ANALISIS DE LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS PARA USO SANITARIO Y DOMESTICO, CASO DE ESTUDIO EN LA TORRE B17 DEL CONJUNTO BOSQUES DE ORIENTE DE FUSAGASUGA- CUNDINAMARCA

JEFERSON GUETHE BARRIOS

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

GIRARDOT

2022

ANALISIS DE LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS PARA USO SANITARIO Y DOMESTICO, CASO DE ESTUDIO EN LA TORRE B17 DEL CONJUNTO BOSQUES DE ORIENTE DE FUSAGASUGA- CUNDINAMARCA

JEFERSON GUETHE BARRIOS

MONOGRAFÍA

JESÚS FLAMINIO OSPITIA PRADA

ING. CIVIL

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

GIRARDOT

2022

Nota de aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del presidente de jurados

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado primeramente a Dios porque me regalo salud y vida para lograr conseguir esta una de mis grandes metas, a mis padres, quienes día a día se esforzaron por darme estudios y así mismo darme las herramientas necesarias para enfrentarme a la vida, a sus consejos y a siempre apoyarme a pesar de que mi tiempo tardo mas de lo esperado para ellos, pero acá estoy respondiendo.

A Angie Carolina Sarabia Gonzales porque se que tuvo la paciencia de esperarme durante todos estos años para verme conseguir este logro, porque creyó en mi cuando muchos no lo hicieron, porque mantuvo en mí las ganas de salir adelante, de no rendirme y mantener este sueño llamado ingeniería civil. Este título también es tuyo mi amor.

A mis amigos Johan, Juan Sebastián, Juan Diego, que durante toda esta etapa fueron mis compañeros de batalla, siempre ayudándonos los unos a los otros demostrando lealtad y amistad.

A mis hermanos, Ronald y Leiniker porque siempre estuvieron ayudándome en momentos difíciles cuando ni siquiera había recursos para continuar.

A mi mejor amigo y podría decir que un hermano, Humberto Gámez, porque él siempre fue parte de este proceso y uno de los pocos que también creyó en mí y en este sueño.

AGRADECIMIENTOS

En esta ocasión quiero manifestar mi gratitud y total admiración al Ingeniero JESUS FLAMINIO OSPITIA PRADA, quien fue mi tutor en este trabajo, pero también fue profe de muchas de mis materias de las cuales aprendí la teoría, pero más que una teoría me enseñó a ser mejor persona, un profesional responsable, honesto, transparente y sobre todo un apasionado por esta bonita profesión llamada ingeniería Civil. Ingeniero muchas gracias por su calidez humana y gran pedagogía porque, aunque usted no lo crea, esta formando personas de bien y dejando huellas imborrables en nosotros sus alumnos.

GLOSARIO

Aguas residuales: son todas las aguas que quedan después del uso de estas. Aguas de desecho provenientes de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos, y otros artefactos que no descargan materias fecales. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Tesauro ambiental para Colombia)

Aguas superficiales: aquellas que existen sobre la superficie de la Tierra. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Tesauro ambiental para Colombia)

Calidad del Agua: es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia. (Art. 2o, decreto 1575 de 2007).

Captación: Superficie destinada para la recolección del agua de lluvia con un fin Beneficioso. (CEPIS. Guía de diseño para captación de lluvia)

Ciclo Hidrológico: sucesión periódica de etapas por las que pasa el agua, tanto en la superficie terrestre como en la atmósfera. Empieza con la evaporación de los cuerpos de agua, le siguen la condensación, proceso por el cual se forman las nubes, la precipitación y por último la acumulación en la tierra o en cuerpos de agua. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Tesauro ambiental para Colombia)

Contaminación: es la alteración del medio ambiente por sustancias o formas de energía puestas allí por la actividad humana o de la naturaleza en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir con el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y la fauna, degradar la calidad del medio ambiente o afectar los recursos de la Nación o de particulares. (Art. 4, ley 23 de 1973).

Demanda Hídrica: en las actividades humanas el uso del agua es intenso, tanto para cubrir las necesidades básicas de tipo biológico y cultural, como para el desarrollo económico de la sociedad. Por ello, en la cuantificación de la demanda se integran todas las actividades que requieren el recurso hídrico, mostrándose su comportamiento y distribución en el tiempo para planificar su uso sostenible. (Sabas y Paredes, 2009 - Estudio de oferta y demanda hídrica en la cuenca del río Barbas)

Desarrollo Sostenible: se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades. (Art. 3o, Ley 99 de 1993).

Escasez de agua: la escasez de agua se refiere a la falta de suficientes recursos hídricos para satisfacer las demandas de consumo de agua en una región. El

problema de la escasez de agua afecta a alrededor de 2,8 mil millones de personas en todos los continentes del mundo durante al menos un mes cada año. Más de 1,2 billones de personas no tienen acceso a agua potable salubre. (Water Scarcity International Decade for Action 'Water for Life' 2005-2015». Consultado el 20 de octubre de 2013).

Gestión ambiental: se denomina gestión ambiental o gestión del medio ambiente al conjunto de diligencias conducentes al manejo integral del sistema ambiental. Dicho de otro modo, e incluyendo el concepto de desarrollo sostenible o sustentable, es la estrategia mediante la cual se organizan las actividades antrópicas que afectan al medio ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas ambientales. (Pahl-Wost, 2007 - The implications of complexity for integrated resource management. Environmental Modelling and Software).

Sustentabilidad: en términos amplios, un sistema (biológico o ecológico) es sostenible cuando puede mantenerse en el tiempo sin degradarse en el largo plazo. Así, “el desarrollo sustentable hace referencia a la capacidad que haya desarrollado el sistema humano para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer los recursos y oportunidades para el crecimiento y desarrollo de las generaciones futuras”. Tradicionalmente, el término de sustentabilidad se ha asociado al problema sobre cómo conciliar las necesidades ambientales, por un lado, y los asuntos económicos en la etapa actual de desarrollo del sistema de producción capitalista, por otro. En otras palabras, lo que plantea la sustentabilidad es una relación renovada entre la economía, el ambiente y la sociedad. (Calvente, 2007 - El concepto moderno de sustentabilidad).

Uso del Agua: este término hace referencia a las diversas formas en que se emplea el agua, ya sea para la subsistencia o para la producción y el intercambio de bienes y servicios. Cuando se habla de uso del agua, generalmente se resalta la necesidad de que ese uso sea racional y sustentable. Asimismo, un uso eficiente y adecuado del agua busca evitar la contaminación y el desperdicio de la misma. Por eso mismo, la noción de uso del agua conlleva a implícitamente a otras, tales como la de buenas prácticas de gestión del agua o la de gestión integral de esta. (Umbria, Trezz y Jégat, 2008 - Uso, manejo y conservación del agua. Un problema de todos).

Uso eficiente del agua: buenas prácticas de aprovechamiento del recurso hídrico, en todas sus formas, que determinen la sostenibilidad del recurso y bajos costos tanto ambientales como económicos. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Tesauro ambiental para Colombia).

TABLA DE CONTENIDO

Pag

1. INTRODUCCIÓN……..…….9
2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA…….……...……...12
   2.1 planteamiento del problema…….……..12
3. OBJETIVOS…….……13
   3.1 Objetivo general……..……13
   3.2 Objetivos específicos……..……..13
4. JUSTIFICACIÓN……..……14
5. MARCO REFERENCIAL……...……..16
   5.1 Marco teórico……16
      5.1.1 Captación y aprovechamiento de aguas lluvias……..16
      5.1.2 Captación ……....22
      5.1.3 Recolección y conducción …….23
      5.1.4 Interceptor …….……..24
      5.1.5 Forma de almacenamiento……25
      5.1.6 Red de distribución de agua lluvia……26
      5.1.7 Sistema de bombeo para el sistema……....26
      5.1.8 Tratamiento del agua recolectada…….27
      5.1.9 Estudios realizados por entidades……27
   5.2 Antecedentes……...28
   5.3 Marco legal……...40
   5.4 Marco Geográfico……42
6. DISEÑO METODOLOGICO…….47
   6.1 Metodología para implementación del sistema……..47
      6.1.1 Demanda de agua dentro de la edificación……48
      6.1.2 Arquitectura de la estructura del proyecto……...49
      6.1.3 Componentes del sistema……..50
      6.1.4 Modelo de cálculos……..53
7. RESULTADOS…..……...……...55

7.1 Precipitación promedio mensual…….……..…..…….55
7.2 Volumen de almacenamiento……61
7.3 Potencial ahorro de agua potable…….63
7.4 Interceptor de las primeras aguas……64
7.5 Red de distribución……64
7.6 Sistema de bombeo……65
7.7 Costo de agua potable para cubrir demanda…….65
8. VENTAJAS DEL SISTEMA ……..……..……....68
8.1 Usos del agua lluvia…….……..……69
9. CONCLUSIONES……..71
10. REFERENCIAS……..72

1. INTRODUCCIÓN

En el trabajo de Bravo y De León, se indica que *el incontrolado aumento de la población y el continuo desarrollo industrial originan serios problemas para el medio ambiente. El mal uso de los recursos naturales acompañado de la contaminación al usarlos está provocando efectos ambientales negativos como el agotamiento del agua. Por esto, debemos resaltar la importancia de utilizar estos recursos de manera adecuada. Consumir el agua apropiadamente, es utilizarla de acuerdo a su tipo. Por este motivo se hace necesario trabajar en la búsqueda de soluciones y proponer un mejor uso de tan preciado bien*. (Bravo&De Leon, 2014).

El agua es el elemento más importante para la vida. Es de una importancia vital para el ser humano, así como para el resto de los animales y seres vivos que nos acompañan en el planeta Tierra. Resulta curioso que el 70 por ciento de la Tierra sea agua y que el 70 por ciento de nuestro cuerpo también. Por eso este recurso debe ser cuidado y protegido para poderlo conservar, se dice que el ser humano puede llegar a necesitar hasta 500 litros de agua potable al día, lo que supone un derroche extremadamente excesivo. De ahí que le estemos dando tanta importancia al agua para el desarrollo de la vida en el planeta. (CESPT, Comisión estatal de servicios públicos de Tijuana, 2022).

La utilización del agua de lluvia para satisfacer las necesidades del ser humano es una práctica dada desde la antigüedad, muchos edificios estaban diseñados de tal forma que el agua que caía en los techos se canalizaba a un gran depósito. En la actualidad la recolección o cosecha de agua de lluvia en varios países del planeta es considerada como una fuente alternativa a los sistemas de abastecimiento de agua, algunos ejemplos se encuentran en Tailandia, Japón, Taiwán, Corea, India, Colombia, México, Brasil, Costa Rica, Haití, entre otros. (Quiroz, 2016)

La presente monografía tiene por objeto realizar un análisis de la implementación de un sistema para la recolección y aprovechamiento de Aguas lluvias en una torre del conjunto Bosques de Oriente más específicamente en la torre B17, ya que en la actualidad atravesamos tiempos difíciles en materia ambiental y gran parte de esta problemática está relacionada a la escases de este recurso.

Se busca que este trabajo, sirva como fuente de investigación o como una propuesta para el abastecimiento parcial de agua de una torre del conjunto Bosques de Oriente (Torre B17) cuando el recurso es escaso. El aprovechamiento de aguas lluvias se realizó como una respuesta a la reducción de la oferta hídrica en muchas Ciudades no solo de nuestro país, sino del mundo entero, todo esto debido a la contaminación de las aguas superficiales y el proceso de degradación

que sufren las cuencas; un ejemplo no muy lejano es la Cuenca del Rio Bogotá, que es una de las más azotadas por la contaminación y degradación de la misma. (Reyes&Rubio, 2014).

Hacia el año 2025, aproximadamente 48 países, más de 2800 millones de habitantes, se verán afectados por la escasez de agua. Otros nueve países, inclusive China y Pakistán, estarán próximos a sufrir la falta de agua. Más allá del impacto del crecimiento mismo de la población, el consumo de agua dulce ha estado aumentando en respuesta al desarrollo industrial y agrícola, por lo que la demanda creciente de la población se ha triplicado de esa manera la extracción de agua se ha visto sobreexplotada. Además, el suministro de agua dulce del que dispone la humanidad se está reduciendo a raíz de una constante contaminación de los recursos hídricos; es preocupante y alarmante observar la descarga de aguas residuales a cuerpos de agua superficiales y la infiltración de agroquímicos a acuíferos (Anaya, 2011).

