0420 N X=N=967023</i>	CORRIENTE	<i>RIO SUBIA</i>
LONGITUD	<i>7422 W Y=E=982265</i>	CUENCA	<i>RIO SUBIA</i>
ALTITUD	<i>1720 m.s.n.m</i>		

Tabla 10
Numero de

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996							44	21	7	25	18	14
1997	29	9	46	22	12	24	7	7	25	12	32	6
1998	10	12	19	46	28	27	11	2	10	57	53	17
1999	21	106	16	24	8	34	12	9	32	31	38	35
2000	60	31	104	18	12	17		10	19	10	19	
2001	4	5	5			5	3	1				
2002					68	21	41	27	41	27		
2003	7	79	56	13	7	12	6	5	51	78	17	
2004	40	21	31	18	27	5	18					
2006	7	27	13		7	23	10					
2007								11	21	37		
2008	25	30	49	25	32	21	16	38	0	29	43	
2009	3	18	17	33	29	9	13	20	11	25	51	16
2010	13	7	10	33	79	13	16	16	33	47	38	20
2011	8	39	62	54	30	8	9	29	8	26	52	20
2012	35	16	41	43	8	30	7	9	5	27	29	36
2013	31	33	46	47	35	13	9	10	8	13	34	41
2014	35	22	31	45	48	34	6	9	50	34	19	14
2015	15	35	43	42	11	13	5	5	15	12	27	3
2016	30	39	26	44	51	5	13	11	45	32	28	45
2017	54	20	36	51	38	31	5	27	25	36	31	27
2018	43	33	16	24	4							

Nota: Datos obtenidos de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Figura 35. Precipitación total de los días del mes en Vereda Sardinas



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Valores Medios Mensuales de Temperatura (°C)

CAR - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA			
SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica			
VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)			
CÓDIGO ESTACIÓN	2119514	TIPO	METEOROLÓGICA
NOMBRE	UNIV. FUSAGASUGÁ	CATEGORÍA	CP
MUNICIPIO	FUSAGASUGÁ	ESTADO	ACTIVA
DEPARTAMENTO	CUNDINAMARCA	FECHA DE INSTALACIÓN	06/01/1996
LATITUD	0420 N X=N=967023	CORRIENTE	RIO SUBIA
LONGITUD	7422 W Y=E=982265	CUENCA	RIO SUBIA
ALTITUD	1720 m.s.n.m		

