

**Análisis del uso de agua lluvia como alternativa para el abastecimiento de agua en los
barrios 20 de julio y 23 de abril en Chibolo, Magdalena**

Gustavo Adolfo Fajardo Toloza

Laura Patricia Sandoval Rodríguez

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Bogotá, D.C., diciembre de 2020

**Análisis del uso de agua lluvia como alternativa para el abastecimiento de agua en los
barrios 20 de julio y 23 de abril en Chibolo, Magdalena**

Gustavo Adolfo Fajardo Toloza

Laura Patricia Sandoval Rodríguez

I.C. Antonio Preziosi Ribero

Director

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Bogotá, D.C., diciembre de 2020

Tabla de contenido

	Pág.
Resumen	7
Glosario	9
1. Introducción y formulación del problema	10
1.1 Objetivos	12
1.1.1 General	12
1.1.2 Específicos	12
1.2 Justificación	12
2. Estado del arte	14
2.1 Geográfico	14
2.2 Teórico	17
2.3 Tecnológico	18
2.3.1 Sistemas de captación y aprovechamiento de aguas lluvias.	18
2.3.2 Sistemas de aprovechamiento pluvial.	20
2.3.3 Colombia.	22
2.3.4 Normatividad aplicable.	23
3. Metodología	26
4. Desarrollo	28
4.1 Resultados e impacto	28
4.2 Análisis hidrológico	28
4.2.1 Estaciones pluviométricas del IDEAM.	30

4.2.2 Precipitación mensual y multianual.	31
4.2.3 Cantidad de agua lluvia disponible.	36
4.2.4 Demanda de agua.	38
4.3 Sistema propuesto	45
5. Conclusiones y recomendaciones	50
Referencias	52

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Estado actual de planta de tratamiento y tanque elevado de almacenamiento</i>	16
Tabla 2. <i>Alcantarillado Chibolo</i>	17
Tabla 3. <i>Características principales estaciones pluviométricas</i>	31
Tabla 4. <i>Precipitación mínima promedio mensual multianual (mm)</i>	32
Tabla 5. <i>Precipitación media promedio mensual multianual (mm)</i>	33
Tabla 6. <i>Precipitación máxima promedio mensual multianual (mm)</i>	33
Tabla 7. <i>Coefficiente de escorrentía de acuerdo con el material de la superficie de captación</i>	36
Tabla 8. <i>Censo Barrio 23 de abril</i>	39
Tabla 9. <i>Censo Barrio 20 de julio</i>	40
Tabla 10. <i>Cantidad de habitantes en el Barrio 23 de abril y 20 de julio</i>	40
Tabla 11. <i>Demanda para Barrio 20 de julio, considerando una pérdida del 25%</i>	44
Tabla 12. <i>Demanda para Barrio 23 de abril, considerando una pérdida del 25%</i>	44
Tabla 13. <i>Superávit y déficit para el Barrio 23 de abril y Barrio 20 de julio</i>	45

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Ubicación geográfica de Chibolo, Magdalena	14
<i>Figura 2.</i> Imagen Celda Aquacell	21
<i>Figura 3.</i> Imagen Sistema Drenatura StormTech	22
<i>Figura 4.</i> Fases para realizar el desarrollo del trabajo	27
<i>Figura 5.</i> Mapa precipitación anual del Departamento del Magdalena	29
<i>Figura 6.</i> Ubicación estaciones pluviométricas	30
<i>Figura 7.</i> Precipitación mínima promedio mensual multianual (mm)	32
<i>Figura 8.</i> Precipitación media promedio mensual multianual (mm)	33
<i>Figura 9.</i> Precipitación máxima promedio mensual multianual (mm).	34
<i>Figura 10.</i> Espacialización de los valores medios de la precipitación en el mes de septiembre	35
<i>Figura 11.</i> Volumen mínimo de agua que se recolecta en el mes (m ³)	37
<i>Figura 12.</i> Volumen medio de agua que se recolecta en el mes (m ³)	38
<i>Figura 13.</i> Volumen máximo de agua que se recolecta en el mes (m ³)	38
<i>Figura 14.</i> Proyección población habitantes Barrio 23 de abril	42
<i>Figura 15.</i> Proyección población habitantes Barrio 20 de Julio	42
<i>Figura 16.</i> Prediseño Sistema de recolección de agua	48
<i>Figura 17.</i> Prediseño Sistema de recolección de agua para cubierta a dos aguas	48
<i>Figura 18.</i> Tabla de materiales y detalle de filtro de recolección	49

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo proponer una alternativa para el aprovechamiento del agua lluvia a partir de un estudio hidrológico, cuyo resultado sirve para la elaboración de un pre-diseño de un sistema de recolección de agua para los barrios 20 de julio y 23 de abril del municipio de Chibolo, Magdalena, y de esa forma contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

La metodología empleada es de carácter cuantitativo- cualitativo, en la cual se desarrollan 4 aspectos fundamentales a saber: cálculo de la precipitación mensual multianual; estimación de la demanda; evaluación de la relación entre oferta y demanda; y el prediseño para el sistema de recolección de agua.

Se muestra la cantidad de agua con la que se cuenta cada mes para cada barrio teniendo en cuenta que el uso del agua recolectada será únicamente doméstico, finalmente se dan recomendaciones estructurales y de limpieza para el buen aprovechamiento del sistema

Palabras Clave: estudio hidrológico, demanda y oferta hídrica, sistema de aprovechamiento de agua lluvia

Abstract

The objective of this work is to propose an alternative for the use of rainwater using a hydrological study, the result of which is used to prepare a pre-design of a water collection

system for the neighborhoods of July 20th and April 23rd, municipality of Chibolo, Magdalena, and thus contribute to the improvement of the quality of life of its inhabitants.

The methodology used is quantitative-qualitative in nature, in which 4 fundamental aspects are developed, namely: calculation of multi-year monthly precipitation; estimation of demand; evaluation of the relationship between supply and demand; and the pre-design for the water collection system.

The amount of water available each month for each neighborhood is shown, taking into account that the use of the collected water will only be domestic, finally structural and cleaning recommendations are given for the good use of the system

Keywords: hydrological study, water supply and demand, rainwater harvesting system.

Glosario

Escorrentía: proceso físico que consiste en el escurrimiento del agua de lluvia por la red de drenaje hasta alcanzar la red fluvial.

Litoral: Es el área de transición entre los sistemas terrestres y marinos

Estación Pluviométrica: Lugar destinado a la obtención de datos de precipitación. Se cuenta para ello con un pluviómetro. Además de la cantidad precipitada es importante anotar qué tipo de fenómeno ha dado lugar a la precipitación. Los datos se anotan siguiendo el horario del día pluviométrico.

Precipitación: es la caída de agua desde la atmósfera hacia la superficie terrestre.

Agua no potable: Aquellas cuyas condiciones físicas, químicas y sus caracteres microbiológicos no son sanitariamente tolerable

Oferta: Es la cantidad de agua potable y/o lluvia con la que cuenta el municipio

Demanda: La demanda se realiza con el fin de conocer la cantidad de agua que se necesita para abastecer una población

1. Introducción y formulación del problema

El agua potable es un recurso indispensable para los seres humanos y su uso además ayuda para el desarrollo de actividades agrícolas. Sin embargo, la mitad de la población total de la tierra no dispone de agua, o aquella de la que dispone no es sana (ONU, 2000).

En el Departamento del Magdalena llueve en promedio entre 50 y 100 días al año. En sectores aislados de la franja costera el número es menor y en las estribaciones de la Sierra Nevada se incrementan hasta superar los 200 días (Atlas, IDEAM).

En el Municipio de Chibolo, Magdalena, la escasez de agua es crítica, pues al encontrarse en la zona central del departamento, las precipitaciones son demasiado bajas y por ende la disponibilidad de agua es deficiente, complicando aún más la situación, cuando en el municipio no ha habido ningún estudio o proyecto referente o afín al aprovechamiento de aguas lluvia, debido a la falta de infraestructura requerida para los sistemas de captura, almacenamiento, tratamiento y distribución del agua. El municipio cuenta con un acueducto que funciona diariamente entre 6 y 8 horas, además de esto, en algunos sectores del municipio el suministro de agua potable puede tardar aproximadamente 15 días en llegar a sus hogares. Es así como la gran mayoría de habitantes de Chibolo optan por utilizar aguas lluvia para consumo humano y labores diarias.

Se determinará la oferta de aguas lluvia y el régimen de estas a partir de un análisis hidrológico para saber con qué cantidad de agua se cuenta; se verificará la demanda de agua de uso no potable en los Barrios 20 de julio y 23 de abril. Luego, se planteará un posible diseño de

captación de aguas lluvia y una serie de recomendaciones para el buen aprovechamiento de este recurso.

Como punto de partida de este proyecto, se realizaron visitas domiciliarias que sirvieron de insumos reales preparatorios, luego se consultó bibliografía para investigar y aclarar conceptos básicos. Además de lo anterior el documento contiene una serie de experiencias de algunas Instituciones en aprovechamiento de agua a nivel estructural que de una u otra forma sirven de referente para la elaboración de este proyecto.

Según el Plan de Desarrollo Chibolo, Magdalena, “Tu necesidad es mi compromiso 2016-2019”, en Chibolo una de las problemáticas más importantes es la disminución del recurso hídrico originado por los efectos del cambio climático, los procesos erosivos y la reducida cobertura vegetal tanto a lo largo de los cauces, como en sus nacimientos y franjas de retiro, originada por la eliminación del bosque protector. Todo esto ha generado la escasez del líquido vital. Se evidencia también que en la época de lluvia se provocan grandes crecientes e inundaciones causando daños y aislando las poblaciones ribereñas. En la zona urbana uno de los barrios afectados es el barrio 23 de abril por falta de canalización en los arroyos.

El problema que busca resolver este proyecto de investigación consiste en proponer una forma de abastecimiento de agua no potable en los barrios 20 de julio y 23 de abril del municipio de Chibolo, utilizando la oferta disponible de agua lluvia, para así proceder con las recomendaciones pertinentes de diseño de la estructura hidráulica que logre mitigar la falta del agua en la zona mencionada.

1.1 Objetivos

1.1.1 General

Proponer una alternativa para el uso de agua no potable (aguas lluvia) a partir del análisis hidrológico y de demanda que contribuya al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes en los barrios 20 de julio y 23 de abril, en Chibolo, Magdalena.

1.1.2 Específicos

- Calcular la oferta de aguas lluvia y el régimen de las mismas en Chibolo, Magdalena
- Estimar una demanda de agua de uso no potable en la zona de Chibolo o en municipios de características similares.
- Evaluar la relación entre oferta y demanda de agua en Chibolo, Magdalena.
- Proponer un prediseño para una solución de abastecimiento de agua potable a partir de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvia

1.2 Justificación

El Municipio de Chibolo tiene un reto de planeación y reorganización de su cabecera ya que su crecimiento presenta un déficit en el suministro de servicios públicos esenciales como agua potable, alcantarillado y energía. Se suma a esto que las áreas construidas de las viviendas son insuficientes para el tamaño de las familias. Debido a lo anterior, se generan situaciones de hacinamiento en viviendas que a su vez ocasionan problemas de salubridad y servicios públicos.