Colombia es un país rico en fauna y flora, Por lo tanto no se ha catalogado con graves problemas, dada la importancia del agua, es deber utilizarla adecuadamente y racionalmente, mediante un aprovechamiento de aguas lluvias este, lograría en primera instancia, disminuir los consumos de agua potable, permitiendo así disminuir los gastos económicos y así darle un uso eficiente al recurso, al aprovechar el agua lluvia en las descargas de los sanitarios, el riego de jardines, el lavado de patios y áreas comunes, entre otros usos que no requieren agua potable. (Palacio, 2010).

El hombre durante su evolución ha reutilizado las aguas superficiales como fuente de abastecimiento para tareas secundarias, como la agricultura y desarrollo de vías, sin embargo, los métodos utilizados en la recolección de aguas lluvias no han permitido que sean aprovechadas en su máximo potencial. (Clavijo et al., 2017)

Este sistema ha sido empleado en diferentes países, en Colombia unos estudiantes de la Universidad Icesi de la Facultad de ingeniería del Departamento de diseño en Cali estudiaron un Sistema de recolección, almacenamiento y conservación de aguas lluvias para el abastecimiento de agua potable a los habitantes del Pacífico Colombiano en zonas rurales de difícil acceso con ausencia o deficiencia del recurso. (Arango&Flórez, 2012).

El resultado de este estudio, presenta una propuesta metodológica para dar a conocer un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias para una torre en el Conjunto Bosques de Oriente de Fusagasugá y su posible implementación en otras torres, y así crear alternativas para que los individuos y grupos organizados puedan generar el abastecimiento de agua, para suplir sus necesidades diarias. (Bravo&De Leon, 2014).

En el presente trabajo monográfico se establece la utilización que se le puede dar al agua lluvia en cuanto a usos sanitarios y domésticos y si este se puede convertir en una alternativa ecológica y amigable con el medio ambiente.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

2.1 Planteamiento del problema

El Estudio Nacional del Agua (ENA) realizado por el IDEAM presenta el cálculo de la relación demanda oferta de agua para el año 2000, y proyecciones para los años 2015 y 2025, las cuales indican que el 50% de la población de las áreas urbanas municipales estarían en Alto riesgo de desabastecimiento, con condiciones hidrológicas medias. Sí las condiciones hidrológicas son de año seco las proyecciones indican que el 80% de la población de las cabeceras municipales estarían en alto riesgo desabastecimiento. (Suarez et al., 2006).

Ante esta situación que se puede tornar critica, lugares como Viviendas y conjuntos de apartamentos, están presentando dificultades en su funcionamiento cotidiano por falta de agua en sus instalaciones debido a ciertas actividades de racionamiento de la misma. Para este caso se hará necesario tener un plan de contingencia que ayude a estos a suplir esta necesidad y a la misma vez le dé una mano al medio ambiente. (Suarez et al., 2006).

Para el corto y mediano plazo se espera un incremento del uso agrícola de agua en Colombia, tal que la demanda de agua de los siete principales cultivos permanentes que requieren riego superará en 2030 los 11 .227 m3 de agua y la demanda de agua de los cuatro principales cultivos transitorios superará los 1 649 millones de m3 de agua. Los protagonistas de la expansión agrícola serán precisamente los cultivos incentivados por la política nacional: palma de aceite, cacao y aguacate. Así que serán los responsables en mayor medida del aumento esperado del uso del agua en el país. Es necesario entonces que, así como se impulsa el crecimiento de estos cultivos, se generen incentivos para que los productores inviertan en tecnologías. (ENA, [Estudio Nacional Del Agua] 2018).

El autor toma el ENA del año 2000 debido a que para este entonces manifestaba proyecciones hacia los años 2015 y 2025, que son los que para el año 2022, año en curso, aun poseen validez y el ENA del año 2018 lo ratifica con el incremento del uso del agua.

En el conjunto residencial Bosques de Oriente en Fusagasugá se presenta esta situación debido a que este requiere una gran demanda de agua ya que cuenta con 21 torres de apartamentos de 5 pisos cada una y 4 apartamentos por piso para un total de 20 apartamentos por cada torre y 420 apartamentos en total. En los meses de verano y de pocas precipitaciones en el conjunto se toman medidas para racionar agua, pero se hace necesario un sistema que ayude a mejorar esta falencia.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el análisis de la implementación de un sistema para la recolección y aprovechamiento de las aguas lluvias para uso sanitario y doméstico, caso de estudio en la torre b17 del conjunto bosques de oriente de Fusagasugá-Cundinamarca.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explicar los pasos a seguir para el desarrollo de un sistema de recolección de aguas lluvias y su uso eficiente en una torre del conjunto Bosque de Oriente.

- Establecer ventajas de la implementación de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias.

- Establecer los usos en los cuales podría utilizarse y aprovecharse el agua lluvia recolectada.

4. JUSTIFICACION

En este trabajo monográfico se busca dar pautas acerca del aprovechamiento y de la buena utilización de las aguas lluvias y la instalación de un sistema de recolección para tal fin, ya que el recurso agua cada vez es más necesario y escaso, es por esto que tantos autores han realizado investigaciones acerca de cómo aprovechar el agua lluvia de una manera sostenible, es por esto que destacamos su trabajo.

Ante la creciente tendencia de edificaciones sostenibles en el país, que buscan el aprovechamiento de aguas lluvias para el suministro de agua en sus instalaciones, y la falta de normatividad en el país acerca de estos sistemas, se considera realizar un sistema para el aprovechamiento de aguas lluvias, el cual requiere de un estudio minucioso, tanto de la oferta hídrica de la zona en diferentes épocas del año, como de la demanda de agua en la edificación dependiendo de su uso. Por lo anterior, es necesario entonces encontrar la mejor opción para construir un tanque que mantenga la mayor reserva de agua posible pero que permita suministrar igualmente la mayor cantidad de agua al edificio sin requerir alimentarse de la red pública. (Reyes&Rubio, 2014).

Supone entonces un reto el adecuado dimensionamiento del tanque de almacenamiento y del sistema en general que permita además de aprovechar el reducido espacio destinado a áreas de servicio en las nuevas edificaciones que cumpla las características de no ser sobredimensionado para que almacene agua que no se va a aprovechar o que ocupe mucho espacio por sus costos, pero que no sea tan reducido que desperdicie agua aprovechable incrementando el uso de agua proveniente de la red pública. De esta manera se debe evaluar el volumen más adecuado y eficiente, así como también un sistema amigable con el medio ambiente. (Reyes&Rubio, 2014).

Actualmente se ven reflejadas las consecuencias del mal manejo de los recursos hídricos en la sociedad. El agua potable está siendo utilizada para actividades de aseo, riego de plantas y otros usos no consuntivos. Por lo tanto, este proyecto busca abordar este problema y proponer una solución para conseguir disminuir el uso de agua potable en actividades que no requieran su consumo aprovechando las aguas lluvias en la comunidad. (Bravo&De Leon, 2014).

La conciencia ambiental que se ha despertado en los últimos años, sumado a las señales de alerta que han dado fenómenos como el de la niña o el niño, hacen que cada vez más agremiaciones, profesionales y la sociedad en general se interese por abordar e implementar sistemas de aprovechamiento de recursos naturales como el agua, generando así propuestas para realizar construcciones sostenibles en las que el uso eficiente del agua resulta un factor fundamental en la preservación del medio ambiente. (Reyes&Rubio, 2014).

El incremento de la demanda de agua está creciendo de forma exponencial y la oferta en algunos lugares del mundo, incluso en nuestro país, no alcanza a ser suficiente para suplir necesidades básicas, resulta entonces una alternativa interesante el aprovechamiento de aguas lluvias, lo cual representa menores costos operativos para las edificaciones y un aporte para la sociedad en términos ecológicos. (Reyes&Rubio, 2014).

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 Marco teórico

Los sistemas de recolección de agua lluvia no son muy complejos, constan de 3 partes: Captación, Conducción y Almacenamiento. Dependiendo de su uso posterior se diseñan los demás componentes adicionales como lo son el sistema desinfección y distribución y se toman en cuenta las especificaciones técnicas para la forma de captación de acuerdo al área, la geometría o el material escogido (Montero, 2016).

Estas metodologías utilizadas para la captación y almacenamiento del agua lluvia, son el producto de las necesidades (demanda de agua), los recursos disponibles (dinero para invertir y materiales de construcción), las condiciones ambientales (contaminación del agua, disponibilidad de agua subterránea y superficial, precipitación y temperatura), las experiencias culturales y la legislación actual de cada región. Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia sólo se implementan cuando no existe una red de acueducto, el suministro es insuficiente, la calidad del agua es muy baja o los costos del agua potable son elevados; algunas de estas condiciones son las predominantes en varios municipios de Colombia y pueden llegar a darse a largo o mediano plazo en la mayoría de los municipios del País. (Suarez et al., 2006).

5.1.1 Captación y aprovechamiento del agua lluvia

La práctica de captación y aprovechamiento de agua de lluvia se define como la técnica o procedimiento capaz aumentar la disponibilidad de agua en un espacio o terreno, para uso doméstico, animal o vegetal. Por lo general, son técnicas mejoradas de manejo de suelos y agua, de manejo de cultivos y animales, así como la construcción y manejo de obras hidráulicas que permiten captar, derivar, conducir, almacenar y/o distribuir el agua de lluvia. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [FAO], 2013).

El origen de las técnicas de captación de agua se remonta a miles de años atrás. Los pioneros fueron las civilizaciones de meso y sur América. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura o FAO, en los últimos 30 años, se han perfeccionado muchas técnicas gracias al aporte de diferentes instituciones y países. (Benavides&Arevalo, 2017).

El aprovechamiento de agua lluvia para viviendas es una práctica de fácil implementación que permite ahorrar el consumo de agua potable, dando un uso eficiente al recurso, de manera que aquellos sistemas en los cuales el agua potable no es necesaria, pueden ser abastecidos por el agua lluvia. Según la FAO,

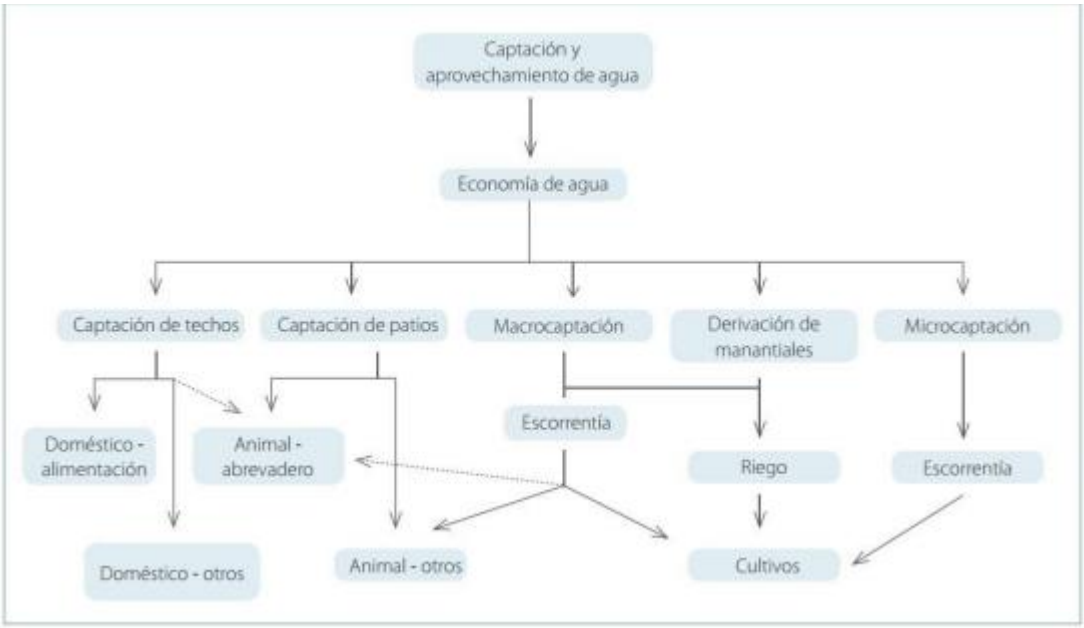
la lluvia es el medio más común y sin costo de aporte de agua en un terreno. La FAO clasifica estás prácticas de la siguiente manera: (Benavides&Arevalo, 2017).