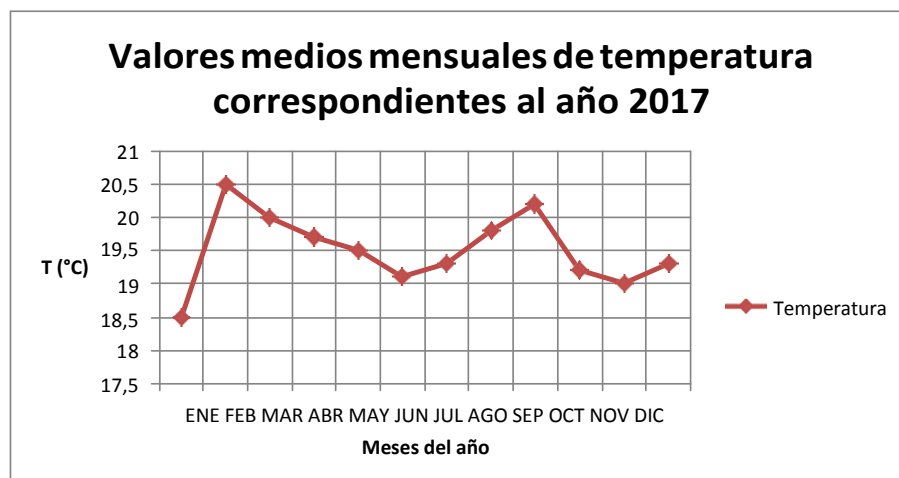
Tabla 11

Valores medios de Temperatura (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996							20,9	21,3	21,6	20,3	20,1	19,7
1997	19	20,2	19,5	18,3	18,7	18,7	19,2	20,6	20,3	19,8	18,7	20,5
1998	21,4	21,5	21,8	20,8	19,8	18,8	18,5	19,7	19,7	20,6	17	15,9
1999	15,6	15,3	17,3	18,4	18,9	18,8	18,9	19,6	19	18,7	18,7	18,9
2000	18,7	18,8	19,6	19	18,1	18,8	18,7	19,6	17,6	17,1	19,7	20,5
2001	20,9	21,8	20,9	21,1	20,7	21,2	21,8	21,2	20,2	20,2	18,8	18,8
2002	20,1	20,5	20,4	17,3	20,4	19	12,5	12,4	11,9	13		
2003		17,8	17,7	17,9	18,1	17,3	18,1	18,4	19	18		18,4
2004	21,3	22,3	20,7	19,5	19,5	19,8	19,3	21,1	20,3	20	20,6	20,9
2006	16,1	15,7			15,9							
2007	21,1	20,6	19,6	20			17,7	16,9	18,5	17	17,2	16,3
2008	17,4	17,3	16,8	19	18,4	17,8	18,2	18,4	18,2	18	18,1	18
2009	18,8	18,4	18,6	19,1	19,5	19	19,5	19,7	19,7	18,6	18,2	18,3
2010	19		20,1	20,7	20,8	18,8	18,3	18,9	18,8	18,4	18,1	18,7
2011	19,4	18,7	18,6	18,6	19	19,5	19,1	19,9	20,2	19,5	19,7	20,3
2012	19,2	18,9	18,1	18,5	19,3	19,8	19,2	19,4	20,1	19,7	19,8	19,2
2013	20,3	19,1	19,8	20,1	19	19,4		18,3	18,6	20	18,9	18,4
2014	19,8	19,3	18,6	18,9	18,5	19,5	21,2	19,6	20,1	19,2	19,6	21,9
2015	22,1	22,7	22,1	20,3	20	19,4	20,2	20,6	21,5	19,8	20,4	20,9
2016	21,4	21,1	21,1	19,8	20,2	19,3	19,5	20,6	19,8	19,6	19,1	18,8
2017	18,5	20,5	20	N/A	19,5	19,1	19,3	19,8	20,2	19,2	19	19,3
2018	19	18,5	19,5	18,2								

Nota: Datos obtenidos de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Figura 36. Gráfico de temperatura Vereda Sardinias



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Valores de Humedad Relativa

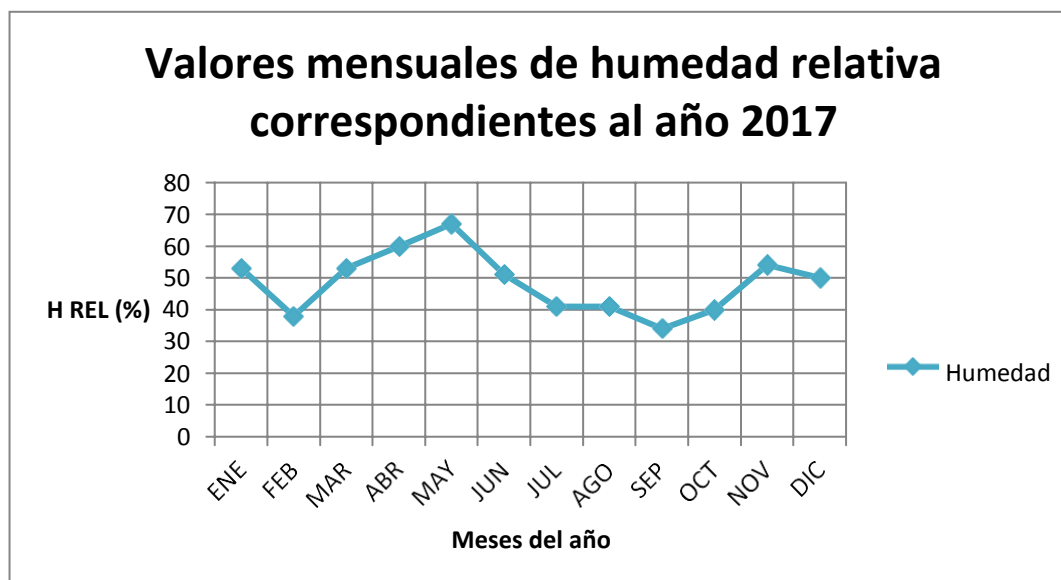
CAR - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA			
SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica			
VALORES MÍNIMO MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA (%)			
CÓDIGO ESTACIÓN	2119514	TIPO	METEOROLÓGICA
NOMBRE	UNIV. FUSAGASUGÁ	CATEGORÍA	CP
MUNICIPIO	FUSAGASUGÁ	ESTADO	ACTIVA
DEPARTAMENTO	CUNDINAMARCA	FECHA DE INSTALACIÓN	06/01/1996
LATITUD	0420 N X=N=967023	CORRIENTE	RIO SUBIA
LONGITUD	7422 W Y=E=982265	CUENCA	RIO SUBIA
ALTITUD	1720 m.s.n.m		