Esta situación incide directamente en la calidad de vida de la colectividad en general, la producción y el buen desempeño de la región, y a mayor nivel, la del país. Además, la Ley 373 (1997), exige a las entidades públicas que están interesadas en adelantar proyectos que consuman agua, que cuenten con el estudio de fuentes de abastecimiento, la oferta de aguas lluvia y su implantación, uso, si es técnico y económicamente viable. Por tal razón en los barrios 20 de julio y 23 de abril se encuentra la necesidad de hacer un estudio hidrológico para el aprovechamiento de aguas lluvia como prioridad, para mitigar a corto y/o mediano plazo esta necesidad latente en la zona de estudio y así tener a su disposición una determinada cantidad de agua que les permita realizar sus labores cotidianas.

2. Estado del arte

2.1 Geográfico

Ubicación. El proyecto se llevará a cabo en Chibolo Magdalena. El Municipio limita al norte con los municipios de El Piñón y Pivijay, al sur con Tenerife y Plato, al occidente con el Municipio de Sabana de San Ángel y al oriente con el Municipio de Punta de Piedra (Zapayán). En la Figura 1 se muestra de manera esquemática la localización general del Municipio.

Latitud: 10° 1'41.23"N

Longitud: 74°37'17.67"O

Extensión total: 2.516 km²

Temperatura media: 28.3°C



Figura 1. Ubicación geográfica de Chibolo, Magdalena. Fuente: Wikimedia (2012). Recuperado de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia_-_Magdalena_-_Chibolo.svg

Chibolo no cuenta con vías de comunicación aéreas y fluviales; en cuanto a sus vías terrestres según el Plan de Desarrollo Chibolo Magdalena “*Tu necesidad es mi compromiso 2016-2019*”, éstas no se encuentran en buen estado y en la temporada de invierno dichas vías se vuelven intransitables, trayendo problemas a visitantes, transportadores, comerciantes, productores agrícolas entre otros. La principal vía de acceso al municipio, las vías intermunicipales y veredales, no se encuentran pavimentadas, están conformadas en su mayor parte con material afirmado o en material suelto que dificulta el tránsito vehicular con condiciones mínimas de seguridad para conductores usuarios y peatones.

Acueducto. El sistema de acueducto en la cabecera municipal es abastecido por medio de una estación de bombeo que se encuentra ubicada cerca a la ciénaga de Zapayán a 16.73 km del casco urbano. La calidad del agua no es óptima para el consumo humano, según el Ministerio de Salud. Por otro lado, la prestación del servicio es insuficiente ya que se presta por seis horas diarias y en algunos hogares no llega en todo el día.

En la Tabla 1 se ilustran, con fotografías, las condiciones en las que se encuentra el acueducto de Chibolo; se puede identificar que los procesos de tratamiento al agua son precarios y las máquinas tienen años de trabajo sin embargo se encuentra en buenas condiciones. El agua se capta en el municipio de Piedra de Moler, Magdalena, con un caudal de alrededor de 25 L/s e ingresan a una planta que cuenta con: dos tanques de almacenamiento uno de 180 m³ y el otro de 350 m³, un aireador de escalones, y un dosificador Sulfato de Aluminio tipo A. Esta planta surte a la población cerca de 30 L/s por medio de una tubería de polietileno de 8”. También cuenta con un tanque elevado de almacenamiento, pero no se tiene información de la cantidad de agua que almacena, ni que barrios abastece.

Tabla 1

Estado actual de planta de tratamiento y tanque elevado de almacenamiento

<i>Ingreso a Planta de Tratamiento.</i>	<i>Aireador tipo escalonado.</i>	<i>Dosificación de hipoclorito.</i>
		
<p><i>Cuarto de máquinas.</i></p>	<p><i>Tanques de almacenamiento.</i></p>	<p><i>Tanque elevado de almacenamiento.</i></p>
		

Fuente: Elaboración propia.

Alcantarillado. Actualmente la entidad que presta el servicio es CoopserChivolo LTDA- Cooperativa de servicios públicos de Chibolo, en el sector urbano cuenta el 80% con el servicio y en el área rural solo el 20%. En la Tabla 2 se ilustran con fotografías las piscinas de lixiviados y el relleno sanitario, estos se encuentran cerca de un barrio de invasión llamado El Tiburón, generando enfermedades y aumento de la mortalidad.

Tabla 2
Alcantarillado Chibolo

<i>Llegada a las piscinas de lixiviados.</i>	<i>Piscinas de lixiviados.</i>
	

Fuente: Elaboración propia

2.2 Teórico

La lluvia es una alternativa de dotación de agua para brindar una solución inmediata a las personas que están afectadas o no cuentan con una red de distribución óptima, esta es utilizada con fines no potables. A continuación, se darán algunas definiciones relacionadas con el tema, leyes, decretos o normas que sustentan la importancia de este recurso en Colombia y el Mundo.

En Colombia es normal encontrar Municipios que no cuentan con sistema de acueducto y alcantarillado, por lo tanto, para abastecerse, tienen que recorrer largas distancias. Sin embargo, el servicio adquirido no posee las condiciones mínimas que puedan garantizar el bienestar del consumidor. Es así como la captación de aguas lluvia se convierte en una fuente alterna de abastecimiento para algunas actividades humanas.

De acuerdo con el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) y su censo nacional de población y vivienda realizado en el año 2018, existen 14.243.223 hogares a nivel nacional, de los cuales el 86,4% cuentan con servicio de acueducto (relacionado a disposición

de agua potable) y 76,6% cuentan con servicio de alcantarillado (relacionado con servicio de tratamiento de aguas residuales) (Gualteros, 2019). De acuerdo con esto, en el departamento del Magdalena las viviendas que cuentan con el servicio de acueducto son aproximadamente el 39.47 % correspondiente a centros poblados y rural disperso, el 84.62 % a cabeceras municipales y en general el departamento del Magdalena el 72.33% cuenta con servicio de acueducto.

La Constitución Política de Colombia de 1991, promulga en el artículo 366, que todos los colombianos tienen el derecho al acceso de agua potable y saneamiento básico, requisitos que el Estado debe proveer para lograr el bienestar general de la población. A partir del documento “Política para el suministro de agua Potable y Saneamiento básico”, CONPES 3810, del Departamento Nacional de Planeación: “para el año 2006, el Gobierno Nacional adoptó como política sectorial la implementación de los Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento (PDA)” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Como consecuencia, los municipios que tienen baja capacidad institucional y financiera tienen la responsabilidad de proveer de agua y saneamiento básico a sus poblaciones.

2.3 Tecnológico

2.3.1 Sistemas de captación y aprovechamiento de aguas lluvias

La Organización Panamericana de la Salud – OPS (2004) define la captación de aguas lluvias como una técnica que permite obtener agua para el consumo humano y uso agrícola donde no se dispone o es escasa el agua dulce superficial para dichas actividades. La captación de aguas lluvia con fines domésticos se realiza a nivel de techos, utilizando la superficie de los techos como sistema de captación evitando así su contaminación. El agua lluvia después de ser interceptada, colectada, es almacenada para su posterior uso.

La captación de aguas lluvia y el almacenamiento para luego ser utilizada en actividades de tipo agrícola, pecuario y doméstico es una de las tecnologías más antiguas en el mundo y de la cual los seres humanos se han beneficiado desde hace miles de años

Debido a la necesidad de utilizar los recursos naturales de una manera óptima y regulada, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Universidad Pontificia Bolivariana, en el año 2014, crearon una guía para establecer premisas de diseño como respuesta a un contexto determinado y único, las cuales deben ser integradas en el desarrollo del proyecto que se espera ejecutar. Cabe aclarar que siempre es necesario realizar un análisis detallado del lugar donde el proyecto será edificado, con el fin de establecer relaciones con el entorno pertinentes, que permitan trazar una estrategia de diseño apropiada, con el fin de procurar un ambiente propicio para la habitabilidad humana, a partir de la relación entre el clima, el espacio, el suelo, el agua, y el usuario, con el ambiente construido (Camacol, 2015)

Se presentarán los diferentes proyectos y sistemas que se han desarrollado alrededor del mundo tanto en zonas rurales y urbanas, a nivel doméstico y comunitario, como para uso agrícola y humano. Entre ellos se encuentra:

2.3.1.1 Europa

Alemania (Belss-Luedecke- StrasseBuildingStatees). Un proyecto que está compuesto por una cubierta de 7.000 m² que recolecta agua en un tanque de 160 m³, este también almacena agua que viene del escurrimiento en las calles, parqueaderos y vías peatonales.

Reino Unido (Sistema de captación Milenio Verde). Sirve como suministro suplementario para usos no potables como: lavado de ropa, descarga de sanitarios, riego de jardines y limpieza en general de superficies.

2.3.1.2 Suramérica

Brasil, Honduras, República Dominicana y Nicaragua. Estos países en conjunto con una ONG hicieron un proyecto que consiste en fabricar en concreto prefabricado o reforzado con mallas de alambre un millón de tanques para el aprovechamiento del agua lluvia el cual beneficiaría a cinco millones de personas (Anaya, 2009).

2.3.2 Sistemas de aprovechamiento pluvial

2.3.2.1 Sistema Ecobloc Flex Drenaje Sostenible (GRAF).

Es una tecnología que se desarrolló en Alemania; son módulos para la infiltración de agua lluvia y la recuperación de agua de precipitaciones, permite un control eficaz de la instalación de módulos EcoBloc Inspect flex son premontados reduciendo la necesidad de accesorios en la obra y reducen los costos de transporte y las emisiones de CO²

2.3.2.2 Almacenamiento Hidráulico AquaCell de PAVCO.

El sistema almacena agua en el área donde se precipita para luego ser absorbida dentro de la estructura formada por las celdas AquaCell, se infiltra en el suelo o puede ser retenida antes de ser descargada al alcantarillado o conservada para ser reusada en riego, limpieza o aparatos sanitarios como se muestra en la Figura 2.