- Microcaptación: También conocida como captación in situ, por tratarse de un proceso de captación y uso en un lugar cercano o contiguo. Por sus características, está técnica se utiliza en el suministro de agua para cultivos. Consiste en captar la escorrentía superficial generada dentro del propio terreno de cultivo, en áreas contiguas al área sembrada o plantada, para hacerla infiltrar y ser aprovechada por estos (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [FAO], 2013).

- Cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables: Esta es la modalidad más conocida y difundida de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Consiste en captar la escorrentía producida en superficies impermeables o poco permeables, tales como techos de viviendas y establos, patios de tierra batida, superficies rocosas, hormigón, mampostería o plástico. La captación de agua de techos es la que permite obtener el agua de mejor calidad para consumo doméstico. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [FAO], 2013).

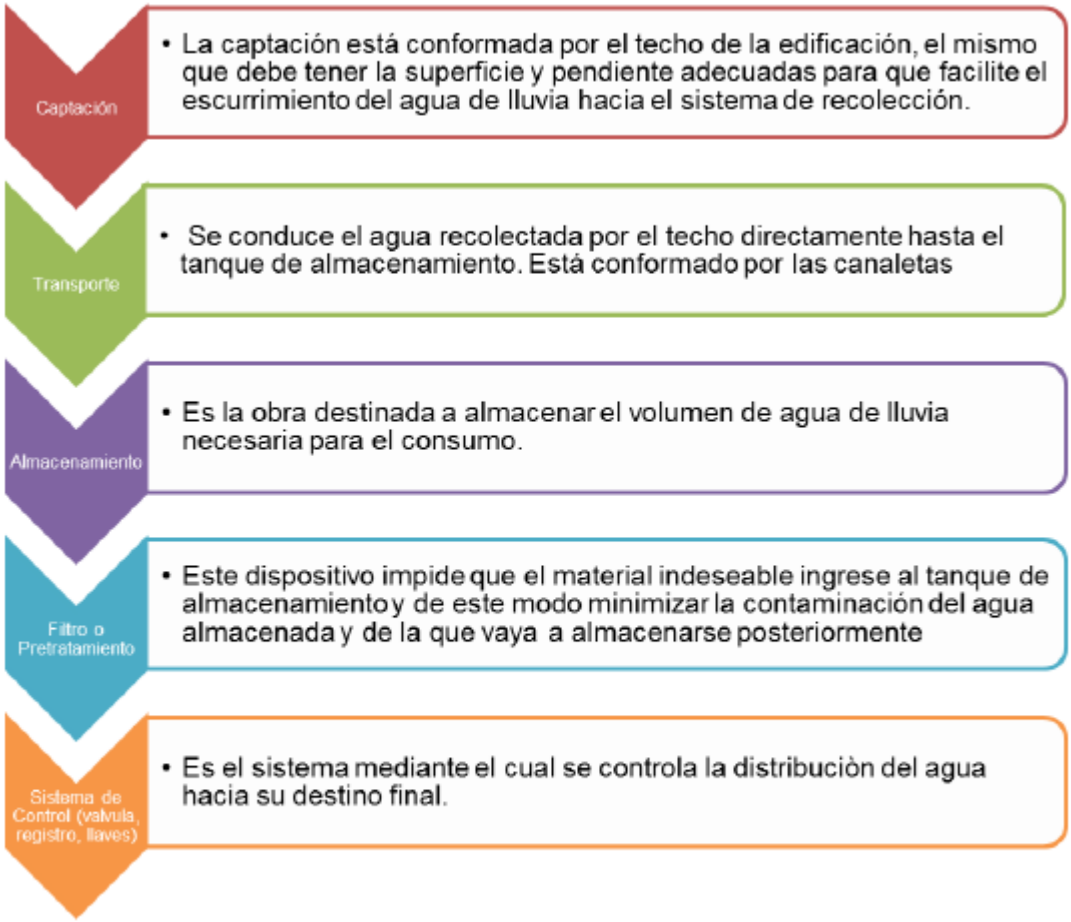
A continuación, se muestra las diferentes modalidades de captación de agua y su uso final.

Figura 1. Modalidades de captación de agua según su finalidad de uso



Fuente: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [FAO], 2013. Captación y almacenamiento de agua de lluvia, Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe

Figura 2. Pasos para la correcta captación y utilización de agua lluvia



Fuente: UNATSABAR. Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Unidad de apoyo técnico en saneamiento básico rural. Lima : UNATSABAR, 2003

Para poder captar y aprovechar el agua de lluvia de la mejor manera posible, es indispensable hacer una selección correcta de las modalidades y técnicas necesarias, en función de las condiciones ambientales y socioeconómicas del sector o localidad. Así mismo, es muy importante que estás técnicas sean de bajo costo y que, dentro del análisis de costos, se incluya las necesidades para el mantenimiento y operación. (Benavides&Arevalo, 2017).

De acuerdo a lo anterior, la captación de agua de techo se convierte en la técnica más adecuada para el consumo humano y uso doméstico. La FAO propone tener en cuenta los siguientes pasos antes de realizar actividades y construir obras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia, con el fin de satisfacer de manera eficiente y efectiva la población que requiera ser intervenida: (Benavides&Arevalo, 2017).

- Paso 1: Conocer y cuantificar el ciclo hidrológico local.

- Paso 2: Verificar el conocimiento y experiencia de los pobladores para establecer las posibilidades de mejoramiento y necesidades de cambios.

- Paso 3: Verificar las necesidades inmediatas y prioritarias de los pobladores para definir las finalidades de uso del agua. (Benavides&Arevalo, 2017).

- Paso 4: Establecer participativamente los objetivos y metas, claros y factibles, de corto, mediano y largo plazo, en función de definir las mejores técnicas de captación de agua de lluvia. La selección final de una técnica o conjunto de ellas depende de cómo se adaptan a las condiciones del clima, terreno, suelo, cultivos, pastos o árboles, y de su factibilidad económica, aceptación de la población y capacidad que tengan de utilizarla y mantenerla. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [FAO], 2013)

Existe una metodología desarrollada por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos en 1998 llamada LEED o Leadership in Energy & Environmental Design. Son un conjunto de normas sobre la utilización de diversas estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. (Benavides&Arevalo, 2017).

Tiene como eje principal la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior, la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres de la parcela y la selección de materiales. Su objetivo es avanzar en la utilización de estrategias que permitan una mejora global en el impacto medioambiental de la industria de la construcción. (Reyes&Rubio, 2014).

Por otro lado, está el modelo propuesto por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente o CEPIS. Siguiendo los parámetros establecidos por este, un sistema de captación de agua lluvia debe cumplir los siguientes requisitos: para el diseño del sistema debe tenerse en cuenta los datos de la precipitación mensual de la zona de por lo menos diez años; la oferta de lluvia se determina a partir del promedio mensual de las precipitaciones; la demanda de agua debe considerar un mínimo de cuatro litros de agua por persona/día para bebida, preparación de alimentos e higiene bucal. (Benavides&Arevalo, 2017).

De la misma manera, para diseñar un sistema de aprovechamiento de agua lluvia se requieren cuatro componentes principales: captación, recolección, interceptor de primeras aguas y almacenamiento. Sin embargo, Palacio menciona que también se debe tener en cuenta el sistema de filtración rápida y el sistema de bombeo (Palacio, 2010).

Para el criterio de diseño, el CEPIS sugiere el método llamado: Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento. Este método calcula tanto el área de

techo necesaria y la capacidad del tanque de almacenamiento, como el volumen de agua y la capacidad del tanque de almacenamiento para una determinada área. De esta forma se puede determinar la cantidad de agua que es capaz de recolectarse por metro cuadrado de superficie de techo. Las variables necesarias para este análisis son el número de usuarios, el coeficiente de escorrentía y la demanda de agua (CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE [CEPIS], 2013). (Benavides&Arevalo, 2017).

El método propuesto expresa los siguientes tres pasos:

1. Determinación de la precipitación promedio mensual como función de los datos promedio mensuales de precipitación en un periodo determinado. (Benavides&Arevalo, 2017).

Se expresa a partir de la Ecuación 1:

$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} pi}{n} \qquad [1]$$

Donde:

n: número de años
pi: valor de precipitación mensual del mes "i" [mm]
El valor de Ppi del mes "i" puede expresarse en mm/mes o Lt/m^2/mes.

2. Determinación de la demanda de agua necesaria para atender las necesidades de la familia o familias por mes. (CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE [CEPIS], 2013). Se puede calcular a partir de la Ecuación 2: (Benavides&Arevalo, 2017).

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000}$$

[2]

Donde:

Nu: número de usuarios
Nd: número de días del mes
Dot: dotación (Lt/persona x día)

El valor de Di del mes "i" puede expresarse m^3.

3. Determinación del volumen del tanque de abastecimiento, es decir, la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo teniendo en cuento los promedios mensuales de las precipitaciones, la materia del techo y el coeficiente de escorrentía. (Benavides&Arevalo, 2017).

$$A_i = \frac{Ppi \times Ce \times Ac}{1000}$$

[3]

Donde:
Ce: coeficiente de escorrentía
Ac: área de captación (m^2)
Ai: oferta de agua en el mes "i" (m^3)

Con los valores obtenidos de las Ecuaciones 1, 2 y 3, se calcula el acumulado mes a mes encabezado por el mes de mayor precipitación u oferta de agua. Las áreas de techo con diferencias acumulativas negativas en alguno de los meses del año indican que no son capaces de captar la cantidad de agua demandada por los interesados, por lo tanto, se descartan. El área mínima de techo corresponde al análisis que proporciona una diferencia acumulativa próxima a cero (0) y el volumen de almacenamiento corresponde a la mayor diferencia acumulativa. Áreas de techo mayor al mínimo darán mayor seguridad para el abastecimiento de los interesados. (Benavides&Arevalo, 2017).

5.1.2 Captación

Es la superficie donde se recolecta el agua lluvia. Corresponde al techo de la edificación, el cual, deberá tener una pendiente inclinada (no menor al 5%) y una

superficie adecuada que permita la caída del agua lluvia hacia el sistema de recolección. Los materiales empleados en la construcción de estos techos son la plancha metálica ondulada, tejas de arcilla, madera, paja, cemento, entre otros, destacándose los techos de cemento y de teja debido a la durabilidad, el bajo costo y la calidad de agua. (Palacio, 2010). Los coeficientes de escorrentía según el material se muestran en la Tabla 2. (Benavides&Arevalo, 2017).

Tabla 1. Coeficientes de escorrentía

Material	Coeficiente
Plancha metálica	0.90
Tejas de arcilla	0.8-0.9
Madera	0.8-0.9
Paja	0.6-0.7
Cemento	0.7-0.8

SISTEMA ALTERNATIVO DE RECOLECCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA, PARA UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN EL BARRIO LA VICTORIA DE LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL. Fuente: Benavides y Arevalo, (2017).

5.1.3 Recolección y conducción.

Corresponde a las canales ubicadas en los bordes inferiores del techo. Su función es recolectar el agua lluvia y conducirla hasta el interceptor. Deben ser instaladas con una pendiente pequeña para facilitar el flujo del agua.

El material debe liviano, resistente al agua y de fácil unión para reducir las fugas. El CEPIS, sugiere bambú, madera, metal o PVC para su construcción.

Para su diseño, se sugiere que el ancho de la canaleta este entre 75 mm y 150 mm. Así mismo, el techo deberá prolongarse hacia el interior de la canaleta como mínimo en un 20% del ancho de esta. La distancia entre la parte superior de la canaleta y la parte más baja del techo debe ser la menor posible para evitar la pérdida de agua. El máximo tirante de agua en las proximidades del interceptor no deberá ser mayor al 60% de la profundidad efectiva de la canaleta. La velocidad del agua en estas no debe exceder 1m/s. (Benavides&Arevalo, 2017).