Tabla 12
valores de humedad relativa, datos históricos

AÑO	EN E	FE B	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996							35			35	50	44
1997	43		29	35	30	29	32	20	21	19	30	24
1998	19	21	33	32	32	28	33	27	28	25	34	38
1999	41	31	29	25		29	27	17	25	23	34	34
2000	22	18	31	23	30	27	24	23	27	19	28	23
2001	24	15	20	21	18	25	31	17	20	21	27	27
2002	21	23	20	29	27	23						
2004	14	18	13	14	17	15	17	12	12	18	20	20
2005	16	13	14	15	17	17	14	15	55	57	65	67
2009	56	54	51	47	44	49	47	40	32	38	48	46
2010	34	44	35	42	57	52	48	49	40	51	56	
2011	51	57	58	46	61	41	59	43	31	50	48	49
2012	51	44	52	43	36	43	36	34	32	36	36	49
2013	37	52	47	55	49	43		55	45	41	47	59
2014	46	57	50	47	46	46	48	33	35	41	48	28
2015	29	37	46	48	46	52	44	37	23	41	53	33
2016	36	37	47	42	52	47	48	37	42	45	49	54
2017	53	38	53		67	51	41	41	34	40	54	50
2018	50	52	36	59								

Nota: Datos obtenidos de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Figura 37. Humedad Relativa



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Valores de Brillo Mensual (Horas)

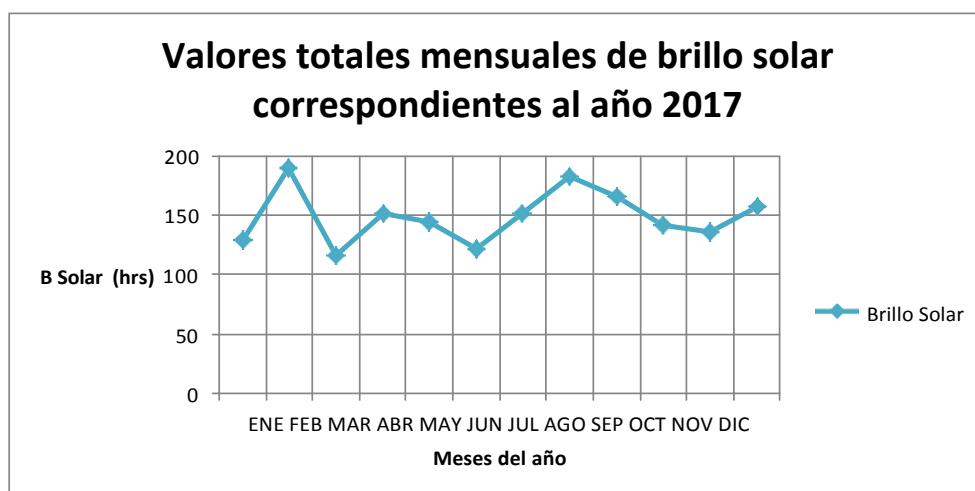
CAR - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA			
SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica			
VALORES TOTALES MENSUALES DE BRILLO SOLAR (HORAS)			
CÓDIGO ESTACIÓN	2119514	TIPO	METEOROLÓGICA
NOMBRE	UNIV. FUSAGASUGÁ	CATEGORÍA	CP.
MUNICIPIO	FUSAGASUGÁ	ESTADO	ACTIVA
DEPARTAMENTO	CUNDINAMARCA	FECHA DE INSTALACIÓN	06/01/1996
LATITUD	0420 N X=N=967023	CORRIENTE	RIO SUBIA
LONGITUD	7422 W Y=E=982265	CUENCA	RIO SUBIA
ALTITUD	1720 m.s.n.m		