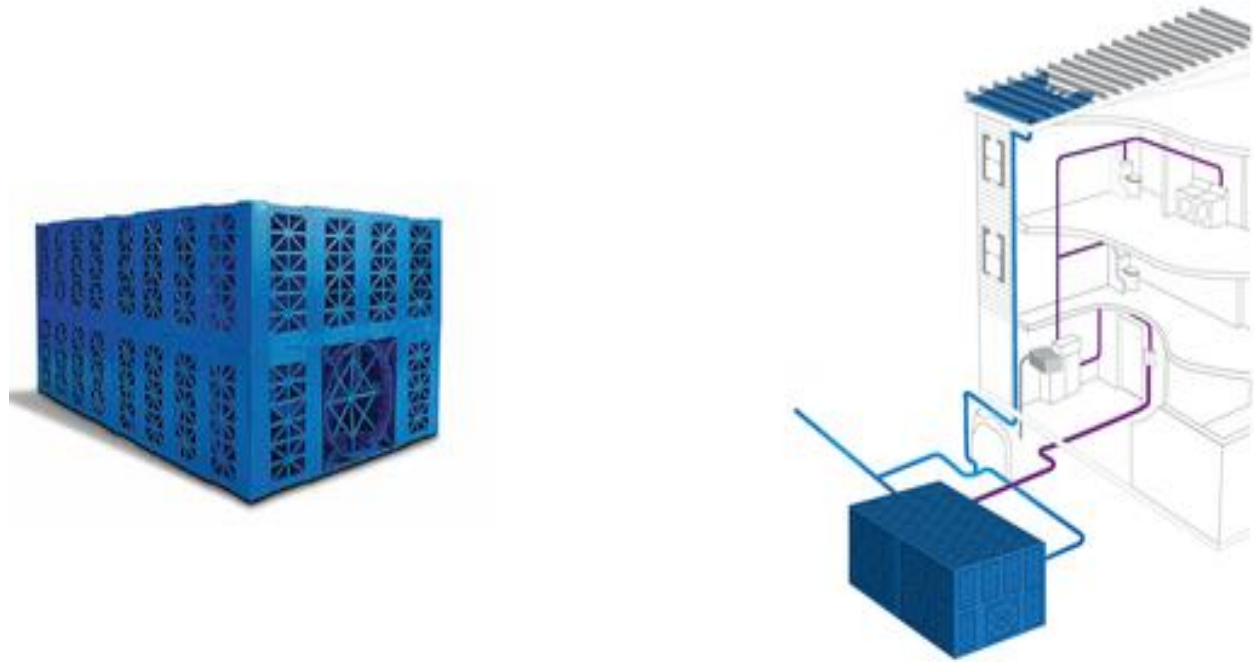


Figura 2. Imagen Celda Aquacell. Fuente: <https://www.archdaily.co/catalog/co/products/13631/sistema-de-agua-aquacell-pavco>.

2.3.2.3 Sistema Stormtech (ADS Tigre)

Es una tecnología desarrollada en Estados Unidos para el aprovechamiento pluvial, las cámaras de infiltración han sido diseñadas conforme a los estándares más rigurosos del sector para alcanzar una excelente integridad estructural. El sistema Drenature StormTech incorpora procesos de tratamiento a las aguas de escorrentía previamente a su infiltración mediante una línea de aislamiento (Figura 3). La línea de aislamiento se dimensiona para recibir un volumen estimado de calidad de aguas, correspondiente al 90% de la escorrentía producida anualmente en la cuenca. De esta forma se proporciona seguridad y garantías en la aplicación y se facilita la inspección y mantenimiento de todo el sistema.



Figura 3. Imagen Sistema Drenatura StormTech. Nota: Stormtech de Drenatura. Fuente: <http://www.drenatura.com/aguas-pluviales-infiltracion-stormtech.html#/?playlistId=0&videoId=0>

2.3.3 Colombia.

Actualmente en Colombia el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible CCCS es la institución encargada de evaluar los procesos de construcción, se compone de 178 miembros entre los cuales están empresas constructoras, fabricantes de insumos, instituciones educativas, entre otros.

A continuación, se mostrarán algunas de las edificaciones que se encuentran certificadas en Colombia, ya que sus sistemas pluviales han satisfecho la demanda en gran medida.

Sede Bancolombia- Medellín. El edificio posee la certificación LEED EB: OM v2009 además está completamente automatizada en sistemas hidrosanitarios contando con red de riego, electroválvulas, aguas de condensación y recolección de aguas lluvias que cooperan con el sistema de aire acondicionado en la estructura aparte un sistema óptimo contra incendios que también funciona con estas aguas (Grupo Bancolombia, 2016).

Colegio Rochester en Chía. La estructura tiene un sistema para reducir el consumo de agua potable, otorga beneficios hidráulicos, un sistema que controla las escorrentías por eventos de lluvias torrenciales, instalación de dispositivos ahorradores para duchas, lavamanos y sanitarios con el fin de reducir el consumo de agua (Colegio Rochester, 2015).

Almacén Alkosto Villavicencio. La estructura posee una cubierta de 1061 m² y un tanque de 150 m³, cuenta con un sistema de desinfección que permite satisfacer la demanda anual del almacén

Almacén Alkosto Venecia Bogotá. Cuenta con una cubierta de 6000 m² logrando satisfacer al 75% la demanda anual del almacén

2.3.4 Normatividad aplicable.

De acuerdo con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio uno de sus objetivos es que más colombianos tengan el derecho a vivir dignamente, es así, como implementa políticas, normas, planes, programas y proyectos en donde se abarca la vivienda, agua potable, saneamiento básico y desarrollo urbano y rural para mejorar la calidad de vida y así hallar una disminución de la pobreza en la población. Conforme a lo anterior se expone:

Constitución Política 1991. Artículo 49. La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud.

Ley 373 de 1997. Uso eficiente del recurso hídrico: Se entiende por programa para el uso eficiente y ahorro de agua el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.

Como establece el Artículo 9 de esta Ley, las entidades públicas encargadas de otorgar licencias o permisos para adelantar cualquier clase de proyecto que consuma agua deberán exigir que se incluya en el estudio de fuentes de abastecimiento, la oferta de aguas lluvias y que se implante su uso si es técnica y económicamente viable.

Ley 1977 de 2019. Artículo 4 Evaluación al uso y ejecución a los recursos del Sistema General de Participaciones para Agua Potable y Saneamiento Básico.

Parágrafo 1: El Gobierno nacional y los departamentos en el marco de sus competencias darán asistencia técnica a los distritos y municipios, directamente o a través de un mecanismo que se diseñe para ello, para que puedan cumplir con la responsabilidad de proveer el servicio de acueducto, alcantarillado y aseo como garantes de la prestación del servicio.

Parágrafo 2. Cuando haya proyectos de prestación del servicio de acueducto, alcantarillado y aseo de los municipios, los departamentos contribuirán a facilitar la coordinación del proceso.

La nación y los departamentos podrán promover y apoyar financieramente proyectos regionales de prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo que involucre dos o más municipios

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 2000, del Ministerio de Desarrollo Económico, Sección II, Título D. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales.

3. Metodología

La metodología que se va a utilizar en la siguiente investigación es de carácter cualitativo y cuantitativo (Figura 4). En la primera parte se realizará la recolección de datos, revisión de bibliografía y leyes para la caracterización del uso de aguas lluvia. Se identifican los métodos para la cuantificación de la precipitación pluvial a la fecha y la cantidad de aguas lluvia captada y así realizar el respectivo estudio.

Se requiere la realización de un balance hídrico que permita la identificación de los volúmenes (disponibilidad actual y futura) y valor económico de la producción obtenidos a partir del uso de las aguas lluvia.

Se realiza la investigación de los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvia actuales y obsoletos para finalmente realizar un prediseño que logre mitigar la falta de agua en los barrios ya mencionados en el Municipio de Chibolo, Magdalena

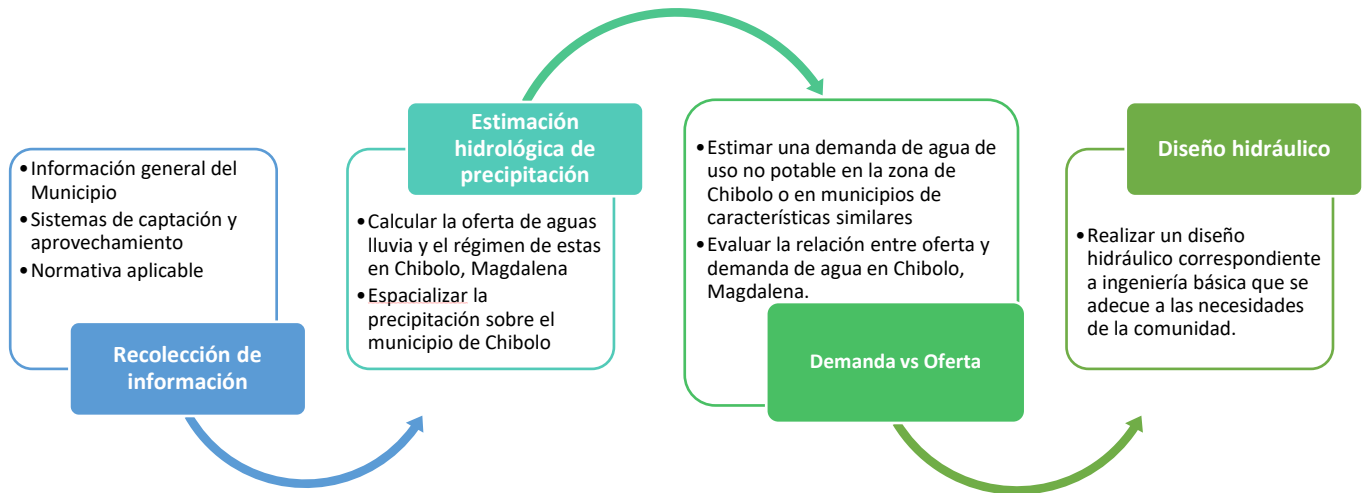


Figura 4. Fases para realizar el desarrollo del trabajo. Fuente: Elaboración Propia.

4. Desarrollo

4.1 Resultados e impacto

Este estudio se realizó con información primaria recolectada en trabajo de campo e información secundaria suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. De la información secundaria se obtuvieron los registros hidrometeorológicos de las estaciones de precipitación con datos disponibles en la zona del proyecto, con un período de registro desde 1982 hasta el 2016 para poder tener una buena confiabilidad en los datos resultantes.

La información primaria se recopiló en campo, y se refiere a un censo realizado a 20 familias para saber en qué condiciones se encuentran los habitantes.

Tanto la información secundaria como la primaria se analizaron según los procedimientos estadísticos y matemáticos requeridos.

4.2 Análisis hidrológico

De los diversos procesos meteorológicos que ocurren continuamente en la atmósfera, los más importantes para la hidrología son los de precipitación y evaporación, en los cuales la atmósfera interactúa con el agua superficial. La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca (Chow, Maidment y Mays, 1994).

El Departamento del Magdalena se caracteriza por presentar lluvias moderadas en gran parte de su territorio, excepto las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta en donde presenta un incremento de llubvia respecto a las zonas bajas del departamento.

Sobre la franja litoral los volúmenes de precipitaciones son menores a 1000 mm/año. En la parte plana se presentan lluvias entre 1000 y 1500 mm/año. Al extremo sur, en el municipio de El Banco y en las estribaciones de la Sierra Nevada, los valores de precipitación superan incluso los 2000 mm/año como se puede ver en la Figura 5.