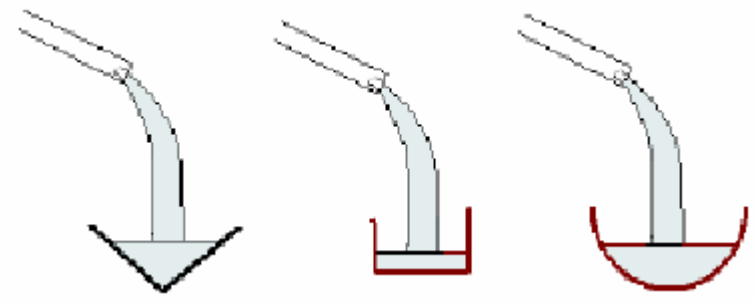


Figura 3. Formas más comunes de las canaletas de conducción. Fuente: (Aquino, 2006).

Las canaletas deben pegarse muy bien a los bordes más bajos del techo. Las uniones entre ellas deben ser herméticas y lo más lisas posibles para evitar que el agua se represe. La capacidad de conducción puede calcularse a partir de las fórmulas de Maning teniendo en cuenta el coeficiente de rugosidad del material de la canal. (Benavides&Arevalo, 2017)

5.1.4 Interceptor.

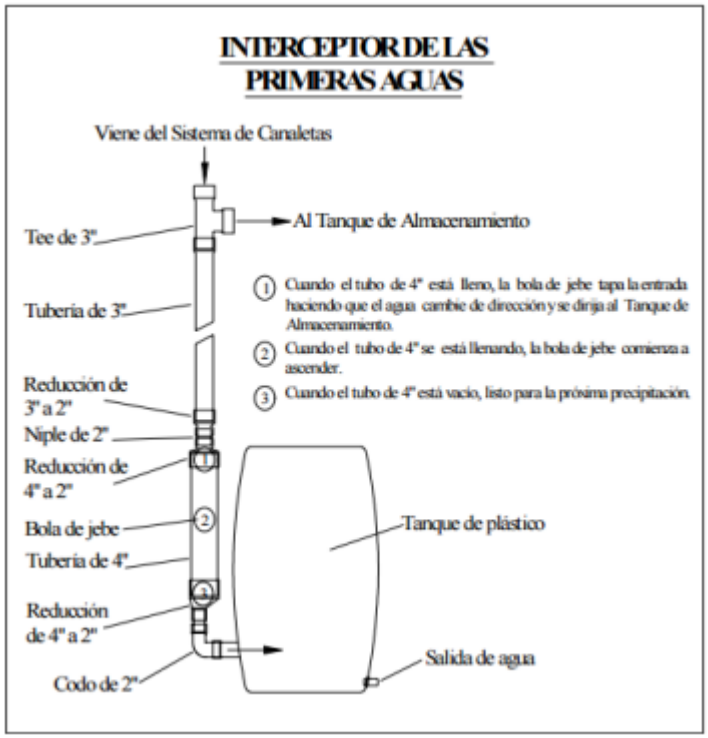
Es el dispositivo que capta las primeras aguas provenientes del techo. Cumple la función de filtro porque evita el almacenamiento de aguas con impurezas. En el diseño de este, es importante tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo. Se estima 1 litro por m2 de techo. (CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE [CEPIS], 2013). (Benavides&Arevalo, 2017).

El interceptor puede ser un tanque y debe ir conectado a las canaletas por medio de bajantes. Debe tener una válvula de flotador que controle el llenado. Cuando éste alcance el nivel deseado, la válvula impedirá el paso del agua hacia el interceptor y la dirigirá hacia el tanque de almacenamiento. (Palacio, 2010).

El agua recolectada en este dispositivo puede ser utilizada para el riego de plantas o jardines.

El volumen del interceptor se calcula teniendo en cuenta un litro de agua lluvia por metro cuadrado del área del techo. En la Figura 5 se muestra el modelo de interceptor de las primeras aguas propuesto por el CEPIS. (Benavides&Arevalo, 2017)

Figura 4. Interceptor de las primeras aguas



Fuente: Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [FAO], 2013)

5.1.5 Forma de Almacenamiento

Corresponde al lugar donde se almacenará y conservará el agua de lluvia necesaria para su uso. Según el CEPIS, estas unidades de almacenamiento deben ser duraderas y pueden ser construidos con mampostería para volúmenes menores 100 a 500 L, ferrocemento para cualquier volumen o concreto para cualquier volumen. (Benavides&Arevalo, 2017).

Las especificaciones que deben cumplir son las siguientes:

- Debe ser impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración,
- No debe ser de más de 2 m de altura para minimizar las sobre presiones. La parte superior no deberá estar a menos de 0.30 m con respecto al punto más bajo del área de captación.
- Debe tener tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar,

• Debe disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias,

• En la entrada y el rebose debe tener mallas para evitar el ingreso de insectos y animales.

• Debe estar dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje, así como de un filtro de arena para purificar el agua. La velocidad de filtración debe ser menor a 0.2m/hora. El volumen del tanque de almacenamiento será determinado a partir de la demanda de agua, de la intensidad de las precipitaciones y del área de captación. (Benavides&Arevalo, 2017).

Existen diferentes tipos de tanque según su posición: los tanques elevados, los superficiales, los semienterrados y los enterrados. Pero independientemente de la forma

todos deben cumplir una serie de requisitos (Aquino, 2006):

• Soportar estructuralmente ante fenómenos naturales.

• Evitar que pase la luz y la entrada de polvo e insectos, ya que la luz genera la

aparición de algas y los insectos encuentran un lugar apto para reproducirse.

• Como ya se ha comentado en el apartado anterior, antes de llegar al tanque de

almacenamiento ha de haber un dispositivo de filtrado.

• Disponer de un dispositivo de extracción del agua por gravedad [llave de toma].

• Tener un dispositivo para eliminar el agua de excedencias.

• Tener un dispositivo para eliminar el agua durante su limpieza [desagüe].

5.1.6 Red de distribución del agua lluvia.

Corresponde a la red que distribuirá el agua lluvia para los diferentes puntos de uso. Debe ir paralela a la red del acueducto. Es importante proteger la red de suministro de agua potable con una válvula de cheque para evitar que el agua de lluvia se mezcle con el agua potable. (Benavides&Arevalo, 2017). (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [FAO], 2013).

5.1.7 Sistema de bombeo

Es el encargado de distribuir el agua desde la unidad de almacenamiento hacia las unidades sanitarias. Se recomienda que la tubería de succión de la bomba esté al menos 50 cm por encima del fondo del tanque para evitar el arrastre del material

sedimentado. (Benavides&Arevalo, 2017). (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [FAO], 2013).

Según Benavides, A y Arévalo, D. Uno de los sistemas de bombeo más usados es el HVAC. Estos sistemas incluyen válvulas de control diseñadas para modular o alternar abierto-cerrado como función de carga. Adicional a esto, deben tener en cuenta:

a. El flujo de fluido variable y deben ser capaces de reducir las tasas de flujo de bombeo al 50% o menos de la tasa de flujo de diseño.

b. Se requiere tener variadores de velocidad para una potencia total de bombeo superior a 7.5 kW (10 HP).

c. El flujo mínimo a través de una bomba debe ser suficiente para remover el calor de la compresión (potencia entrante del motor) con no más de 5.5°C de incremento de temperatura.

d. Se debe prestar especial atención a las condiciones de entrada de la bomba; un tubo recto de mínimo 4 a 6 de diámetros de largo aguas arriba o un difusor de succión es recomendable para bombas instaladas en terreno.

e. Bombas de flujo variable nunca deben tener válvulas de balance instaladas en la descarga ya que el flujo de balance se puede alcanzar fácilmente al variar la velocidad de la bomba.

f. Cuando se usa una válvula combinada de trabajo y chequeo, instale una válvula adicional de apagado a la salida para que válvula de chequeo se pueda mantener. (Benavides&Arevalo, 2017).

5.1.8 Tratamiento

Es muy importante que el agua tanto del interceptor como del tanque de almacenamiento sea tratada. En el primero se debe remover las partículas provenientes de las canaletas. En el segundo, el tratamiento puede realizarse con filtro y desinfección con cloro.

5.1.9 Estudios realizados por entidades

A nivel internacional existen dos organizaciones encargadas de estudiar todo lo relacionado con la calidad de agua para su consumo y uso. En primer lugar, está el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente o CEPIS. Es el centro regional de tecnología ambiental de la Organización Panamericana de la Salud Oficina regional (OPS), Oficina regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud (OMS). (Benavides&Arevalo, 2017).

El CEPIS realiza actividades encaminadas a orientar a los países de la Región en el manejo de los problemas ambientales que constituyen riesgos para la salud

humana: abastecimiento de agua, tratamiento y recursos de aguas residuales, manejo de desechos sólidos domésticos entre otros.

El Centro impulsa programas que refuerzan la cooperación de la OPS con los países y dedica especial atención al desarrollo de tecnologías económicas de fácil operación y mantenimiento, diseminación de información, movilización y capacitación de recursos humanos, educación sanitaria y a la participación de la comunidad en la gestión ambiental.

En el 2003, en conjunto con la OPS y la OMS, el CEPIS publicó un manual con las especificaciones técnicas para la captación de agua de lluvia para consumo humano, en el cual se fundamentó la presente investigación. (Benavides&Arevalo, 2017).

5.2. ANTECEDENTES

A continuación, brindamos una breve descripción de los antecedentes relacionados con el tema de este estudio que es el aprovechamiento y utilización del agua lluvia en una torre de apartamentos ubicada en el conjunto Bosques de Oriente de Fusagasugá (B17) y sobre los que hemos apoyado este trabajo monográfico. Dentro de los trabajos realizados sobre el tema se destaca el de Reyes y Rubio, el estudio consistió en describir el estado del arte de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias. Dentro de los resultados obtenidos se muestra la importancia de incentivar la construcción y uso de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias para labores de riego, uso doméstico e incluso para consumo humano. Es indispensable realizar estudios previos que permitan conocer las características hidrológicas de la zona y de esta forma, diseñar un sistema factible y efectivo. Así mismo, los autores recalcan la necesidad de formular políticas sobre el aprovechamiento de aguas lluvias donde tanto los usuarios, como el gobierno se vean beneficiados. (Reyes&Rubio, 2014).

Otro estudio importante fue el desarrollado por Palacio Natalia, en el cual se propone un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias de bajo costo, fácil implementación y mantenimiento, como alternativa para el ahorro de agua potable, la disminución de los gastos debidos al consumo y un uso eficiente del recurso, en la Institución Educativa María Auxiliadora del municipio de Caldas, Antioquia. Se encontró que, con la precipitación de la zona y el espacio disponible, se logra abastecer completamente los sanitarios y lava-escobas durante nueve meses del año, y los tres meses restantes se abarca más del 90% de la demanda, siendo necesario suplir menos del 10% con agua potable. Sin embargo, la inversión inicial es muy alta, lo cual hace necesario buscar fuentes de financiación externa para desarrollar el proyecto. Los autores recomiendan hacer levantamientos en campo para la cuantificación exacta de los componentes del sistema y su ubicación. (Palacio, 2010).

Cabe resaltar que como estos autores hay muchos otros a lo largo del mundo, que han decidido crear conciencia acerca del uso y aprovechamiento del agua lluvia para darle una mano al medio ambiente y al planeta. A continuación, destacaremos algunos de esos autores con su país de proveniencia y sus trabajos:

- Rojas et al., 2012 "I*MPLEMENTACION Y CARACTERIZACION DE UN SISTEMA DE CAPTACION Y APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA"*. (MEXICO)

  Acá se presenta la implementación de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia, para conocer su calidad, se realizaron análisis microbiológicos y fisicoquímicos basados en la normatividad vigente en México. Los resultados microbiológicos mostraron diversos tipos de bacterias como bacillos, cocos y coliformes, entre ellos Escherichia coli y Enterobacter aerógenas, mientras que los fisicoquímicos reportaron concentraciones bajas de Sólidos Suspendidos Totales 8.9 mg/L, Demanda Biológica de Oxígeno 2.7 mg/L, Demanda Química de Oxígeno 6.7 mg/L y Carbón Orgánico Total 1.9 mg/L. (Rojas et al., 2012)

  En este trabajo, también se propone la adaptación de un sistema de captación en una edificación ya construida con un tren de tratamiento, el cual debe proporcionar la calidad del agua adecuada para las necesidades actuales. (Rojas et al., 2012)

- Alder, L; Carmona, G. "*MANUAL DE CAPTACIÓN DE AGUAS DE LLUVIA PARA CENTROS URBANOS".* (MEXICO)

  En este manual nos brindan en forma sencilla las herramientas necesarias para construir un sistema de captación de agua de lluvia, con la posibilidad de aprovechar la infraestructura ya existente en nuestras viviendas.