Tabla 13
Brillo Solar, datos históricos

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996							68,4	152,1	147,3	151,1	150,2	153,7
1997	150,1	155	171,4	109	150,7	135,5	147,3	189,8	158,3	176,3	150,6	234,8
1998	218	161,9	137,4			150,7		152				149,3
1999		91,8	154,1	126,2	150,4	115,1	153,8	101,2	55,2	91,5	99,4	120,6
2000	144,3	126,9	101,3	84,4	73,2	102,7	89,4	139,7	93,4	91,4	106,3	116,5
2001	180,7							51,3	104,4	139,3	114,6	120,8
2002	194,2	142,9	136,5	34,9	90,3	81,1						
2007	69,5	189,9	15,1	79,6	81,5	74,4	108,2	75,6	125,7	112,5	134,1	106,8
2008	116,7	144,5	88,8	114,9	86,8	93,6	104,4	115,9			116,6	157,8
2009	82,8	101,6	83,4	104,9	147,9	103,7	129,5	152,9	188,1	135,7	124,7	192,9
2010	148		151,9		117,7	95,9	79,8	111,7	94,2	124,1	74,5	115,7
2011	200,2	109,1	115,3	88,8	90,6	135,9	100,8	139,4	139,3	114,8	93,3	79,6
2012	110,5	103,3	119,5	73,2	107,8	61,1	113,6	78,8	132	135,2	128,3	75,4
2013	81,1	105,8	76	144,5	60,9	120,6	153,5	93	127,9	171,1	105,3	106,9
2014	151,2	135,2	132,7	123,1	103,2	122,1	159,6	156,8	195,7	121,6	130,6	196
2015	206,7	172,1	173,8	152,5	139	119,9	153	150,3	180,8	157,7	110,3	188,9
2016	203	137,3	186,7	119,2	136,9	123	134,6	161,2	176,8	159,7	113,6	143,4
2017	129	190,4	116,8	151,6	144,8	122,4	151,3	182,7	166,1	142,2	136,5	156,6
2018	164,3	127,9	162,7									

Nota: Datos obtenidos de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Figura 38. Brillo Solar



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Brillo Solar Mensual

CAR - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA			
SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica			
VALORES TOTALES MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR (cal/cm2)			
CÓDIGO ESTACIÓN	2119514	TIPO	METEOROLÓGICA
NOMBRE	UNIV. FUSAGASUGÁ	CATEGORÍA	CP
MUNICIPIO	FUSAGASUGÁ	ESTADO	ACTIVA
DEPARTAMENTO	CUNDINAMARCA	FECHA DE INSTALACIÓN	06/01/1996
LATITUD	0420 N X=N=967023	CORRIENTE	RIO SUBIA
LONGITUD	7422 W Y=E=982265	CUENCA	RIO SUBIA
ALTITUD	1720 m.s.n.m		

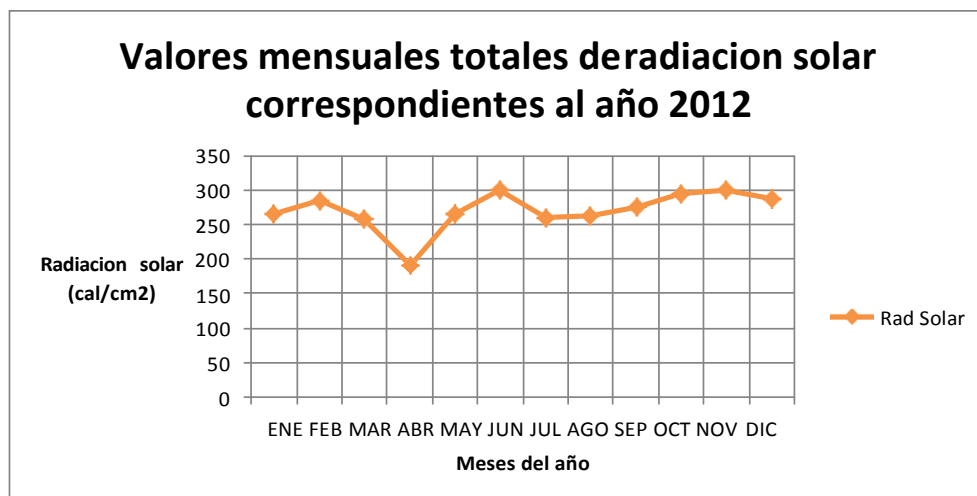
Tabla 14

Radiación Solar Mensual, datos históricos

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996							448	462	491	451	437	450
1997	444	479	472	404	484	417	395	440				
1998	443	422	399	226	225	216	202	219	210	234	215	226
1999	207	197	242			171	188	228	188		208	235
2000							117	146	135	122	122	125
2001	164	135	130	137	123	135	138	142	144	170	155	177
2002	180	165										
2007	204	220	161	157								
2010				213	335	273	284	281	281	297	214	245
2011	409	235	305	312	292	237	231	286	263	261	265	278
2012	266	286	258	191	266	300	261	264	276	296	300	288
2013	322	270	308	317								