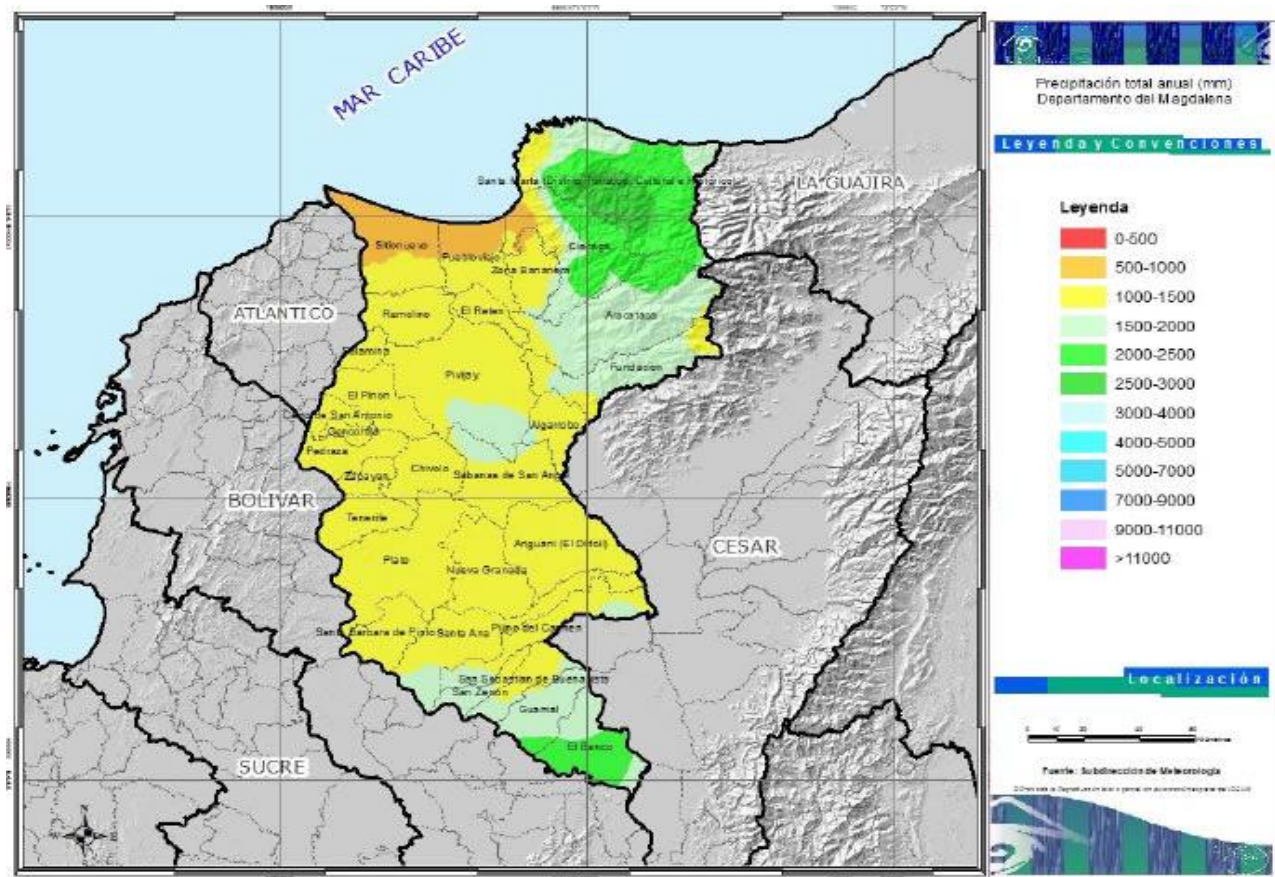


Figura 5. Mapa precipitación anual del Departamento del Magdalena. Fuente: Mapa Precipitación anual del Departamento del Magdalena. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) <http://www.ideam.gov.co/MAPAS>

4.2.1 Estaciones pluviométricas del IDEAM

En el área de estudio se encontraron cuatro (4) estaciones pluviométricas (PM) que poseen registros de los niveles de precipitación máxima, media y mínima a escala mensual y anual entre el intervalo de tiempo desde 1982 hasta el 2016. En la Figura 6 se muestra la ubicación de las estaciones identificadas con marcador verde en estudio con respecto a la ubicación de Chibolo Magdalena identificada con marcador amarillo. En la Tabla 3 se presentan la ubicación de cada una de las estaciones con su respectivo código, ninguna se encuentra suspendida y la tecnología que utilizan es convencional.



Figura 6. Ubicación estaciones pluviométricas. Fuente Google Earth Pro. Fecha de imagen:2/12/2019. Fecha de captura 22/07/2020, 11:00 a.m. Fotografía portada

Tabla 3
Características principales estaciones pluviométricas

CODIGO	NOMBRE	FECHA INSTALACIÓN	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD
25021600	Apure	1982-07-15	85	9,8725	-74,5803
28040100	Monterrubio	1963-01-15	100	10,2336	-74,2732
29020020	Garrapata	1984-11-15	60	10,3215	-74,4239
29050010	Tiogollo	1982-06-15	41	10,3444	-74,7321

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2020).

4.2.2 Precipitación mensual y multianual

Para el análisis de los datos de precipitación se tomaron en cuenta todas las estaciones meteorológicas. Se realiza un análisis de precipitaciones máximas, medias y mínimas y se determina la precipitación total promedio mensual multianual de cada una de las estaciones de estudio descartando los años que presentan datos incompletos o inconsistentes.

No se llevó a cabo un análisis de homogenización y complementación de las series de precipitación mensual para las estaciones analizadas ya que este estudio contempla sólo una descripción de la precipitación media mensual multianual a lo largo del año promedio y el trazado de las isolíneas de precipitación a nivel promedio anual.

Para las precipitaciones mínimas el máximo valor es de 87 mm en el mes de septiembre en la estación de Monterubio, mientras que el menor valor se presenta en el mes de enero para la estación Tiogollo con 1 mm, la cual se presenta en la Tabla 4 y en la Figura 7.

Tabla 4
Precipitación mínima promedio mensual multianual (mm)

MESES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
Apure	2	3	10	32	30	41	45	51	61	40	20	3
Monterubio	4	2	4	45	38	20	24	45	87	53	34	6
Garrapata	2	3	10	12	25	10	22	20	19	20	10	3
Tiogollo	1	6	4	4	6	1	2	1	3	4	5	5

Fuente: Elaboración propia

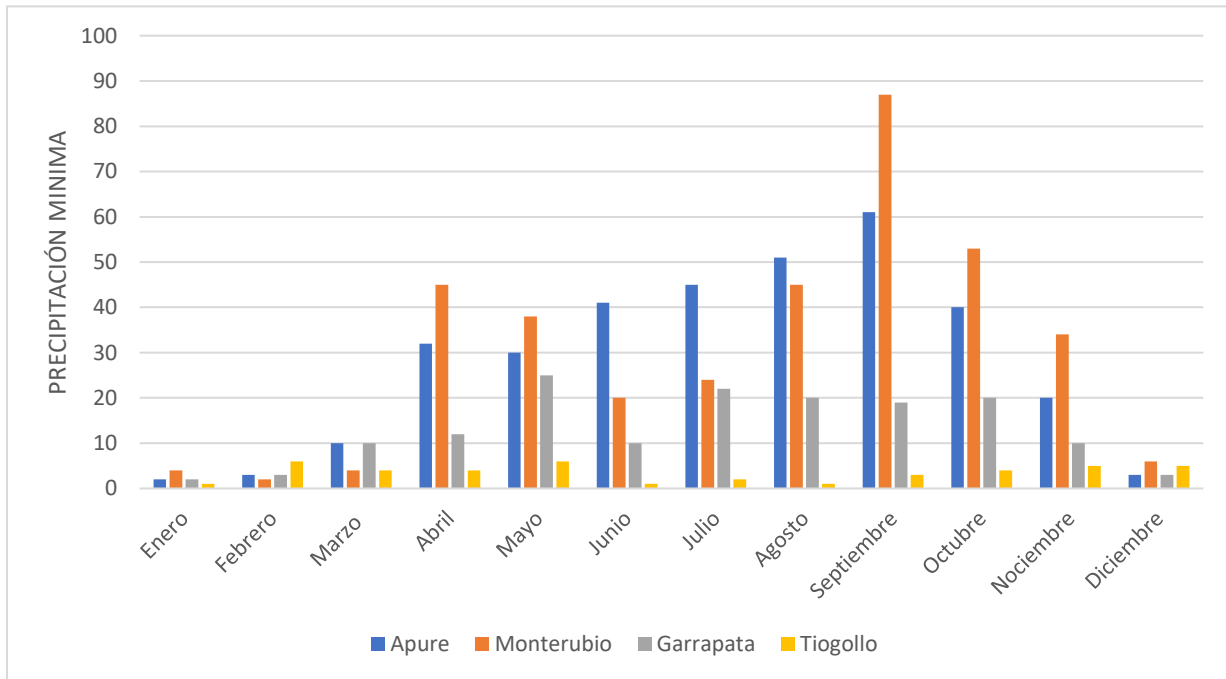


Figura 7. Precipitación mínima promedio mensual multianual (mm). Fuente: Elaboración propia.

Para las precipitaciones medias el máximo valor es de 231.39 mm en el mes de octubre en la estación de Monterubio, mientras que el menor valor se presenta en el mes de enero para la estación Tiogollo con 15.5 mm, la cual se presenta en la Tabla 5 y en la Figura 8.

Tabla 5
Precipitación media promedio mensual multianual (mm)

MESES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Apure	38	56	95	114	135	145	138	169	181	143	108	63
Monterubio	34	55	85	189	184	154	144	212	219	231	167	52
Garrapata	20	29	53	56	55	44	51	47	57	65	51	31
Tiogollo	15	23	49	123	145	145	149	187	183	194	101	39

Fuente: Elaboración propia

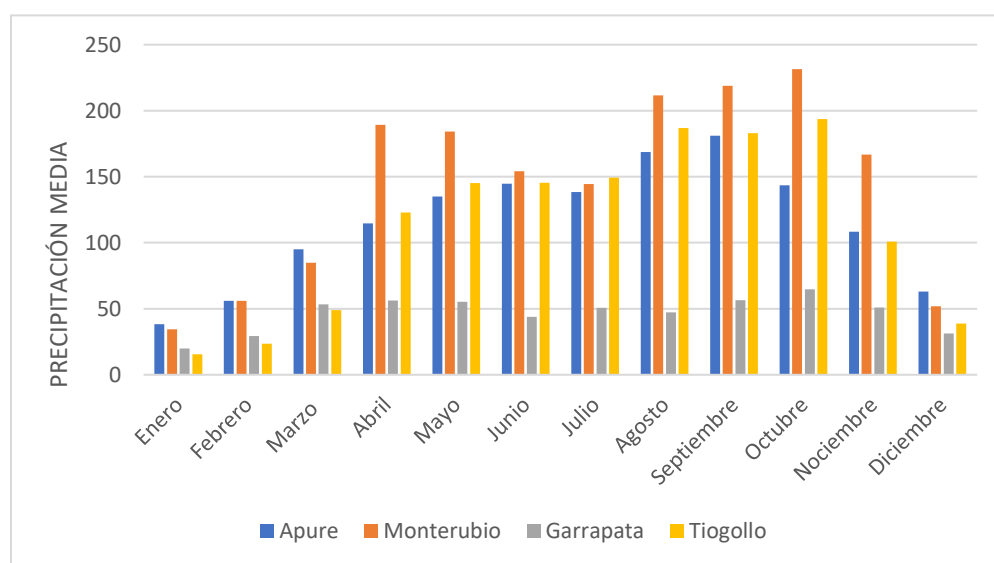


Figura 8. Precipitación media promedio mensual multianual (mm). Fuente: Elaboración propia

Para las precipitaciones máximas, el máximo valor es de 741 mm en el mes de agosto en la estación de Monterubio, mientras que el menor valor se presenta en el mes de enero para la estación Garrapata con 50 mm, la cual se presenta en la Tabla 6 y la Figura 9.