- Resendiz, R. *DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y PURIFICACIÓN DE AGUA DE LLUVIA MEDIANTE FOTOCATÁLISIS SOLAR.* (MEXICO)

  En este trabajo se presenta el diseño un sistema de captación y purificación del agua de lluvia mediante fotocatálisis solar utilizando nanopartículas de dióxido de titanio. Partiendo de la captación del agua de lluvia del techo, el procedimiento consiste de la eliminación de sólidos y partículas de tamaño considerable, mediante un filtro, que se conecta al tubo bajante. El agua se almacena en un tanque y posteriormente se hace pasar a través de un filtro de arena; finalmente, el agua se hace circular a través de un fotorreactor que consiste de seis colectores parabólicos compuestos con una superficie de aluminio pulido y seis tubos de vidrio de borosilicato montados sobre dichos colectores. Los tubos de vidrio están cubiertos en su interior con una

película delgada de nanopartículas de dióxido de titanio que funciona como fotocatalizador y se activa con la luz UV solar, desinfectando el agua de lluvia captada. A las muestras de agua obtenida se les realizan análisis fisicoquímicos y microbiológicos, encontrando que el agua de lluvia cuenta con las características necesarias para ser consumida. Además, el sistema propuesto no requiere de energía eléctrica, ya que se aprovechan únicamente la gravedad para hacer circular el agua y la radiación UV solar para llevar a cabo el proceso de desinfección. La propuesta de este diseño muestra que, es posible desarrollar sistemas simples, de bajo costo y amigables con el ambiente para la obtención de agua apta para el consumo humano.

- González, E. ALTERNATIVA AL MODELO HIDRAULICO ACTUAL DE MENORCA: *CUBIERTA CAPTADORA DE LLUVIA, ROCIO Y DESTILACION.* (ESPAÑA)

  En este trabajo de tesis se habla de evaluar las posibilidades de captación de lluvia, de condensación de rocío y de limpieza de agua mediante la de destilación de agua salada, salobre o gris, en la isla de Menorca. También, integrarlas tres técnicas en un único sistema de cubierta captadora que consiga cubrir las necesidades hídricas, tanto domésticas como de agua de boca, de los habitantes de la isla y plantear así una alternativa al modelo hídrico actual.

- Valenzuela, C. *DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA BAJO CRITERIOS DE EFICIENCIA HÍDRICA EN EDIFICIOS. CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO DE CLASES Y LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL*. (ECUADOR)

  El principal objetivo de este trabajo es el de presentar los resultados obtenidos sobre al análisis de eficiencia hídrica en edificios universitarios de Quito a través de metodologías de cálculo internacionales como la sugerida por la “ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais”, de Portugal. Se concluye que, la instalación de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia reducirá considerablemente los consumos de agua potable en un edificio con bajo desempeño hidráulico. El presente estudio se da como tema de investigación de Maestría en el Instituto Politécnico de Leiria y la Universidad Central del Ecuador.

- Barcelona Cicle de l'Aigua, S.A. Green Blue Management, S.L.P. *ESTUDIO DE APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS PLUVIALES MEDIANTE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) EN LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN TÉCNICO PARA EL APROVECHAMIENTO*

DE LOS RECURSOS HÍDRICOS ALTERNATIVOS DE BARCELONA. (ESPAÑA)

Este Estudio se centra en analizar, para el conjunto de la ciudad de Barcelona, el potencial del aprovechamiento de las aguas pluviales para su infiltración al terreno, con los siguientes dos objetivos principales:

• Proteger el acuífero y mantener el aprovechamiento del nivel freático

• Aprovechar el crecimiento del verde en la ciudad para gestionar el recurso natural agua de lluvia

Para ello se propone el empleo de soluciones basadas en la naturaleza, como los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), destacando la necesidad de considerar la gestión sostenible de las escorrentías urbanas en las actuaciones derivadas de otros planes a nivel ciudad, como el Plan del Verde y la Biodiversidad 2012-2020 o el Plan de Movilidad Urbana 2013-2018 (junto con los criterios técnicos para la implantación de las Supermanzanas), así como en los futuros desarrollos urbanísticos y en las obras de remodelación que se llevan a cabo constantemente en la ciudad, de modo que mejorando la gestión de las aguas pluviales localmente, se generar un impacto global cuando estas actuaciones diseminadas se multiplican

- Hernández M; Sauri D; Morote A. *LA GESTIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES EN ÁREAS URBANAS: DE RIESGO A RECURSO.* (ESPAÑA)

  El objetivo de esta investigación es analizar el uso de las aguas pluviales, considerando estas bajo la visión de flujos que se pueden valorizar y explotar en el marco de la economía circular y las denominadas Nature Based Solutions (NBS). Estos planteamientos reflejan, por un lado, el interés por el aprovechamiento del agua de lluvia; interés acentuado ante los efectos del cambio climático en estos territorios (incremento de las sequías y lluvias torrenciales). Y por otro, la importancia de profundizar en el conocimiento de estas prácticas tradicionales dada su capacidad para incrementar la resiliencia no solo, en ámbitos semiáridos.

- Vargas M. Optimizing rainwater harvesting systems in urban áreas. (ESPAÑA).

  Esta tesis doctoral pretende encontrar las configuraciones de RWH más eficientes, primero cuantificando el consumo de recursos e impactos ambientales asociados con RWH en áreas urbanas, y, después, estudiando las diferentes configuraciones para abastecimiento doméstico considerando condiciones climáticas mediterráneas y desérticas. La investigación está motivada por el incremento en la necesidad de encontrar medidas correctoras y preventivas que ayuden a gestionar los problemas de

abastecimiento de agua, especialmente considerando los efectos del cambio climático en el área mediterránea y los del abastecimiento de agua en las zonas áridas. En línea con este planteamiento, la hipótesis se basa en el hecho de que el agua pluvial es agua blanda y, por lo tanto, requiere menos detergente y aditivos suavizantes. De ahí que represente un sustituto ventajoso para el agua utilizada en lavandería, especialmente en lugares donde el agua de grifo presenta altos niveles de dureza, así como cuando la disponibilidad de agua es limitada. Para analizar las diferentes configuraciones de RWH, se aplicaron las siguientes metodologías: análisis de exergía y análisis de eficiencia exergética para determinar el consumo de recursos y eficiencia; análisis de ciclo de vida (LCA) para identificar los impactos ambientales; análisis de coste de ciclo de vida (LCC) para encontrar la viabilidad económica, y análisis envolvente de datos (DEA) para identificar la frontera de mejores-prácticas hacia la sostenibilidad.

- Acosta G. *FACTIBILIDAD DE UNA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA URBANA SUSTENTABLE DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN DE AGUA PLUVIAL.* (MEXICO).

  Este trabajo consiste en el diseño de un sistema para la captación y conducción de agua pluvial por medio de un sistema conformado por concreto permeable con un geocompuesto para la eficiente captación y conducción, y posterior posible almacenamiento y/o tratamiento, para su aprovechamiento. El experimento que se llevó a cabo tuvo la finalidad de comparar la conductividad hidráulica del sistema, conformado por concreto permeable junto con un geocompuesto. Se midieron presiones y velocidades a diferentes gastos y pendientes, con la finalidad de obtener la conductividad del sistema y el gráfico de diseño por pendientes. Dicha conductividad permite calcular de manera teórica el comportamiento del sistema sin la necesidad de experimentar con el mismo en el laboratorio para cada situación en particular, mientras que la gráfica de diseño será capaz de establecer los parámetros necesarios para alcanzar el diseño de vialidad deseado al tomar como base el tirante superficial de flujo máximo permisible del proyecto para la gestión de aguas pluviales.

- Torres Ronnie, & Fresquet, Ailime. Caracterización de la captación de las aguas de lluvia para tipologías de viviendas. (CUBA)

  Este trabajo tiene como principal objetivo evaluar el aprovechamiento de la captación de agua de lluvia según las tipologías de vivienda normadas para La Habana. Por tanto, se toman en consideración normas técnicas asociadas y la pluviometría de la provincia en cuestión. Para cumplir con esto se han establecido tres nuevos parámetros que permiten determinar el cubrimiento de la demanda, la productividad de la captación y la posibilidad de múltiples usos, así sean domésticos o de otra índole. Se determinó el

posible volumen de captación para los diez tipos de viviendas, así como la demanda para la descarga de inodoros. Por último, se plantearon ocho situaciones hipotéticas en las que se demuestra la utilidad de los parámetros propuestos.

- Torres, Ronnie, & Fresquet, Ailime. *CAPTACIÓN DE LLUVIA PARA DESCARGA DE INODOROS EN EDIFICIO ALTO EN EL VEDADO.* (CUBA)

  Este trabajo tiene como principal objetivo establecer las ideas conceptuales para el sistema de captación de agua de lluvia y la red hidráulica interior de agua con el objetivo de satisfacer la demanda de los inodoros de un edificio alto, donde se implementaron las normas cubanas como principal guía. Se dan a conocer las definiciones, clasificaciones generales y método de cálculo utilizado para el diseño de la red de captación y abastecimiento. Como aspecto novedoso se modela el comportamiento del llenado de la cisterna para diversas situaciones en las que la precipitación varía y se determinó, para cada una, el potencial de ahorro de la solución.

- Aqua España. "*GUÍA TÉCNICA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES EN EDIFICIOS*"

  Este documento facilita informaciones técnicas sobre la gestión y la reutilización de aguas pluviales procedentes de cubiertas y terrazas; va dirigido a ingenieros, técnicos, arquitectos, instaladores y usuarios de los ámbitos de la administración pública, empresarial y particular.

  Esta guía facilita asimismo informaciones y criterios sobre los componentes, el diseño y dimensionado, la instalación y el uso de los sistemas de reutilización de aguas pluviales para todo tipo de edificaciones, construcciones nuevas y rehabilitaciones de edificios.

- Torres, R. "*LA CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA COMO SOLUCIÓN EN EL PASADO Y EL PRESENTE*". Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Universidad Tecnológica de La Habana, José Antonio Echeverría. (CUBA).

  El objetivo del trabajo de este cubano es realizar una revisión bibliográfica sobre las tecnologías para el aprovechamiento del agua de lluvia que se han implementado en diferentes épocas y lugares del planeta. La necesidad de contar con este tipo de materiales en tiempos donde cada vez requieren del ahorro de los recursos es la principal motivación. Para una mayor comprensión se han fijado dos etapas: antes y después del siglo XX, así como las referencias sobre Cuba se han tratado separadas del resto del mundo. Se aprecia que el desarrollo tecnológico no solo se manifiesta en las técnicas disponibles, sino también en el uso que se le ha dado a este recurso, que como se verá, es cada vez mayor. Por tanto, constituye una recopilación actualizada sobre la temática en cuestión. (Torres, 2019).

- Da Cruz S; Christan P; Teixeira C; Farahbakhsh K. “Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparacao entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de curitiba, PR”, (BRASIL).

  Este trabajo presenta una comparación entre los métodos de dimensionamiento del reservorio de agua de lluvia propuestos en NBR 15527:007 y el Decreto Municipal 293/2006, en Curitiba, PR. Para este análisis, se seleccionaron cinco edificios que cuentan con un sistema de captación y uso de agua de lluvia en funcionamiento. Los resultados obtenidos a través de los dos métodos fueron discrepantes. Con el fin de obtener volúmenes consistentes con el uso del agua de lluvia, las ecuaciones del Decreto Municipal 293/2006 merecen una revisión, para incluir consideraciones sobre el índice de lluvia, el área de captación y la demanda de agua de lluvia almacenada. El uso de los métodos presentados en NBR 15527:2007 se facilitaría con ajustes de nomenclatura e inclusión de más información en la presentación de ecuaciones, dependiendo de la ambigüedad del nombre de las variables. La decisión final sobre qué método se indica mejor puede basarse en la comparación de los volúmenes obtenidos y la viabilidad en términos de área disponible y costo de construcción del reservorio.