Datos: Datos obtenidos de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Figura 39. Valores de Radiación Solar



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Valores de Punto de Rocío

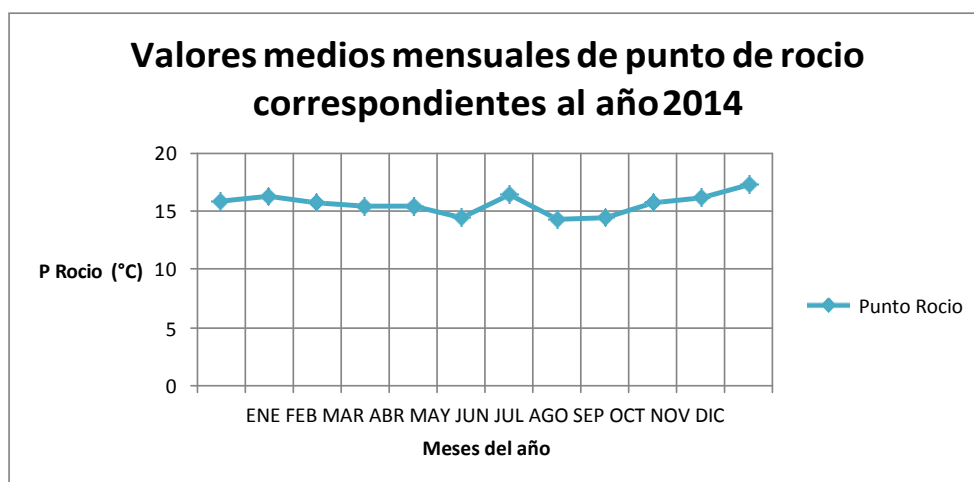
CAR - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA			
SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica			
VALORES MEDIOS MENSUALES DE PUNTO DE ROCIO (°C)			
CÓDIGO ESTACIÓN	2119514	TIPO	METEOROLÓGICA
NOMBRE	UNIV. FUSAGASUGÁ	CATEGORÍA	CP
MUNICIPIO	FUSAGASUGÁ	ESTADO	ACTIVA
DEPARTAMENTO	CUNDINAMARCA	FECHA DE INSTALACIÓN	06/01/1996
LATITUD	0420 N X=N=967023	CORRIENTE	RIO SUBIA
LONGITUD	7422 W Y=E=982265	CUENCA	RIO SUBIA
ALTITUD	1720 m.s.n.m		

Tabla 15
Punto de Rocío, datos históricos

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996							16,4	14,5		16,1	17,5	15,9
1997	15,4	15,5	14,8	15,3	14,8	12,8	12	10,1	10,5	12,4	13,5	12,6
1998	12,6	14,1	15,3	16,3	15,5	13,5	12,6	12,4	12,7	15,2	12,9	11,2
1999	11,9	11,4	12	13,2	13,9	13,5	11,3	10,2	12,1	13,1	14,8	14,8
2000	12,3	12,8	14,6	13,9	13,8	12,7	12	10,9	10,7	10,9	15	14,7
2001	11,3	13,5	14,3	12,2	14,1	12,3	16	10,4	10	10,8	12,4	13
2002	9,3	10,5	14,1	11,9	13,5	12,8						
2007		15,4	17,1	17,9			14,2	14	14,7	14,8	14,4	14,5
2008	14,5	14,5	14,3	16,8	16,2	15,5	15,4	15,5	14,7	15,3	16,1	16,5
2009	15,7	15,6	16,5	16,8	16,7	16,3	15,4	15,7	13,9	14,5	15,9	14,5
2010	13,3		15,6	18,2	18,7	16,8	16,4	15,8	15,9	15,8	16,4	17
2011	17,2	16,7	16,9	9,4	17,6	17,3	17,3	16,2	15,3	17,2	18	18,1
2012	16,5	15,5	15,3	16,1	15,6	15	14	14	13,6			
2013	15,1	16,3	16,4	16,3	16,4	15,3		15,3	14,5	14,8	16,3	16,1
2014	15,8	16,3	15,7	15,4	15,5	14,5	16,5	14,3	14,5	15,7	16,2	17,3
2015	16,9	18	18,4	16,9	16,3	15,8	15,1	14,6	13,9	15,6		
2016	15,6	16,5	17,3	17,3	17,2							