Tabla 6
Precipitación máxima promedio mensual multianual (mm)

MESES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Apure	137	176	278	264	260	407	398	281	328	434	333	159
Monterubio	111	333	236	553	354	319	385	741	491	458	513	204
Garrapata	50	70	100	93	100	110	80	100	103	123	105	71
Tiogollo	70	90	80	81	130	80	69	105	135	98	108	53

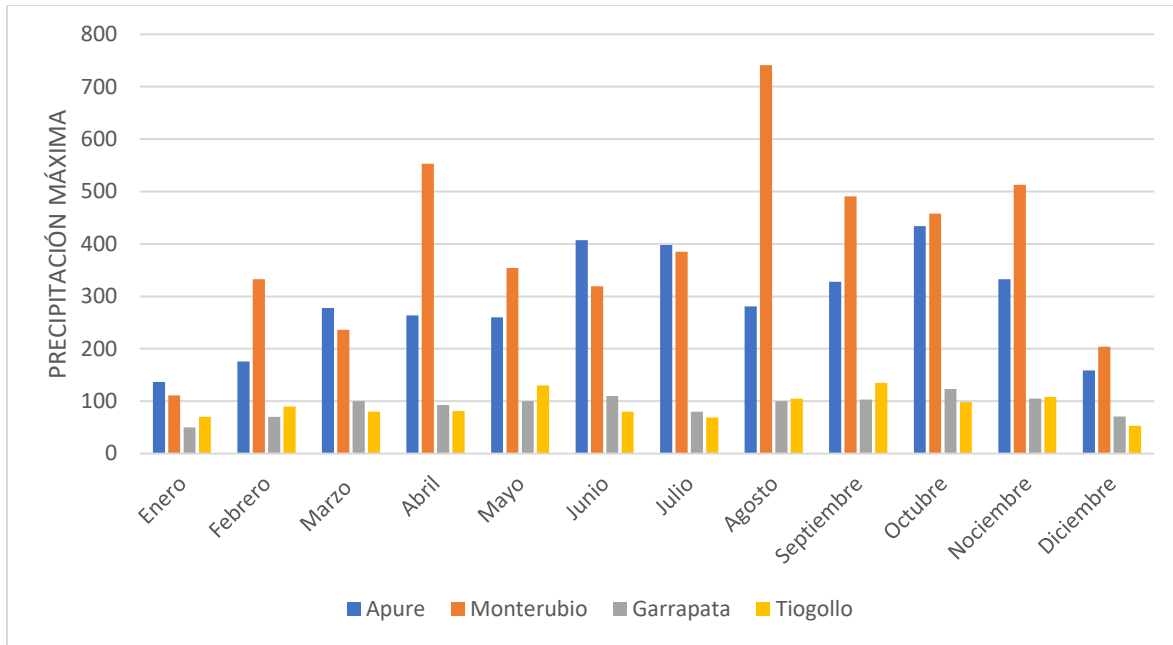


Figura 9. Precipitación máxima promedio mensual multianual (mm)

De acuerdo al histograma presentado en la Figura 8 la precipitación tiene un comportamiento bimodal, desde noviembre a febrero se presenta la época seca, donde enero es el mes más seco; la temporada de lluvia se da desde mayo hasta octubre, siendo el mes de octubre el mes en donde se presenta la mayor cantidad de lluvia.

Para realizar el análisis hidrológico de las estaciones se procesan los datos de las precipitaciones de los últimos años: 1. Se ordenan los datos, 2. Se hace un estimado y luego un llenado de datos faltantes y 3. Se analizan los promedios mensuales multianuales y promedios anuales. Para la interpolación de datos ArcGIS utiliza tres métodos en especial IDW, Spline y Kriging que son algoritmos en módulo Spatial Analyst. Estos algoritmos han sido ensayados para estudios de modelos digitales, climatológicos y de relieve (Solís & Flórez, 2005).

Para este trabajo, los resultados de precipitación fueron espacializados mediante el método de interpolación de IDW, bajo la suposición de que cada punto posee una influencia local que disminuye con el inverso del cuadrado de la distancia. De esta manera, el método ponderó con mayor fuerza a los

puntos cercanos a la celda proceso y con menor intensidad sobre aquellos ubicados a mayor distancia. Esta interpolación se apoya en el concepto de continuidad espacial, con valores más parecidos para posiciones cercanas que se van diferenciando conforme se incrementa la distancia. El uso de este algoritmo ha sido empleado en la representación de variables con continuidad espacial (Canto, 1998: 368; Siabato & Yudego, 2004: 13). Es el método menos complejo de los tres, pero con mejores resultados. Su utilidad básica es la identificación de patrones generales de comportamiento, así como su comparación espacial con otras regiones de similar extensión.

En la Figura 10 se presenta la espacialización de la precipitación en Chibolo, El área en donde se encuentra Chibolo presenta una precipitación promedio entre 90 mm y 130 mm para el mes de septiembre. Los resultados de espacialización de precipitación mínima y media se encuentran reportados en el Anexo A.

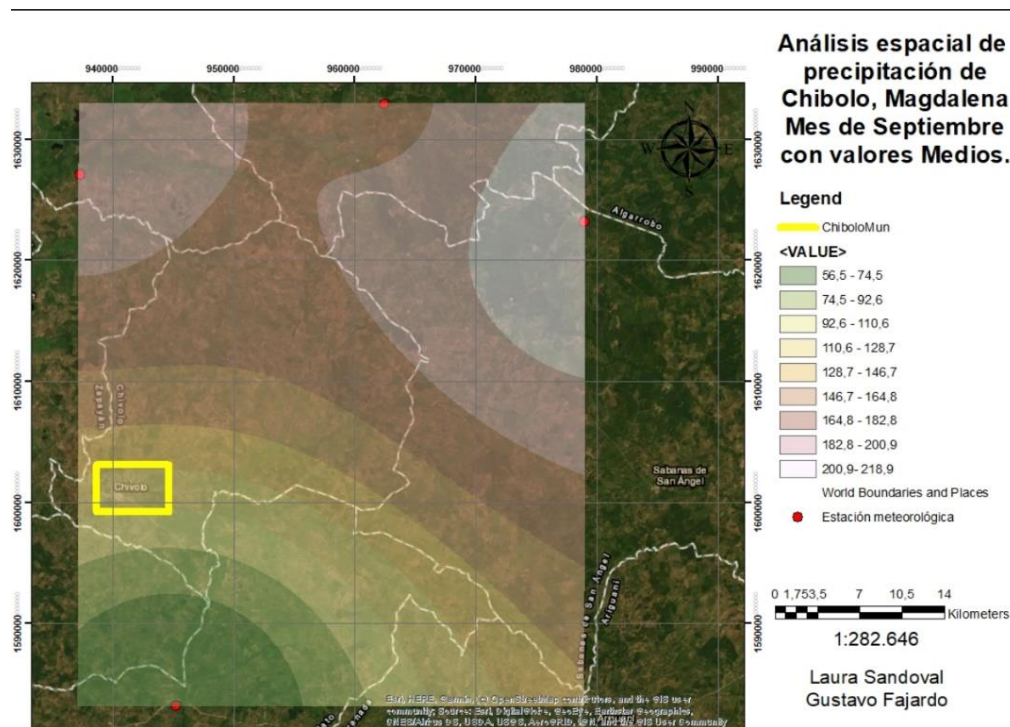


Figura 10. Espacialización de los valores medios de la precipitación en el mes de septiembre. Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Cantidad de agua lluvia disponible

Antes de proponer un posible diseño, es necesario conocer la cantidad de agua que permitirá recuperar el área del techo para cada mes del año, a partir de los siguientes datos:

- El promedio mensual de precipitación calculado anteriormente
- Área total de cubierta usadas para la captación. En este caso de acuerdo con el censo realizado, se toma el promedio del área de cubierta por cada barrio
- El coeficiente de escorrentía representa la cantidad de agua que se pierde, antes de llegar a la cisterna o lugar de almacenamiento de agua, por diferentes factores como la temperatura promedio del lugar, los vientos y el tipo de material de la superficie de captación. En la Tabla 7 permite adoptar un coeficiente de escorrentía aproximado a partir del material del techo usado para la captación del agua lluvia.

Tabla 7

Coeficiente de escorrentía de acuerdo con el material de la superficie de captación.

Material de techo	Coeficiente de escorrentía (Ce)
Lámina metálica	0.9
Tejas de arcilla	0.8 - 0.9
Madera	0.8 - 0.9
Paja	0.6 - 0.7

Fuente: Guía de diseño para captación de agua lluvia. CEPIS, 2004

Con esta información es posible calcular la cantidad de agua promedio que se puede recolectar para cada mes del año, a partir de la siguiente ecuación:

$$V_i = P_{pi} \times C_e \times A_c$$

Ecuación 1

Dónde:

V_{vi} = Volumen de agua que se recolecta en el mes (m^3)

P_{pi} = Precipitación promedio mensual

C_e = Valor del coeficiente de esorrentía

A_c = área de captación (m^2)

Se hizo un análisis para cada una de las condiciones de precipitación en las que se encuentra el municipio y según el censo realizado se obtuvo el área promedio de cada cubierta por barrio (tablas 8 y 9). Debido a las condiciones estructurales en las que se encuentra cada vivienda, se trabajó con el valor de 0.75, de acuerdo con la Tabla 7, ya que son las condiciones menos favorables para la recolección de agua lluvia. Se presenta el promedio mensual con las tres condiciones de precipitación mínima, media y máxima para los barrios 20 de julio y 23 de abril y se identifican los meses críticos con color rojo y con color verde los meses en que se obtiene la mayor cantidad de agua, como puede verse en las figuras 11, 12 y 13.

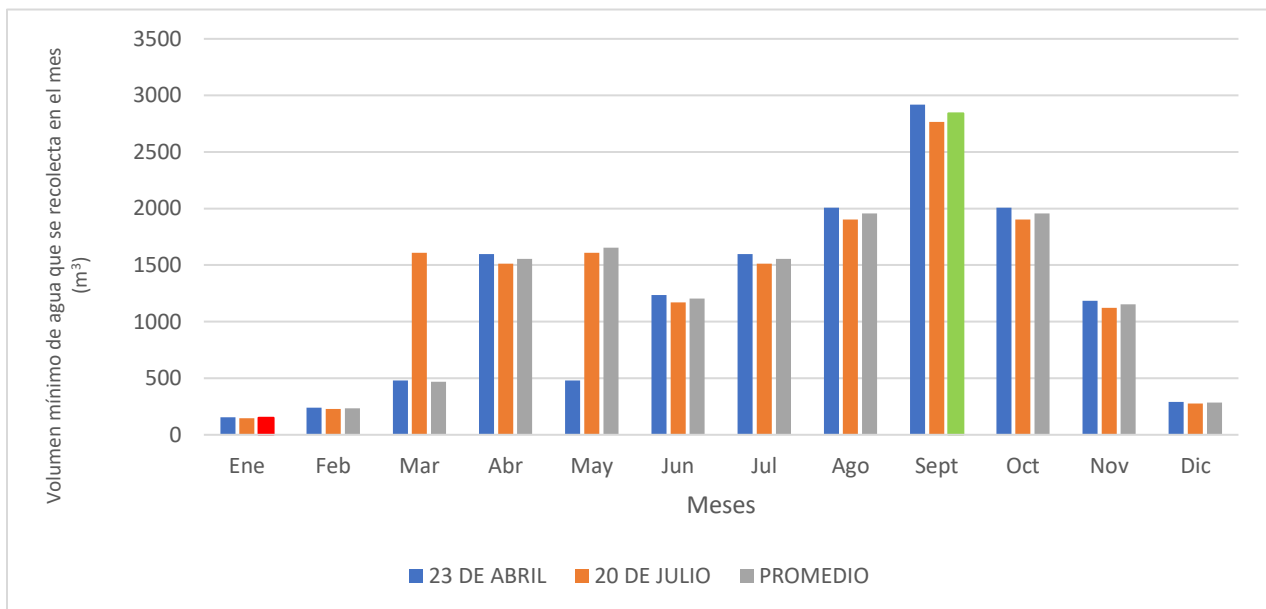


Figura 11. Volumen mínimo de agua que se recolecta en el mes (m^3). Fuente: Elaboración propia.