- Quispe, L. “Captación de agua de lluvia para la agricultura familiar, una experiencia en comunidades rurales de tlaxcala”. Boletín del Archivo Histórico el Agua. (MÉXICO).

  El objetivo final de este trabajo fue el del diseño agroecológico, de acuerdo a Altieri, es integrar los componentes de manera tal que aumente la eficiencia ecológica general y se mantenga la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema.

- León, A; Córdoba, R; Carreño, S. U.F. *“REVISIÓN DEL ESTADO DE ARTE EN CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN ZONAS URBANAS Y AEROPUERTOS”. Revista Tecnura. (MEXICO).*

  En este trabajo se presenta diferentes conceptos de autores de artículos a nivel mundial que hacen referencia al aprovechamiento de agua lluvia, a su captación y aprovechamiento evitando que se desperdicie este recurso y que llegue a los alcantarillados y al arrastre de las basuras que encuentra lo que sucede es que contaminan y tapan estos ductos provocando inundaciones. (León et al., 2016)

- López Nuria; Palacios Oscar; Anaya Manuel; Chávez Jesús; Rubiños Juan, & García Mauricio. “*DISEÑO DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA: ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO HÍDRICO”*. (MEXICO)

El objetivo de este trabajo fue diseñar tres sistemas, para destinar el agua a uso doméstico de un hogar de cuatro integrantes, a consumo humano en una institución educativa de mil personas y al riego de *Stevia rebaudiana* en un invernadero de media hectárea; y comparar, el costo de la captación del agua de lluvia con el de extracción del subsuelo. Los tres sistemas fueron propuestos para el municipio de Calpulalpan, Tlaxcala. (López et al., 2017)

El desarrollo del trabajo consistió en generar una metodología de diseño considerando la estimación de la precipitación con una probabilidad 75% de ocurrencia y el dimensionamiento del sistema de almacenamiento, empleando el método de balance de masas. Adicionalmente se comparó el costo por metro cúbico del agua de lluvia captada contra el agua subterránea. Los resultados sugieren que el agua lluvia puede ser económicamente más viable que la extracción del agua subterránea cuando la demanda es baja, además representa una contribución al desarrollo sostenible del municipio. (López et al., 2017)

- López, G, Martínez F, Fuertes V, & López P. *DIMENSIONADO DE DEPÓSITOS DOMÉSTICOS DE AGUAS PLUVIALES UTILIZANDO SERIES TEMPORALES DE DATOS (ESPAÑA)*

  El objetivo de este trabajo es presentar una serie de metodologías para el dimensionado de depósitos de lluvia basadas en criterios funcionales y/o económicos. El resultado será una serie de expresiones que permiten calcular el volumen necesario del depósito. A la vista de los resultados se podrá comprobar que las dimensiones obtenidas al aplicar criterios funcionales son bien distintas de las que resultan de la aplicación de los criterios económicos, y la decisión final sobre la elección de uno u otro criterio estará condicionada por las características de la edificación. (López et al., 2011).

Existe un estudio realizado por la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, sobre la captación y almacenamiento de agua lluvia. En este se describen los conceptos, estrategias y métodos acerca de cómo mejorar la captación y el aprovechamiento del agua en un medio rural. Así mismo, se aborda el tema de la captación de agua lluvia de techo, lo cual puede servir como insumo para la presente investigación. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [FAO], 2013). Dentro de las recomendaciones se menciona que es muy importante apoyarse en investigaciones previas sobre el tema y monitorear las condiciones climáticas de la zona. La organización comunitaria es esencial para el desarrollo de actividades orientadas a buscar mejorías en el aprovechamiento de aguas lluvias. (López et al., 2011)

En el 2011, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en conjunto con la Corporación Financiera Internacional o IFC y con Cámara Colombiana de la

Construcción o CAMACOL definieron la Guía Nacional de Construcción Sostenible para Colombia con el ánimo de mitigar el impacto ambiental del sector de la construcción. En el capítulo 4 se describe las medidas y estrategias para reducir el consumo de agua potable. (López et al., 2011)

En cuanto al tratamiento de aguas residuales y reciclaje de agua se menciona que a través de un sistema de tubería doble se puede transportar el agua de lluvia captada, acumulada y tratada para descarga de sanitarios y para zonas de limpieza. Se añade que las aguas lluvias son una de las fuentes más puras de agua y que cerca del 85% del agua fresca fluye en aguas residuales. Esto muestra la necesidad de desarrollar estrategias para su captura y tratamiento y así reducir los requerimientos de agua potable de todas las actividades. (López et al., 2011). (MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, 2011).

En Colombia contamos con casos reales de aprovechamiento de agua lluvia por lo que nombraremos los más importantes:

5.1.1 Sede Bancolombia Medellín

El edificio de mayor tamaño construido que posee la certificación Leed EB: OM v 2009, es la sede de Bancolombia en Medellín; tiene un área construida de 138.101m2, una capacidad para 4.200 empleados, conformado por 2 torres intercomunicadas por un túnel y dos puentes dobles con 13 y 4 pisos por torre, la sede permite el ahorro de 50% de la energía eléctrica gracias al manejo del flujo del aire y de luz natural. (Montero, 2016).

Figura 5. Sede Bancolombia Medellín Fuente: Flickr. Obtenido de: https://www.flickr.com/photos/dairocorrea/3843685522 2016

Es uno de los grandes ejemplos en Colombia entorno a las construcciones sostenibles y caso de estudio para futuros proyectos, la edificación 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. (Montero, 2016).

5.1.2 Edificio Farmacéutica Novartis Sede Multinacional en Bogotá

Ubicada al norte de Bogotá, la sede de la Multinacional Farmacéutica, fue la primera en poseer la certificación LEED en la escala Plata, otorgada por el US Green Building Council, USGBC (Consejo de Construcción Sostenible en Estados Unidos); se destacan los procesos de implementación de energías alternativas, con una reducción significativa del impacto al medio ambiente y en el consumo de agua. Posee 9.700m2 repartidos en doce pisos, dos sótanos con 114 parqueaderos y la primera cubierta verde certificada en Bogotá. (Montero, 2016).

Figura 6. Edificio Farmacéutica Novartis Sede Multinacional en Bogotá. Fuente: Arquitecto Nicolás Camacho. Obtenido de http://www.arquitectonicolascamacho.com/portfolio_page/edificio-novartis-sede/ 2016

En Bogotá en los últimos años son cada vez más las edificaciones y empresas interesadas en poseer la certificación LEED; buscando que sus operaciones impartan menos contaminación, daño al medio ambiente y deterioro de los recursos. Existen más de 100 proyectos registrados, 21 de ellos avalados y 9 con sello de oro, en esta categoría se encuentran varias edificaciones pertenecientes a Universidades, Hoteles, Industrias, Cajas de compensación en grandes ciudades como Bogotá, Bucaramanga, Medellín y otras más pequeñas como Girardot, Pereira y Palmira. (Montero, 2016).

5.1.3 Edificio Ecobranch Avon Centro de Distribución Antioquia

Situado en el municipio de Guarne, Antioquia, posee la certificación Leed clase Oro, este cuenta con aproximadamente 27.000m2, contiene 2 grandes bodegas y un edificio de operaciones administrativas, dispone de un amplio

programa de reciclaje de materiales resultantes del proceso constructivo; sistema de cubiertas que canalizan el agua lluvia para ser posteriormente reutilizada en sanitarios, un gran tanque de almacenamiento, planta de tratamiento de aguas residuales continua con una eficiencia mayor al 95%, un gran diseño de paisajismo con especies nativas que no implican el mayor consumo de agua por riego. (Montero, 2016).

Figura 7. Edificio Ecobranch Avon Centro de Distribución Antioquia Fuente: Portafolio. Obtenido de: http://m.portafolio.co/negocios/empresas/herramienta-impulsa-sostenibilidad-141122. 2016

5.1.4 Colegio Rochester en Chía

El Colegio se encuentra en el municipio de Chía, Cundinamarca, la estructura posee un diseño y sistemas para reducir el consumo del agua potable, calentamiento inteligente con energía solar de las dos piscinas y los dos vestier del centro acuático, mínimo consumo de energía, iluminación natural indirecta e iluminación automática LED de bajo consumo de mercurio, aislamiento acústico entre espacios con pisos, cielorrasos y ventanas acústicas, planta propia de tratamiento de aguas residuales, esta trata todas las aguas de la operación diaria y son reutilizadas en descargas de sanitarios y paisajismo, pintura y pegantes que no contaminan el aire y manejo sostenible de residuos orgánicos e inorgánicos. (Suarez&Rodríguez, 2014).

La edificación cuenta con un diseño que le 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. Año 2015

Figura 8. Colegio Rochester en Chía. Fuente: El tiempo. Obtenido de: http://www.eltiempo.com/Multimedia/galeria_fotos/colombia9/GALERIAFOTOSWEB-PLANTILLA_GALERIA_FOTOS-13637219.html. 2

5.1.5 Edificio de postgrados de ciencias humanas de la Universidad Nacional sede Bogotá.

El Edificio de postgrados de Ciencias Humanas de la Universidad Nacional en Bogotá; sus dependencias están organizadas en tres espacios abiertos y un vestíbulo central que las intercomunica, por el norte con una sala de lectura atravesando el patio circular y un espejo de agua, por el occidente con salones de exposiciones junto a la cafetería en el piso inferior y jardines en los pisos superiores, en el sur las aulas, las aulas de seminarios y 2 auditorios, el segundo piso cuenta con 4 auditorios, 8 salas de seminarios, el tercer piso con las dependencias de investigación y un auditorio al aire libre 2 apartamentos y una terraza jardín; cuenta con un sistema de cubierta protegía con grava que capta el agua lluvia y la transporta a un tanque subterráneo, desde el cual se bombea y se reutiliza en inodoros y fuentes. (Montero, 2016).

La edificación está construida con estructura de hormigón color 57 ocre y ladrillo del mismo tono; área cubierta de 11.000m2; 7.500m2 en cubículos y estacionamientos con 3.500m2

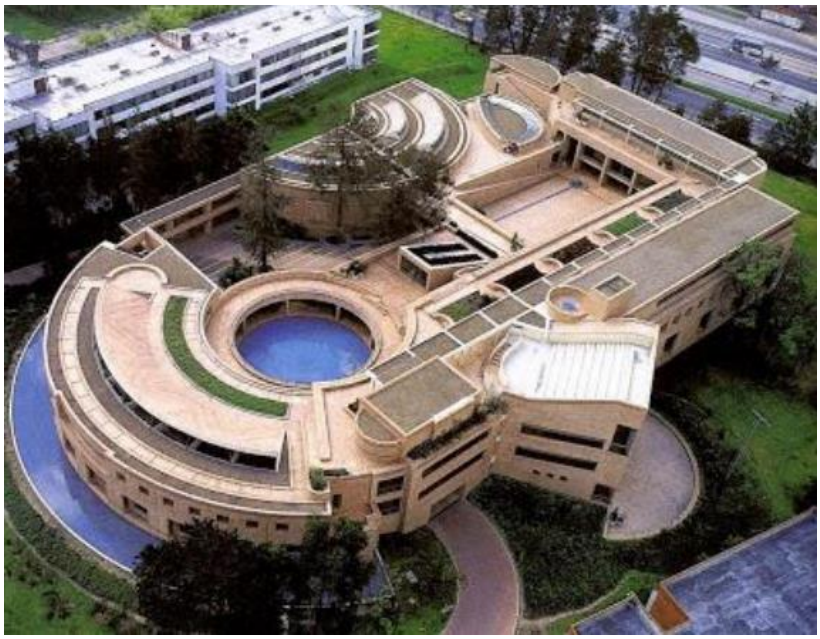


Figura 9. Edificio de postgrados de ciencias humanas de la Universidad Nacional sede Bogotá. Fuente: Aquicorbuister. Obtenido de http://arquicorbusier.blogspot.com.co/2011/07/fotos-edificio-de-postgrados.html. 2016

5.2 MARCO LEGAL

Para la parte legal, sobre la captación de agua lluvia, en el 2011 el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en conjunto con la Corporación Financiera Internacional o IFC y con Cámara Colombiana de la Construcción o CAMACOL crearon la Guía Nacional de Construcción Sostenible para Colombia. En cuanto a leyes, está la Ley 373 de 1997 que establece un programa para el uso eficiente y ahorro de agua. En ella se enuncia que todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Según esta Ley, las entidades regionales encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico, deben elaborar y adoptar proyectos y acciones para el manejo, protección y control del recurso hídrico. (Benavides&Arevalo, 2017) (Congreso de Colombia, 1997).