Nota: Datos: Datos obtenidos de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Figura 40. *Punto de Rocío*



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Figura 41. Estudio de las Características Fisco-químicas y microbiológicas del agua lluvia en la Vereda sardinas



**Laboratorio
Control de Calidad**
Análisis De Aguas Y Alimentos
Ascortias

• **Dra. Carmen Adriana López M**
Bacterióloga Colegio Mayor de Cundinamarca
Reg. 63330875

REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. 2018 - 3790

Girardot, Noviembre 19 de 2018


DATOS DEL CLIENTE				
MUNICIPIO :	Girardot - Cundinamarca		NIT :	11205525
ENTIDAD :	LUIS ALFREDO SIERRA RAMIREZ			
DIRIGIDO A :	Luis Sierra		TELEFONO :	3042055989 - 300629941
DIRECCIÓN :	Manzana C casa 8 La Esmeralda III			

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA				
TIPO DE MUESTRA :	AGUA CRUDA	FUENTE :	Lluvia	
LUGAR DE TOMA :	Agua lluvia			
FECHA DE TOMA :	Noviembre 16 de 2018	HORA :	1:45 p. m.	
MUESTREO POR :	Luis Alfredo Sierra	CARGO :	Cliente	
FECHA RECEPCIÓN :	Noviembre 16 de 2018	HORA :	4:08 p. m.	
FECHA DE REPORTE :	Noviembre 19 de 2018			


RESULTADO FISICOQUIMICO				
PARÁMETROS ANALIZADOS	FECHA DE ANALISIS	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADOS
PH	16/11/2018	Electrométrico	Unidades	7,8
COLOR	16/11/2018	Espectrofotométrico	UPC	189
TURBIEDAD	16/11/2018	Nefelométrico	NTU	4,15
HIERRO TOTAL	16/11/2018	Colorimétrico	ml / L FE	0,02

RESULTADO BACTERIOLOGICO				
PARÁMETROS ANALIZADOS	FECHA DE ANALISIS	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADOS
COLIFORMES TOTALES	17/11/2018	N.M.P. / 100ml.	NMP /100ml	32000
ESCHERICHIA COLI	17/11/2018	N.M.P. / 100ml.	NMP /100ml	100

OBSERVACIONES: Requiere tratamiento convencional para su potabilización.



CARMEN ADRIANA LOPEZ MURCIA
Bacterióloga Control de Calidad
Reg. 63330875



PEDRO ANDRES CABARRELLOS
Ing. Químico
T.P 7297

Calle 21 No. 12 - 26 B/ Sucre *Girardot - C/marca
Telefax: (1) 835 22 23 Cel: 313 2100 359 - 316 233 7844 Email: aguaslab@yahoo.es

Cronograma de actividades

Figura 42. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE TRABAJO																					
Fases a desarrollar, detalle de las propuestas a realizar, línea de tiempo a desarrollar, puede ser modificable de acuerdo las circunstancias de la ubicación del sistema.																					
FASES				Agosto					Septiembre				Octubre					Noviembre			
Items	Metodología	Actividad	Sub Actividad	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1	ANALISIS	Levantamiento de información secundaria	Consultas de Información por internet, Registro de la consulta con referencias bibliográficas																		
2			Consultas de libros y demás fuentes escritas, Registro de la consulta con fuentes bibliográficas																		
3		Levantamiento de información primaria	Reconocimiento de la zona de estudio a trabajar, Registro fotográfico																		
4			Identificación de cartografía, Planos																		
5	PLANEACION	Análisis	Revisión de las diferentes alternativas de modelo, de acuerdo con la información de la zona.																		
6		Presupuesto	Relación de los valores de las cantidades de dinero que requiere para realizar el proyecto.																		
7		Materiales	Relación de los materiales que se van a utilizar, herramienta, papelería y demás que requiere para el diseño.																		
8	EJECUCION	Actividades de diseño	Toma de muestra del agua cruda (agua lluvia) para su análisis fisicoquímico y bacteriológico de los cuales se obtienen resultados, que sirvan para el diseño de los filtros para el adecuado tratamiento en la potabilización del agua.																		
9			Desarrollo de actividades propias del diseño del sistema propuesto (actividades de campo) para determinar la ubicación en la vivienda de acuerdo a la zona de captación o cubierta.																		
10			Elaboración del diseño propio para el sistema de captación de agua lluvia.																		
11	EVALUACION	Evidencias	Evidencia de el cumplimiento del cronograma																		
12			Evidencia de el cumplimiento del presupuesto																		
13			Evidencia de el cumplimiento de la fase de analisis, planeacion y ejecucion.																		
14	SEGUIMIENTO	Informe final	Evaluación del sistema una vez realizado el diseño, en relación con las características relevantes de cada ítem y cumplimiento del 100%.																		
15			Evaluación de la percepción por parte de la comunidad beneficiada por el diseño del sistema.																		