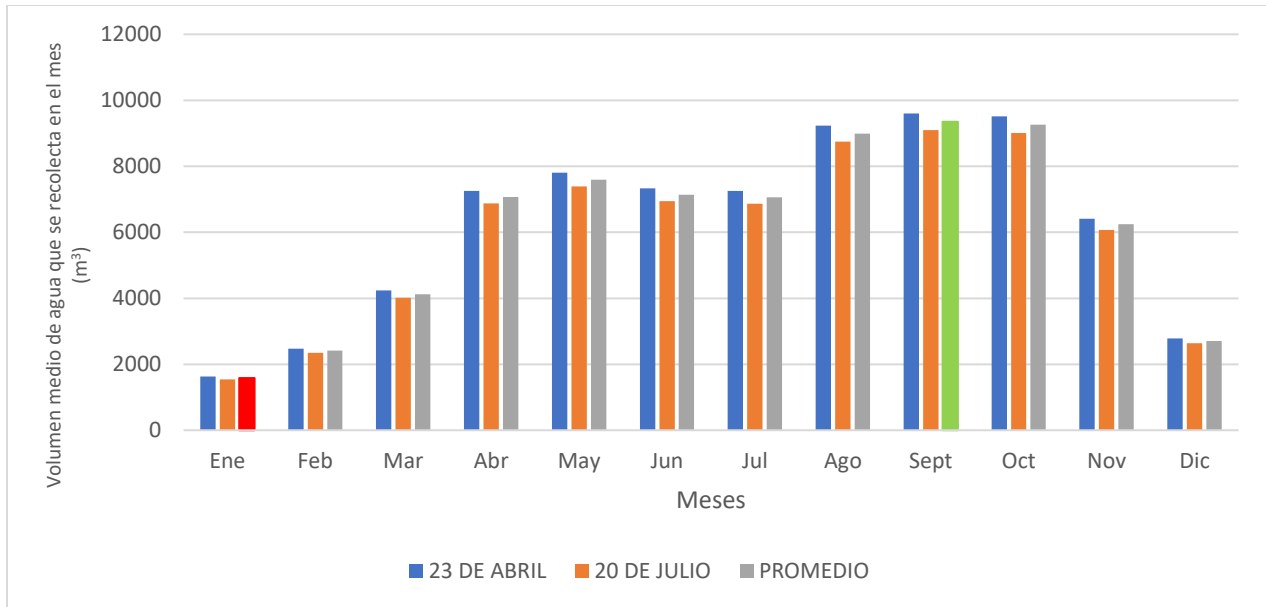


Figura 12. Volumen medio de agua que se recolecta en el mes (m³). Fuente: Elaboración propia.

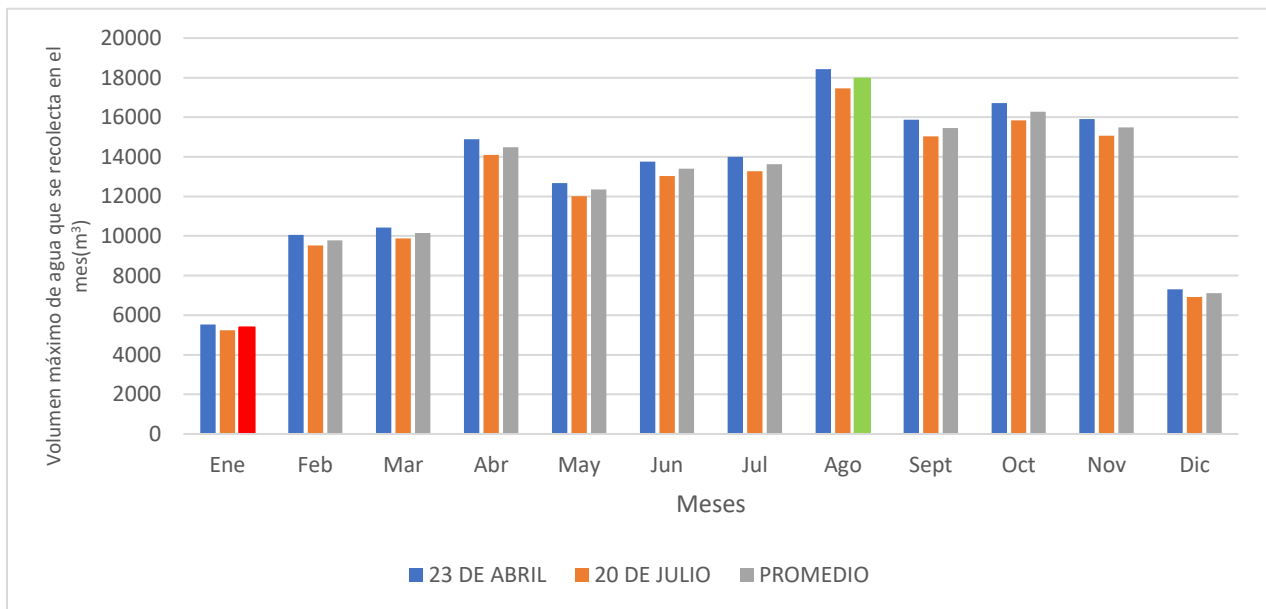


Figura 13. Volumen máximo de agua que se recolecta en el mes (m³). Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Demanda de agua

Revisando el censo nacional de 2019 se encontró la información de la cantidad de habitantes en la zona urbana y rural. Con la Entidad Territorial se quiso establecer la cantidad de personas que habitan en los dos barrios, no obstante, el municipio no cuenta con información detallada del censo

por barrios; es así como se estimó el área de la cabecera municipal y calculamos la densidad poblacional y se verificó con la densidad poblacional que calcula el DANE. En las tablas 9 y 10 se evidencia el censo realizado a 20 familias correspondientes a 10 del barrio 23 de abril y 10 del barrio 20 de julio en donde se identifica datos demográficos básicos y se puede estimar el consumo de agua por unidad habitacional. Es importante exponer la condición de hacinamiento en la que se encuentran algunas familias.

Gracias a Google Earth se obtuvo el área de la cabecera municipal que es de 122 Ha lo que nos permitió calcular la densidad de 89 (Hab/Ha) así pues se obtuvo un valor aproximado de habitantes en cada barrio como se ve en la Tabla 10.

Tabla 8
Censo Barrio 23 de abril

BARRIO 23 DE ABRIL		INTEGRANTES QUE HABITAN EN EL HOGAR					TOTAL HAB.	ÁREA VIVIENDA (M2)
N°	NOMBRE BENEFICIARIO	0-10 AÑOS	11-18 AÑOS	19-30 AÑOS	31-50 AÑOS	51 - MÁS AÑOS		
1	Yamides Canaval Perez	1	1	1		1	4	112,5
2	Patricia Arias Ferias				2		2	60,45
3	Avelino Perez	3	1		2	2	8	198
4	Exiario Barrera					2	2	98
5	Carmen Charris Padilla	1		1		1	3	78,3
6	Nuris Villa	5	1	1	1	1	9	64
7	Ana Hernandez	1	1	4		3	9	52
8	Edison Mola de Avila	6	2	6	1	1	16	105
9	Yenis Tapia Beltrán	3	1	2	2		8	20
10	Teofilo Vergara		1	1	1	1	4	70
TOTAL							65	PROMEDIO
								ÁREA (M2)
								85,825

Nota: Cantidad de habitantes en una muestra de 10 familias en el Barrio 23 de Abril

Tabla 9
Censo Barrio 20 de Julio

N°	BARRIO 20 DE JULIO NOMBRE BENEFICIARIO	INTEGRANTES QUE HABITAN EN EL HOGAR					TOTAL HAB.	ÁREA VIVIENDA (M2)
		0-10 AÑOS	11-18 AÑOS	19-30 AÑOS	31-50 AÑOS	51 - MÁS AÑOS		
1	Ana Modesta Mejía Lizcano	1	2	2	2		7	82,41
2	Patricia Torrijo	2		2	1	1	6	198
3	Alina Peña Vega			2		1	3	40
4	Beatriz Madariaga Peña			1	3	1	5	75,6
5	Tomás Mejía Leiva	1	1			2	4	52
6	Berta Mejía	1		1		3	5	70,7
7	Rosa Mejía Silva Ortega	1	3	2		2	8	53,56
8	Salmina Llerena					2	2	46,4
9	Candida Rosa Mier Maldonado		2	1	1	2	6	109,44
10	Rita Ramos		1		2		3	85
						TOTAL	49	PROMEDIO ÁREA (M2) 81,311

Nota: Cantidad de habitantes en una muestra de 10 familias en el Barrio 20 de Julio

Tabla 10
Cantidad de habitantes en el Barrio 23 de abril y 20 de julio

# Habitantes en Cabecera Municipal 2019	10.838 ^a
Área Cabecera Municipal Chibolo (HA)	122
Densidad Cabecera Municipal Chibolo (HAB/HA)	89
Área Barrio 23 de abril (HA)	3,21
# Hab Aprox. 23 de abril Año 2019	285
Área Barrio 20 de julio (Ha)	2,41
# Hab Aprox.20 de julio AÑO 2019	214

Nota ^a: Proyección censo DANE (2018)

Para el cálculo de la proyección de la población se utilizarán los métodos aritméticos y geométricos debido a que estos son los que se ajustan al nivel de complejidad bajo y al comportamiento histórico de la población

Método aritmético:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \times (T_f - T_{uc}) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

Pf = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

Puc = Población correspondiente a la proyección (habitantes).

Pci = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

Tuc = Año correspondiente al último año proyectado

Tci = Año correspondiente al censo inicial con información.

Tf = Año al cual se quiere proyectar la información.

Método Geométrico:

$$P_f = P_{uc} (1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

Pf = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

Puc = Población correspondiente a la proyección (habitantes).

Pci = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

Tuc = Año correspondiente al último año.

Tf = Año al cual se quiere proyectar la información.

La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}}\right)^{\frac{1}{(T_{uc}-T_{ci})}} - 1 \quad \text{Ecuación 4}$$

En las figuras 14 y 15 se puede ver que el aumento en la población no es significativo, se considera una proyección de población a los 25 años. Con una demanda de 0,86 L/s y 0,40 L/s respectivamente.