Ley 373 de 1997, en la cual se propende por el uso eficiente y ahorro del agua y que dicta lo siguiente: *"Artículo 2o.- Contenido del programa de uso eficiente y ahorro del agua. El programa de uso eficiente y ahorro de agua, será quinquenal y deberá estar basado en el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua, y contener las metas anuales de reducción de pérdidas, las campañas educativas a la comunidad, la*

utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas, los incentivos y otros aspectos que definan las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales, las entidades prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, las que manejen proyectos de riego y drenaje, las hidroeléctricas y demás usuarios del recurso, que se consideren convenientes para el cumplimiento del programa", sin embargo es poco lo que se conoce de los llamados incentivos para la utilización del recurso. En la misma ley se menciona lo siguiente: *"Artículo 5. Reúso obligatorio del agua. Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental. El Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Desarrollo Económico reglamentarán en un plazo máximo de (6) seis meses, contados a partir de la vigencia de la presente ley, los casos y los tipos de proyectos en los que se deberá reutilizar el agua"*, sin embargo, en consultas realizadas no se encontraron los casos de los cuales hace referencia la citada norma, en el artículo 9 de la misma ley fija lo siguiente: *"Artículo 9o.- De los nuevos proyectos. Las entidades públicas encargadas de otorgar licencias o permisos para adelantar cualquier clase de proyecto que consuma agua, deberán exigir que se incluya en el estudio de fuentes de abastecimiento, la oferta de aguas lluvias y que se implante su uso si es técnica y económicamente viable"*, lo anterior en parte es aplicado a proyectos de gran escala que requieren licencia ambiental, sin embargo, para proyectos puntuales como edificaciones es poco lo que se ha logrado por parte de las entidades públicas encargadas de los licenciamientos de éstos proyectos. (Vargas, 2016)

En el 2011, el gobierno nacional formuló el decreto 3571, en el cual se establecen los objetivos, estructuras, funciones del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y se integra el Sector administrativo de vivienda, ciudad y territorio. (Montero, 2016).

Decreto 3930 de 2010, por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la Ley 9 de 1979, y el Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, confiriendo a las autoridades ambientales el control y regulación en materia de vertimientos y menciona el agua lluvia como vertimiento y restringe la descarga de aguas residuales a cuerpos de aguas lluvias. Lo anterior citando las principales leyes y decretos que tratan el tema de las aguas lluvias y su aprovechamiento, por otro lado dentro, normas como el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 y la NTC 1500 Código Colombiano de Fontanería, fijan las aguas lluvias, únicamente como vertimiento o desagüe y se concentran únicamente en su captación y evacuación y no regulan el almacenamiento, retención o aprovechamiento de la misma, para lo cual se debería integrar la parte de

suministro a la misma. (Decreto 3930 de 2010, por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la Ley 9 de 1979. 25 de octubre)

En temas de regulación de agua potable y saneamiento básico está la CRA o Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento básico. Esta tiene como propósito fundamental regular monopolios, promover la competencia, impulsar la sostenibilidad del sector Agua Potable y Saneamiento Básico, evitando abusos de posición dominante, garantizando la prestación de servicios de calidad, con tarifas razonables y amplia cobertura. (Ministerio de Vivienda, Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Modificado el Miércoles, 04/11/2020 - 16:42).

Dentro de los beneficios está incentivar el uso racional y eficiente del agua, ya que consumir lo necesario, permitirá disminuir la presión sobre el recurso hídrico del país, de tal forma que se pueda contar con mayores posibilidades de acceso y disponibilidad del agua para abastecimiento de la población. También poder contar con mayores recursos financieros para mayor número de población que requiere subsidios, ya que se dejaría de cubrir con subsidios a quienes hagan un consumo innecesario de agua y así poder beneficiar más población que requiere de este beneficio. (Montero, 2016).

En el 2015 El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, expidió del Decreto 1285 de 2015 y la Resolución 0549 de 2015 con la cual se adopta la Guía de Construcción para el ahorro de Agua y Energía.

Esta reglamentación tiene como objetivo, introducir estándares de construcción sostenible para promover la eficiencia energética y el uso racional de agua en las nuevas edificaciones que se construyan en el territorio nacional a partir de su entada en vigencia. Con ello se pretende que las nuevas construcciones sean más eficientes en términos de consumo de agua y energía; para lo cual, se establecen porcentajes obligatorios de ahorro de energía y agua en las edificaciones de como mínimo un 15%. La ley entró en vigencia a partir del 11 de julio de 2016. (MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, Decreto 1285 de 2015 y la Resolución 0549 de 2015 con la cual se adopta la Guía de Construcción para el ahorro de Agua y Energía 2015).

5.3 MARCO GEOGRAFICO

El proyecto se encuentra ubicado en Fusagasugá, en el departamento de Cundinamarca, Colombia.

El presente análisis se desarrolla en el conjunto cerrado Bosques de oriente, ubicado en Fusagasugá que es un municipio colombiano, capital de la Provincia del Sumapaz, ubicado en el departamento de Cundinamarca. Con una población proyectada en el año 2020 de 147.631 habitantes y una extensión de 204 m2, es el tercer municipio más poblado del departamento después de Bogotá y Soacha,

también es el cuadragésimo quinto del país. (Wikipedia, Fusagasugá - Wikipedia, la enciclopedia libre)

El territorio fusagasugueño se encuentra entre los 550 y los 3.050 m. s. n. m. El perímetro urbano se encuentra en una altura promedio de 1.726 m. s. n. m., con una temperatura promedio de 20 °C. La humedad relativa media es de 85%, con máximos mensuales de 93% y mínimos mensuales de 74%, con una precipitación superior a los 1250 mm (Wikipedia, Fusagasugá - Wikipedia, la enciclopedia libre)

Aproximadamente entre los 1.100 y 1.900 m s. n. m., se encuentra un clima templado y relativamente húmedo, con algunas variaciones locales en cuanto al régimen de humedad, debido a que en esta zona los vientos que soplan son secos y ocasionan una alta evaporación. La temperatura promedio multianual del municipio es de 19.4 ºC; la máxima temperatura es 26.8 ºC y se encuentra en la vereda El Triunfo; la mínima es de 9.9 ºC y se registra en parte de las veredas Los Robles y San Rafael. (Wikipedia, Fusagasugá - Wikipedia, la enciclopedia libre)

Su territorio, porcentualmente, posee los siguientes climas:

Cálido: 24 °C a 28 °C (09,21%)

Templado: 18 °C a 23 °C (54,00%)

Frío: 12 °C a 18 °C (32,20%)

Sub-páramo: 6 °C a 12 °C (04,19%) altura más elevada.

Fusagasugá hace parte de la cuenca del Río Sumapaz, el cual pertenece al sistema hidrográfico occidental del departamento de Cundinamarca. La distribución de las principales fuentes hídricas de Fusagasugá es la siguiente:

Se encuentra al occidente del municipio el río Chocho-Panches y al sur los ríos Cuja, Batán y Guavio con sus respectivos afluentes, que conforman la parte central de la misma cuenca.

En el sector donde los ríos Panches y Cuja se encajonan y conforman el Río Sumapaz, sus afluentes bajan casi verticalmente, formando así un drenaje subparalelo, mucho más denso que el dendrítico principal.

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.

En la figura 4 vemos el mapa de ubicación del proyecto Bosques de Oriente

Ubicación del proyecto

Figura 10. Mapa de colombia con departamentos Fuente: Mapas.top (sacado de la web)

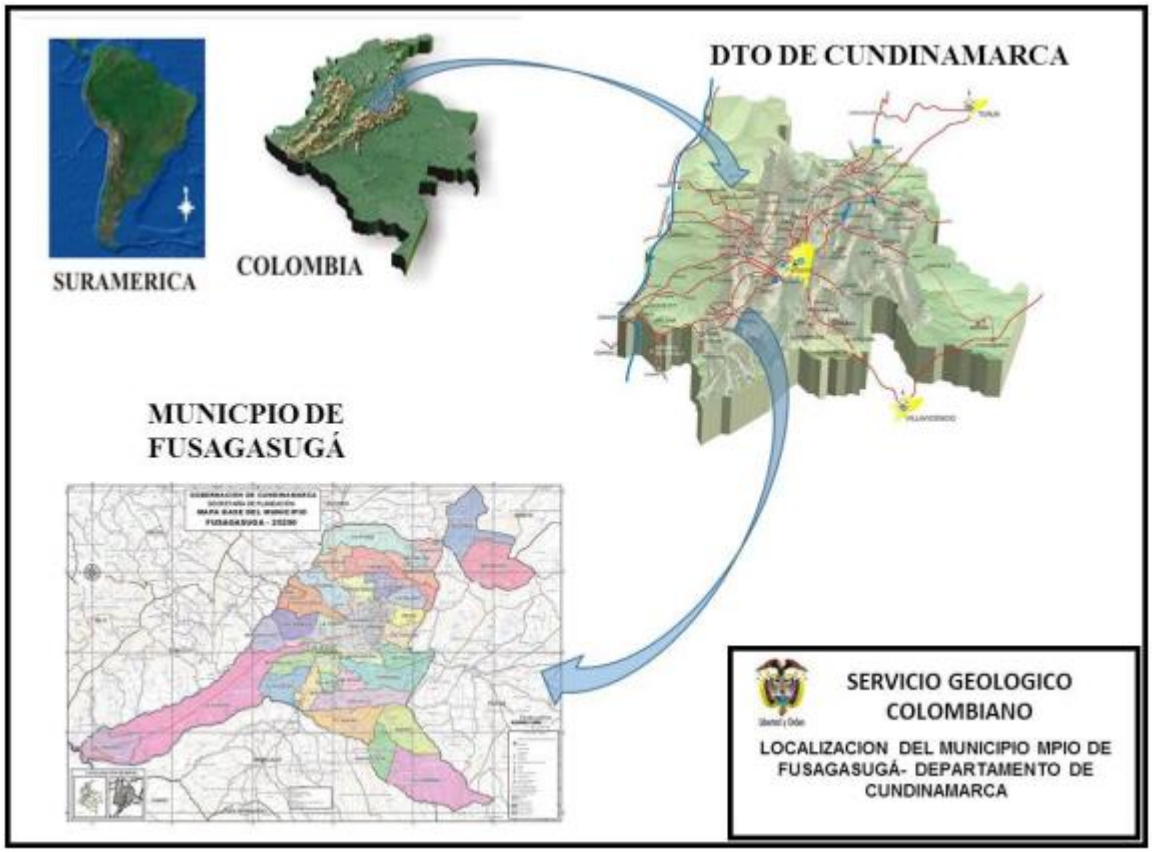


Figura 11. Localizacion del Municipio de Fusagasuga en el departamento de Cundinamarca Fuente: Servicio Geologico Colombiano.

En este proyecto la administracion Municipal aplico un modelo de financiacion directa, a traves del cual se hizo entrega de 892 casas y 608 lotes con servicios. El costo aproximado del proyecto fue de 12.300 millones de pesos discreiminados asi: infraestructura 6.100 millones; construccion de vivienda 4.000 millones; compra de terreno 1.200 millones de pesos. (periodico el tiempo 2004).

Es asi como se da inicio a la compra de lotes por parte de la alcadia y posteriormente se inicia este proyecto.