Fuente: Autores

Tabla 16
Presupuesto y Cantidades de obra

PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE COMPACTA (PRESUPUESTO)					
			DIRECCIÓN	VEREDA SARDINAS	
			CIUDAD	FUSAGASUGÁ	
			PROPIETARIO	MAURICIO PRADA	
			COLABORADORES	ALLAN FELIPE HENAO GALLEGO	
				LUIS ALFREDO SIERRA RAMÍREZ	
			FECHA PRESUPUESTO	nov-18	
VALIDEZ DEL PRESUPUESTO	30 DÍAS				
	ÍTEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
1	CARPINTERÍA				
1.1	Madera en Pino de sección transversal en medidas de 2x3 plg y 3,20 m de largo	ML	4,00	\$25.900,00	\$103.600,00
1.2	Madera en Pino de sección transversal en medidas de 2x2 plg y 3,20 m de largo	ML	3,00	\$11.300,00	\$33.900,00
				TOTAL ÍTEMS	\$137.500,00
2	CANECAS 55 GALONES	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
2.1	Caneca plástica de 55 galones americana extra fuerte sellada	UND	3,00	\$55.000,00	\$165.000,00
				TOTAL ÍTEMS	\$165.000,00
3	FILTROS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
3.1	Carcasas de filtros de agua a 10 pulgadas con conexión de 1/2"	UND	2,00	\$41.000,00	\$82.000,00
3.2	Cartucho Plisado 20 Micras 10 Pulg Sedimentos Filtro De Agua	UND	1,00	\$24.000,00	\$24.000,00
3.3	Filtro De Carbón Activo En Bloque Con Plata Coloidal 10 Pulg	UND	1,00	\$45.000,00	\$45.000,00
3.4	Recipiente de filtro artesanal	UND	1,00	\$15.000,00	\$15.000,00
3.5	Antracita para filtrado de agua	KG	1,00	\$1.500,00	\$1.500,00

				TOTAL ÍTEMS	\$167.500,00
4	HIERRO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
4.1	Angulo de 6 m 1/8 x 1 pulg de ancho - 36	UND	1,00	\$19.900,00	\$19.900,00
4.2	Tornillos fixer hexagonal de 1/4x1 pulg paquete por 3 und	UND	25,00	\$1.900,00	\$47.500,00
4.3	Arandela plana de 5/32 paq por 6 und	UND	13,00	\$600,00	\$7.800,00
				TOTAL ÍTEMS	\$75.200,00
7	TUBERÍA	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
7.1	Tubo de 1/2 pulg x 6 m presión de 315 psi PAVCO	UND	2,00	\$9.900,00	\$19.800,00
7.2	Tubo de 3/4 pulg x 6 m presión de 315 psi PAVCO	UND	1,00	\$16.900,00	\$16.900,00
7.3	Tubo de 2 pulg x 1 m presión de 315 psi PAVCO	UND	1,00	\$10.000,00	\$10.000,00
7.4	Codo de 90° PVC 3/4 PAVCO	UND	7,00	\$1.500,00	\$10.500,00
7.5	Codo de 90° PVC 1/2 PAVCO	UND	1,00	\$600,00	\$600,00
7.6	Tee PAVCO	UND	2,00	\$5.800,00	\$11.600,00
7.7	Soldadura pvc	UND	1,00	\$3.500,00	\$3.500,00
7.8	Soporte de pared para tubería	UND	6,00	\$10.000,00	\$60.000,00
				TOTAL ÍTEMS	\$132.900,00
8	CANAL DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIA	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
8.1	Canal de recolección de aguas lluvia 3m Raingo de PAVCO	UND	2,00	\$28.000,00	\$56.000,00
8.2	Soporte canal cada 50 cm Raingo de PAVCO	UND	12,00	\$1.500,00	\$18.000,00
8.3	Unión bajante-canal Raingo de PAVCO	UND	1,00	\$4.800,00	\$4.800,00
8.4	Lubricante para canales y bajantes	UND	1,00	\$3.800,00	\$3.800,00
8.5	Tapa interna canal Raingo de PAVCO	UND	2,00	\$2.800,00	\$5.600,00
8.6	Tapa externa canal Raingo de PAVCO	UND	2,00	\$3.500,00	\$7.000,00
8.7	Adaptador bajante de aguas lluvia Raingo de PAVCO	UND	1,00	\$3.000,00	\$3.000,00