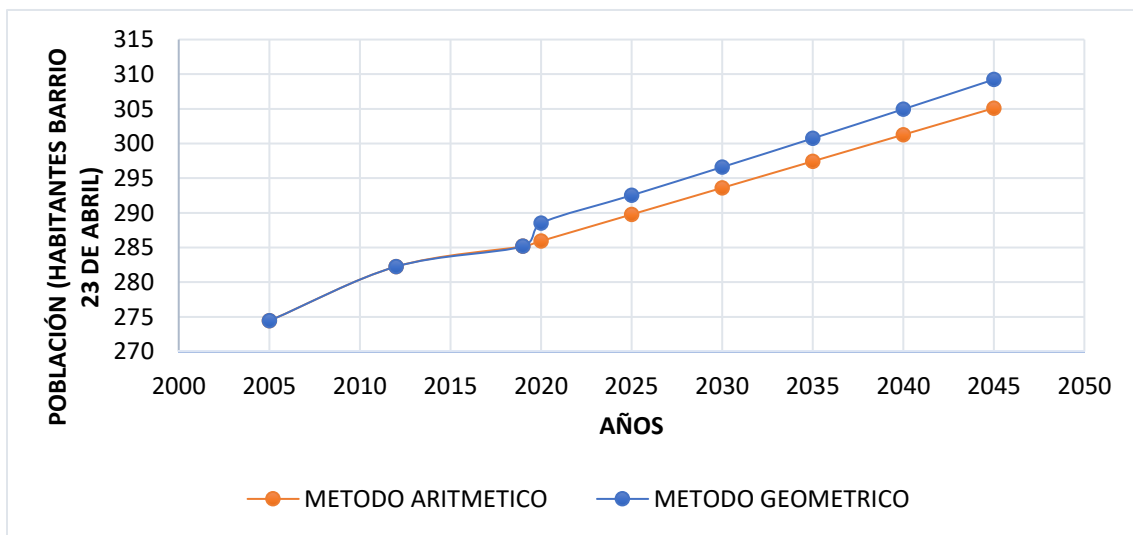


Figura 14. Proyección población habitantes Barrio 23 de abril. Fuente: Fajardo y Sandoval, 2020.

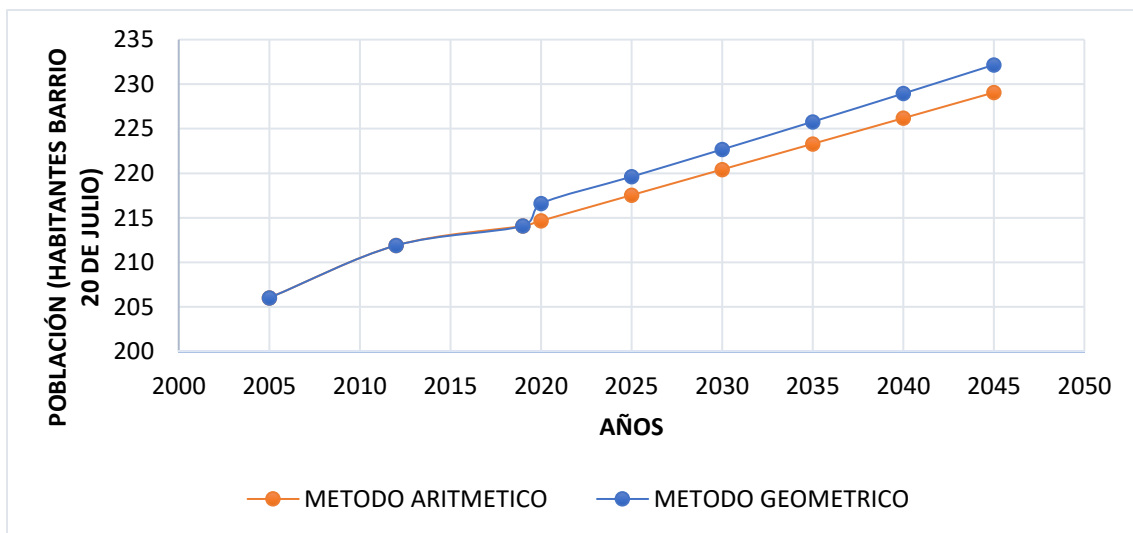


Figura 15. Proyección población habitantes Barrio 20 de julio. Fuente: Fajardo y Sandoval, 2020.

Para el cálculo de la demanda, se calculó la dotación bruta según lo establecido en el documento RAS numeral 2.7 el porcentaje de pérdidas máximas admisibles no deberá superar el 25%, para el caudal medio diario se utilizó la ecuación (B.2.9) y para el caudal máximo diario se utilizó el coeficiente de consumo máximo diario de $K_1=1,30$ ya que es para sistemas nuevos. En la tabla 11 y 12 se encuentra la demanda para cada barrio.

Dotación bruta

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1-\%p} \quad \text{Ecuación 5}$$

Caudal medio diario

$$Q_{md} = \frac{p * d_{bruta}}{86400} \quad \text{Ecuación 6}$$

Caudal máximo diario

$$QMD = Q_{md} * K_1 \quad \text{Ecuación 7}$$

Tabla 11

Demanda para Barrio 20 de julio, considerando una pérdida del 25%

Años	Habitantes	Dotación neta (L/h/día)	Dotación bruta (L/h/día)	Q medio diario (L/S)	Q máx. diario (L/s)
2005	206	37	49	0,12	0,15
2012	212	38	50	0,12	0,16
2019	214	38	51	0,13	0,16
2020	217	38	51	0,13	0,17
2025	220	39	52	0,13	0,17
2030	223	39	52	0,13	0,17
2035	226	40	53	0,14	0,18
2040	229	40	53	0,14	0,18
2045	232	40	54	0,14	0,19

Tabla 12

Demanda para Barrio 23 de abril, considerando una pérdida del 25%

Años	Habitantes	Dotación neta (L/h/día)	Dotación bruta (L/h/día)	Q medio diario (L/S)	Q máx. diario (L/s)
2005	274	46	61	0,19	0,25
2012	282	46	62	0,20	0,26
2019	285	47	62	0,21	0,27
2020	289	47	63	0,21	0,27
2025	293	48	63	0,21	0,28
2030	297	48	64	0,22	0,29
2035	301	48	65	0,22	0,29
2040	305	49	65	0,23	0,30
2045	309	49	66	0,24	0,31

Es así como se cuenta que en la tabla 13 se presenta los periodos en donde la oferta no es suficiente para suplir la demanda para los dos barrios Si la oferta es mayor, ésta corresponderá a Superávit y si es menor, a Déficit.

Tabla 13

Superávit y déficit para el Barrio 23 de abril y Barrio 20 de julio

MESES	OFERTA (m ³)	DEMANDA BARRIO 23 DE ABRIL (m ³ /mes)	+ / -	DEMANDA BARRIO 20 DE JULIO (m ³ /mes)	+ / -
Ene	150,4	660,29	DÉFICIT	402,25	DÉFICIT
Feb	234,0	660,29	DÉFICIT	402,25	DÉFICIT
Mar	468,0	660,29	DÉFICIT	402,25	SUPERÁVIT
Abr	1554,4	660,29	SUPERÁVIT	402,25	SUPERÁVIT
May	1654,6	660,29	SUPERÁVIT	402,25	SUPERÁVIT
Jun	1203,4	660,29	SUPERÁVIT	402,25	SUPERÁVIT
Jul	1554,4	660,29	SUPERÁVIT	402,25	SUPERÁVIT
Ago	1955,5	660,29	SUPERÁVIT	402,25	SUPERÁVIT
Sept	2841,3	660,29	SUPERÁVIT	402,25	SUPERÁVIT
Oct	1955,5	660,29	SUPERÁVIT	402,25	SUPERÁVIT
Nov	1153,2	660,29	SUPERÁVIT	402,25	SUPERÁVIT
Dic	284,1	660,29	DÉFICIT	402,25	DÉFICIT

4.3 Sistema propuesto

Se propone un sistema tipo modular que cumpla las condiciones óptimas para la recolección de agua lluvia. Para lo siguiente se propone:

1. Datos principales de la persona, se describe las condiciones en las cuales está la familia seleccionada.
2. Es importante realizar el levantamiento de la vivienda (esto con el fin de posibles mejoras que pueda brindar la alcaldía municipal o la familia) se debe enfatizar en el modelo de la cubierta si está es a dos aguas o a una.
3. Realizar un registro fotográfico evidenciando los espacios de la vivienda

Para el sistema propuesto se realizará un ejemplo con la familia más crítica que se encontró en el censo. El siguiente cuadro es la estructuración de una ficha técnica que permite al lector ver en las condiciones que se encuentra actualmente la vivienda. En el ANEXO B se encuentra las condiciones de las demás familias.

BARRIO		
23 de abril		
BENEFICIARIO		
Edison Moja de Avila		
CONDICIÓN ACTUAL		
<p>Estructuralmente es una casa hecha en bareque, se puede identificar muros en ladrillo, tabla y plástico. En estas mismas condiciones se encuentra la cubierta, en algunas habitaciones la cubierta es de Zinc y en otras es de cartón, las vigas que sostienen la cubierta es de madera. La altura de entepiso NO cumple con la altura mínima libre. Es un caso crítico de hacinamiento, comparten el espacio de lavar la ropa el baño que es una letrina. Cocinan actualmente con leña</p>		
EVIDENCIA		
CONDICIÓN FUTURA		
<p>Se recomienda realizar una viga de amarre la cual soporte la cubierta y pueda brindar una mayor luz en la vivienda, la cubierta para tener una mayor captación y aprovechamiento debe estar inclinada aproximadamente 25°, la cundición de agua pasara por un sistema de purificación y finalmente llegará al tanque de almacenamiento para así después ser distribuida en todo el hogar.</p>		
EVIDENCIA		

4. **Captación mínima de agua:** Se obtiene el promedio mínimo de precipitación del mes de enero (Tabla 4) y se realiza el cálculo de el volumen de agua que se recolecta en el mes (Ecuación 1)
5. **Área actual de cubierta:** 105 m²
6. **Volumen de tanque de almacenamiento:** Por facilidad de limpieza y por estar ubicado en zona rural se recomienda utilizar tanque de 500 LT.
7. **Captación:** En la etapa de captación es importante que las condiciones de la cubierta cambien para así obtener la mayor cantidad de agua es así como se propone que el material de la cubierta sea una teja ecomax UPVC trapez o teja en fibrocemento ondulada
8. **Recolección:** La recolección se pasará un primer filtro para evitar el paso de hojas y /o sedimentos, en la parte baja de la caja de metal ira una malla zaranda para evitar el paso de las partículas más pequeñas.
9. **Interceptor de primeras aguas:** Este es la recolección de las primeras aguas que caen ya que traen toda la suciedad que tiene la cubierta, en la parte interna de la tubería está una pelota de plástico la cual se elevará una vez esté lleno y le dará paso al agua para llenar el tanque de almacenamiento
10. **Tanque de almacenamiento:** Almacenamiento de agua
11. **Red de distribución:** La red de distribución cuenta con una válvula de paso la cual le permite al beneficiario regular cada cuanto necesita utilizar el agua, gracias a la bomba

impulsora de pie es la que conduce el agua al punto de distribución. Se presenta en la Figura 16 del prediseño de sistema de recolección de agua.

En el anexo C se encuentra en detalle el plano del pre diseño tipo I y tipo II.

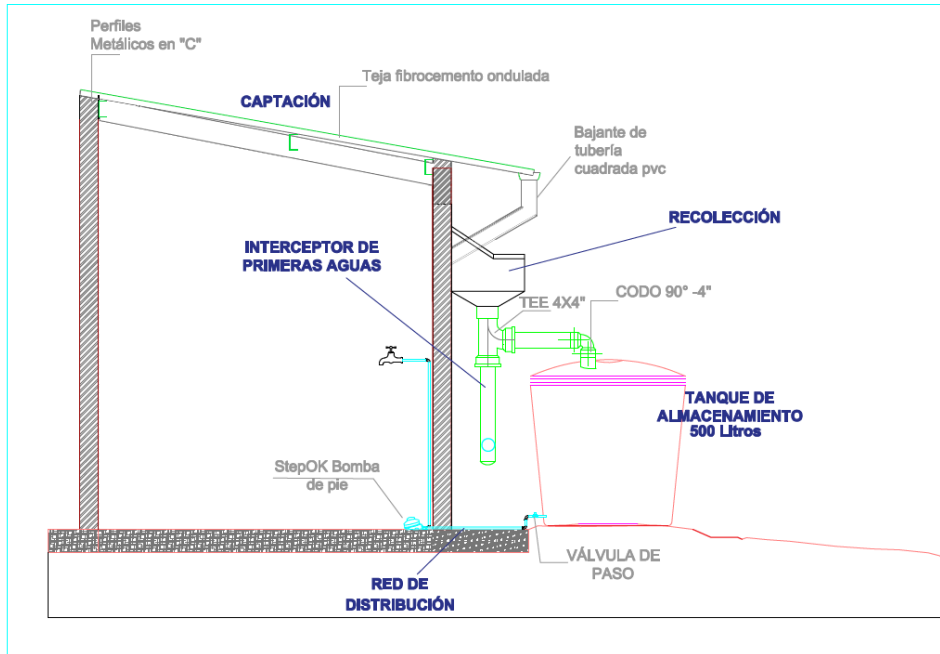


Figura 16. Prediseño Sistema de recolección de agua. Fuente: Fajardo y Sandoval, 2020.

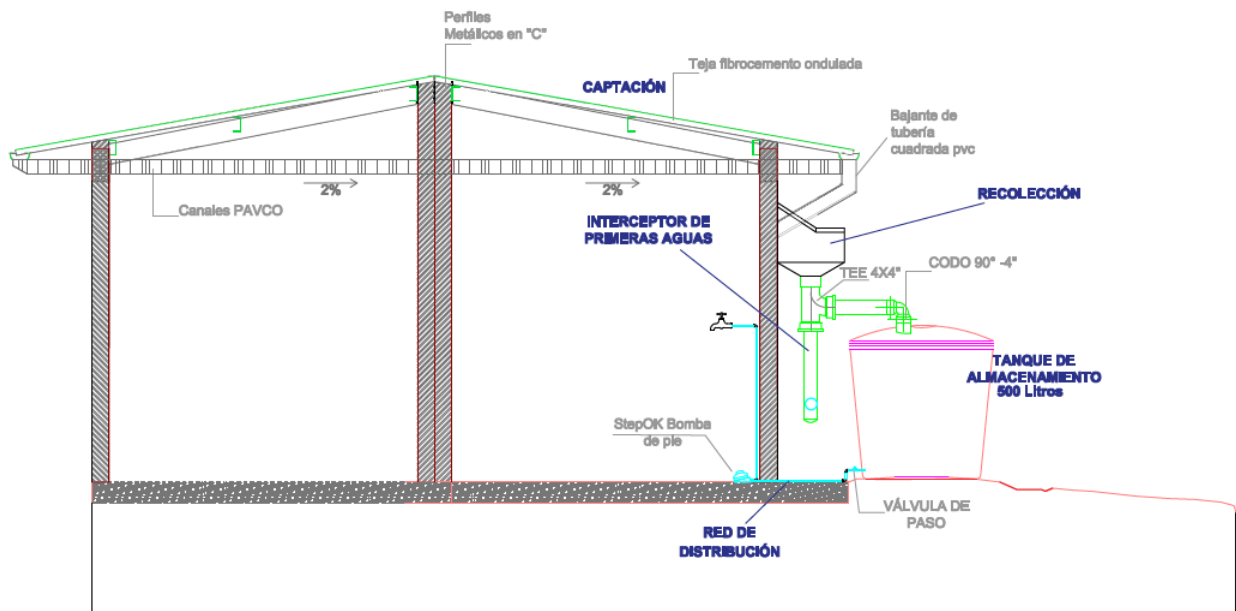















Figura 17. Prediseño Sistema de recolección de agua para cubierta a dos aguas. Fuente: Fajardo y Sandoval, 2020.

TABLA MATERIALES

MATERIAL	CANTIDAD	MATERIAL	CANTIDAD
 Perfil Metál en "C"	TIPO I 6 UNDS	 CODO 90°- 2"	4 UND
	TIPO II 12 UNDS		
 Teja fibrocemento ondulada	TIPO I 5 - 7 UNDS	 StepOK Bomba de pie	1 UND
	TIPO II 10 - 12 UNDS	 Grifo	1 UND
		 Tuberia PVC 2"	3 - 5 ML
	 Bajante de tubería cuadrada pvc	TIPO I 1 UND	
TIPO II 2 UNDS			
 TEE 4"	TIPO I TIPO II		1 UND
 CODO 90° - 4"	TIPO I TIPO II		1 UND
 Tuberia PVC- 4"	TIPO I TIPO II		1 - 2 ML
 Pelota de plástico	TIPO I TIPO II		1 UND
 Tanque de almacenamiento	TIPO I 500 - 1000 LT TIPO II		
 Válvula de paso 2"	TIPO I 1 UND TIPO II		

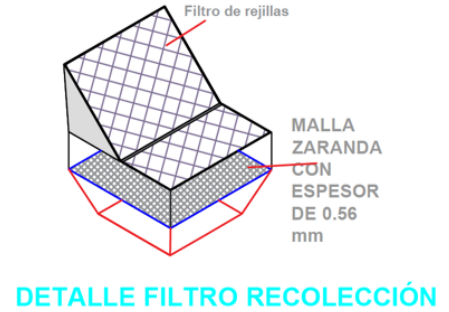


Figura 18. Tabla de materiales y detalle de filtro de recolección. Fuente: Fajardo y Sandoval, 2020.

5. Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo con el análisis hidrológico realizado en el área de influencia del proyecto se determinó que las estaciones utilizadas para calcular el régimen de lluvias en esta zona contaban con la información suficiente dando como resultado una precipitación anual de 951.54mm, ofertando una cantidad de agua lluvia necesaria para cubrir la demanda.

A mayor área de captación mayor cantidad de agua lluvia va a ser recolectada, por lo que es muy importante tener en cuenta que tipo de techos tiene el sistema de captación y que su extensión sea grande para aprovechar en su totalidad la lluvia ofertada en el área de influencia del proyecto.

En los meses en donde se está presentando el déficit de agua lluvia, en el pre diseño propuesto se contempló que al aumentar el coeficiente de escorrentía, las condiciones del sistema serán más óptimas y tendrá un mayor captación de agua lluvia.

En las casas que se evidencia la existencia de tanques de almacenamiento se recomienda realizar la limpieza de este tanque como mínimo cada 20 días debido a las condiciones de calor y humedad y así evitar enfermedades a corto plazo.

El agua lluvia al ser captada por medio de superficies como cubiertas y canales esta puede verse contaminada por los diferentes materiales en los que están elaborados o puede estar contaminada por material fecal de animales en especial roedores y aves. En consecuencia, a pesar de estar filtrada se recomienda ser utilizada sólo para uso doméstico.

Los tanques de almacenamiento deben permanecer tapados para evitar el ingreso de insectos y así evitar enfermedades con el dengue, también se debe eliminar la basura acumulada en las canales y en los filtros.

Referencias

- Alcaldía de Chibolo, Magdalena (2016). Plan de Desarrollo Municipal Chibolo Magdalena “Tu necesidad es mi compromiso 2016-2019”. Recuperado de <http://www.chibolo-magdalena.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-municipal-chibolo-magdalena>
- Anaya, M. (2009). Antecedentes de la captación del agua de lluvia. Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia CIDECALLI - CP, Reporte DDCTS, México, septiembre.
- Cámara Colombiana de la Construcción, Camacol (2015). *Guías De Construcción Sostenible*. 1st ed. [ebook] Medellín, pp. 15-16. Recuperado de <https://www.https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Construccion_sostenible/Guia-4-GCS4EdificacionesSostenibles.pdf > [Accessed 23 October 2020].
- Canto, C (1998) Los mapas temáticos en trabajos prácticos en Geografía humana. En: Carrera, C., Canto, C del, Gutiérrez, J. Méndez R. y Pérez, M. Síntesis. Madrid, Pp. 311-396.
- CEPIS (2004) *Guía de diseño para captación del agua lluvia*. Lima (Perú)
- Chow, V T; Maidment, D. R.; Mays, L. W. (1994). Hidrología aplicada. McGraw-Hill.
- Colegio Rochester (2015). Primer Colegio Leed Gold en Latinoamérica. Recuperado de <http://www.rochester.edu.co/index.php/campus/leed>.

República de Colombia (1991). Constitución Política (1991).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE (2018). Medida de Pobreza Multidimensional Municipal de Fuente Censal. *Boletín Técnico*.

Grupo Bancolombia (2016). Eficiencia energética y construcción sostenible edificio dirección general. Recuperado de

http://www.upme.gov.co/Eventos/URE_2011/Franco_Piza_Edificio_Bancolombia.pdf.

Gualteros (2019) Cobertura saneamiento básico en municipios de Colombia. Recuperado de

<https://storymaps.arcgis.com/stories/22886ec822944d24a61065fae61ed4f4>

IDEAM (2019). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

Ley 373 de 1997. Uso eficiente del recurso hídrico (Junio 6). Diario Oficial No. 43.058 de 11 de junio de 1997.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Rural (2010). Política Nacional para la Gestión

Integral del Recurso Hídrico. Recuperado de

https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Presentacion%20B3n_Pol%C3%ADtica_Nacional_Gesti%C3%B3n_libro_pol_nal_rec_hidrico.pdf

Ministerio de Desarrollo (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 2000.

Organización de Naciones Unidas, ONU (2000). *Índice de Desarrollo Humano*, PNUD. En:

Agencia EFE, San José Costa Rica, 30 de junio de 2000.

Organización Panamericana de la Salud, OPS (2004) *Guía de diseño para captación del agua de lluvia*. Lima (Perú)

Siabato y Yudego (2004). *Geoestadística y Medio Ambiente*". *Territorio y Medio Ambiente: Métodos Cuantitativos y Técnicas de Información Geográfica. Aportaciones al XI Congreso de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección (Asociación de Geógrafos Españoles)* y *Departamento de Geografía*, Universidad de Murcia. Conesa, C. y Martínez, J.B. Eds. Murcia, 2004. Pp.11-25.

Solís, Z y Flórez, J.G (2005) Análisis comparativo de técnicas de interpolación en la estimación de la variación espacial de factores en una cuenca hidrográfica. Recuperado de <http://fcf.unse.edu.ar/pdf/lpr/p13.PDF>.