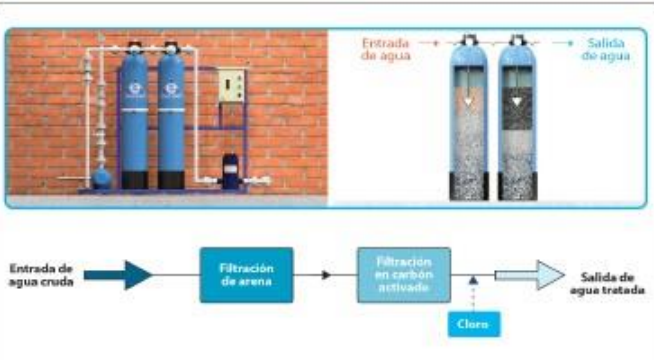
				TOTAL ÍTEMS	\$98.200,00
9	OTROS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
9.1	Estudio de laboratorio de aguas para caracterización	UND	1,00	\$87.900,00	\$87.900,00
9.2	Malla plástica reja	M2	1,00	\$87.900,00	\$87.900,00
				TOTAL ÍTEMS	\$87.900,00
10	TRANSPORTE Y GASTOS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
10.1	Acarreo de materiales desde la ciudad de Fusagasugá	UND	1,00	\$30.000,00	\$30.000,00
				TOTAL ÍTEMS	\$30.000,00
				SUBTOTAL	\$894.200,00
				AIU (20%)	\$178.840,00
				TOTAL	\$1.073.040,00

Figura 43. Cotización entregada por la empresa privada

Bogotá, noviembre 20 de 2018
PROPUESTA COMERCIAL No. 033984-51694
Producto: KIT Planta de Tratamiento de Agua Lluvia Completo

Señor: ALAN HENAO / 3214117200 / FUSAGASUGA - (CUNDINAMARCA) / alan_henao@hotmail.com

De acuerdo con su amable solicitud le enviamos la cotización del sistema de aprovechamiento de aguas lluvias con su ficha técnica, agradecemos su interés en nuestros productos y esperamos que esta información le sea de gran utilidad. Más de 70 años de experiencia han hecho de Eduardoño una empresa líder gracias a su tecnología, calidad, respaldo y garantía. Estaremos atentos a resolver cualquier inquietud adicional.

Detalle Producto	Cant	UM	Valor Unit	% IVA	% Impoc	Subtotal	% Dcto	Total	Moneda
KIT Planta de Tratamiento de Agua Lluvia Completo	1	-	5,532,200	19.0	0.0	6,583,318	0.0	6,583,318	COP

Condiciones Comerciales:
 La planta incluye (Filtros + Tuberías + Skid metálico + Dosificador de cloro + Lámpara UV + Bomba de alimentación).

Comentarios:

- Forma de pago: Cincuenta por ciento de anticipo y el saldo previo al aviso de entrega
- Validez: 30 días calendario
- Tiempo de entrega: A convenir entre las partes.
- Garantía: (1 año) en todos los componentes.
- Este precio no incluye transporte, instalación o cualquier otro servicio que no esté detallado en esta oferta.
- En caso de reclamación o garantía no se incluyen los gastos de transporte de la planta o desplazamiento de los técnicos.

Asesor: CESAR AUGUSTO GOMEZ MAHECHA
 Tel.: 3904042 EXT. 1524
 E-mail: cgomez@eduardono.com

- Sujeto a disponibilidad de los productos en el inventario.
 - Las imágenes son representativas y pueden presentar variaciones.

018000 180 180 www.eduardono.com