Figura 12. Ubicación del proyecto Bosques de oriente Fuente: Planeación municipal de Fusagasugá

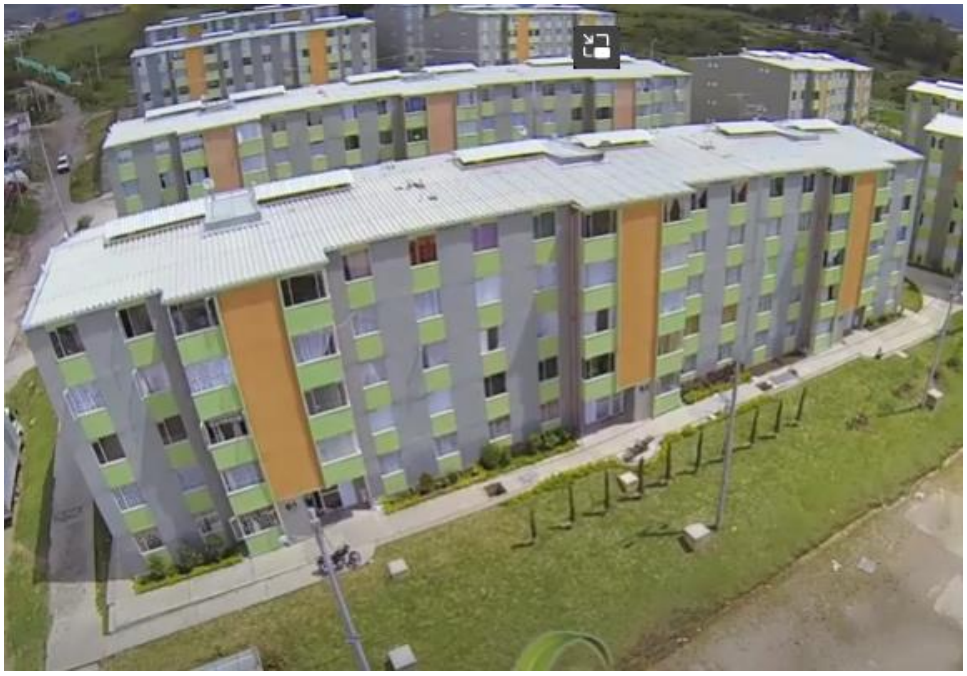


Figura 13. Caso de estudio torre B17 Bosques de Oriente Fusagasuga- Cundinamarca. Fuente: Youtube video Bosques del oriente Fusa publicado el 22 de enero de 2014

6. DISEÑO METODOLOGICO

Se optó por un tipo de investigación documental informativa con un enfoque cuantitativo debido a que necesitamos como fuentes de información trabajos de investigación y de páginas de internet que nos brindaran toda la información del proyecto en cuestión y de proyectos similares que sirvieron de guía.

Dado que el tipo de investigación que se realizó es documental informativo, resulta necesario la búsqueda de fuentes de información, en este caso del tipo secundarias.

Las fuentes de información secundarias a las cuales se recurrió fueron páginas web, artículos de investigación en diversos idiomas, tesis de grado, revistas y diarios digitales que aporten ideas e información acerca de la implementación de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias.

la técnica se utilizó para la recolección y análisis de los datos necesarios fue la revisión de documentos digitales y para su análisis se elaboró un diseño y se planteó como será su implementación en la torre B17 del conjunto Bosques de oriente de Fusagasugá - Cundinamarca.

Se Desarrolló la metodología para la implementación del sistema de agua lluvia teniendo en cuenta los datos de precipitaciones de la zona, así como los consumos de agua, se presentaron los datos obtenidos y se estableció la implementación del sistema de captación que servirá como una opción de abastecimiento para esta pequeña población.

Se establecerán las ventajas que tiene la implementación de este sistema y los resultados servirán para establecer el uso que se le puede dar a agua captada.

6.1 METODOLOGIA PARA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

Antes de iniciar a explicar cuáles son los pasos para la implementación del sistema de recolección de agua lluvia es importante tener en cuenta y analizar cuáles son los niveles de precipitaciones de la zona para conocer en que épocas del año el sistema se puede poner en marcha de una mejor manera.

Para el año 2014 Los registros de precipitación se obtuvieron de la estación, ESTACIÓN: 2119514 UDEC-UNIV. FUSAGASUGA - CAR (Figura 6), del análisis de esta información se tiene que, para la precipitación media, las mayores precipitaciones se presentan durante la segunda mitad del año, principalmente en el mes de noviembre llegando a valores cercanos a los 105.7 mm al mes. Igualmente se presenta un pico de precipitación en la primera mitad del año en el mes abril con un valor de 86.3 mm., la precipitación total anual es de 806.2 mm.

Figura 14. Localización estación UDEC-UNIV FUSAGASUGÁ (indicada con rojo) 2119514 – CAR y la zona de estudio.

6.1.1 Demanda de agua dentro de la edificación

Los métodos para estimar la demanda de agua dentro de una edificación se encuentran definidos dentro de las normas actuales, sin embargo, se han desarrollado estudios que han investigado el comportamiento real de dichos consumos, dependiendo del uso de la edificación, número de usuarios, la zona geográfica donde se encuentra, el comportamiento de dicha demanda a lo largo del día, etc., lo cual en términos prácticos se denota una marcada diferencia entre la teoría prevista para cualquier edificación y los consumos reales. (Reyes&Rubio, 2014).

Casi la totalidad de los diseños, prevén la demanda con la teoría de probabilidades desarrollada por Roy Hunter en los años 30, no obstante, hay que tener en cuenta las condiciones particulares de cada proyecto, así, por ejemplo, el consumo no se comporta de la misma manera en un edificio residencial estrato 5 de Bogotá que en uno de oficinas en la ciudad de Cali. Se debe tener claro también la destinación de las aguas lluvias que se van a utilizar, si se emplearán en usos generales (sanitarios, riego, lavado de fachadas, aseo de zona común y pisos, etc.) y/o si se alimentarán los puntos donde se requiere agua apta para consumo humano. (Reyes&Rubio, 2014)

El conjunto de Bosques de Oriente cuenta con la torre B17 que se compone de 5 pisos y cada piso está conformado por 4 apartamentos para un total de 20 apartamentos en la torre. De acuerdo a los datos de diseño que establecen que son vivienda unifamiliar entonces podemos decir que están conformadas por

máximo 5 personas por apartamento. De lo anterior determinamos que son 100 personas aprox. las que utilizan los servicios de agua.

6.1.2 Arquitectura de la estructura del proyecto

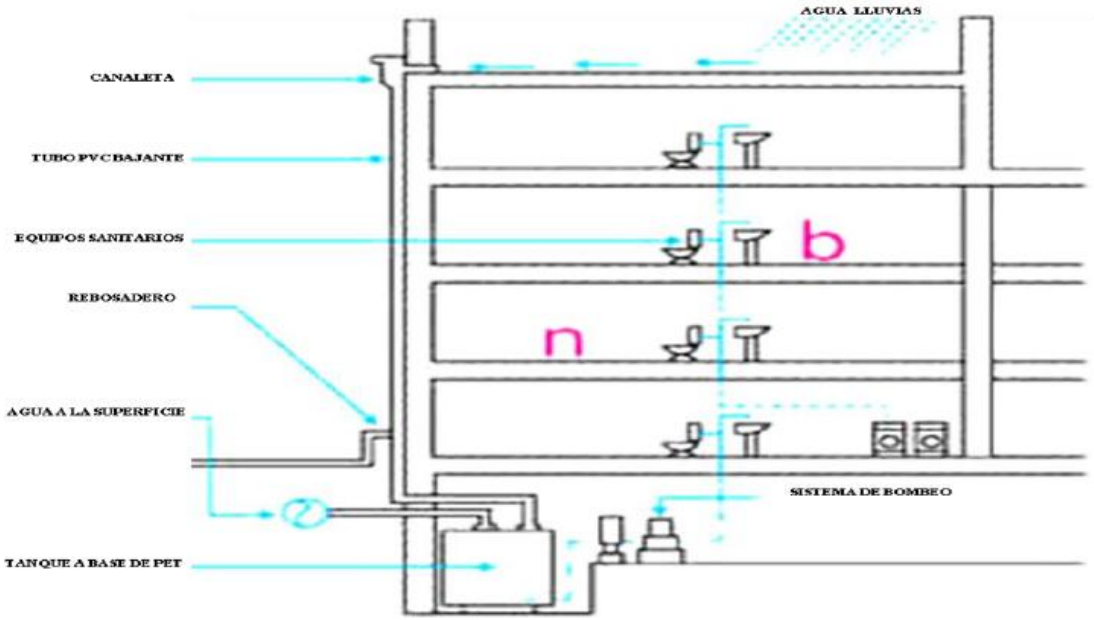
Para el tema de la arquitectura de la torre B17 de Bosques de Oriente tenemos que es en concreto con muros de concreto reforzado y que a su vez cuenta con una cubierta tipo dos aguas, es decir, que el agua lluvia tiene dos direcciones de escorrentía y llega a los canales que la conducen hacia abajo a los desaguaderos.

Los sistemas para el aprovechamiento de aguas lluvias, se utilizan para emplear el agua de la precipitación que cae sobre la cubierta, la cual en casi todos los casos es conducida por canales PVC y tuberías hacia un tanque de almacenamiento, para luego ser utilizada en uno o varios usos, ya sea para riego, lavado, en sanitarios, aseo en áreas comunes o incluso para el consumo humano, que se complementan con procesos de tratamiento (primario o secundario) para el mejoramiento de la calidad del agua. (Reyes&Rubio, 2014).

Un sistema básico de captación de agua está compuesto por los procesos de captación, recolección-conducción y almacenamiento los cuales deben estar complementados con un sistema de drenaje de excesos, que permita verter el agua que no es posible utilizar porque la demanda es menor a la precipitación sobre la construcción. (Reyes&Rubio, 2014).

Existen diferentes configuraciones de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia de cubierta los cuales pueden ser sencillos y económicos o muy complejos y costosos, de acuerdo a las condiciones propias del proyecto y al uso de la edificación. En los sistemas sencillos, el agua es llevada a los puntos bajos de la Edificación para ser almacenada o aprovechada directamente. mientras los sistemas más complejos están diseñados para captar, tratar, almacenar y distribuir el agua para ser aprovechada en la mayoría de las necesidades de los habitantes de la edificación, para ello el sistema cuenta con un interceptor de las primeras aguas que elimina el agua del lavado de la cubierta, filtros y procesos de desinfección también para mejorar la calidad del agua, hidroneumáticos y sistemas de bombeo que distribuyen el agua a los diferentes puntos hidráulicos, y dispositivos de control como: sensores de flujo, de nivel y de presión. (Reyes&Rubio, 2014).

Figura 15. Componentes del sistema



Fuente: Clavijo et al., 2017. *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PLUVIAL ECOSOSTENIBLE*

6.1.3 Componentes y diseño del sistema

Captación:

Utilizar la superficie del techo de una industria donde se recolecte el agua de lluvia; la cubierta debe ser de preferencia: placa en concreto.

Recolección y Conducción:

se realiza mediante una canaleta, que reúne el agua del techo y la conduce mediante tubos de PVC a un tanque. La canaleta debe estar bien asegurada a la placa para evitar fugas de agua.

Bajante:

es la tubería de PVC que conduce el agua de las canaletas al tanque de almacenamiento mencionado anteriormente.

Tanque Interceptor:

es un tanque diseñado para recolectar 1.000 Litros instalados en la parte inferior del bajante, en donde se recolecta el agua cruda que podrá ser utilizada para el aseo de pisos, baños y otros usos diferente al consumo humano. En caso de no contar con este tanque, puede dejarse un tapón al final del bajante que en todo

caso permita correr las primeras aguas lluvias con el propósito de lavar las impurezas del sistema de captación.

Conexión al Tanque:

Es un tubo de PVC, que se conecta mediante una T que actúa como desvió del agua hacia el punto de salida (purga). Puede adicionarse una válvula de cierre rápido que optimice el desvió del agua.

Rebose:

Es el codo o tubo de PVC instalado en la parte superior del tanque de recolección, por donde saldrá el agua sobrante en caso de lleno total del tanque; por lo tanto, este diámetro debe ser el mismo que el diámetro de entrada.

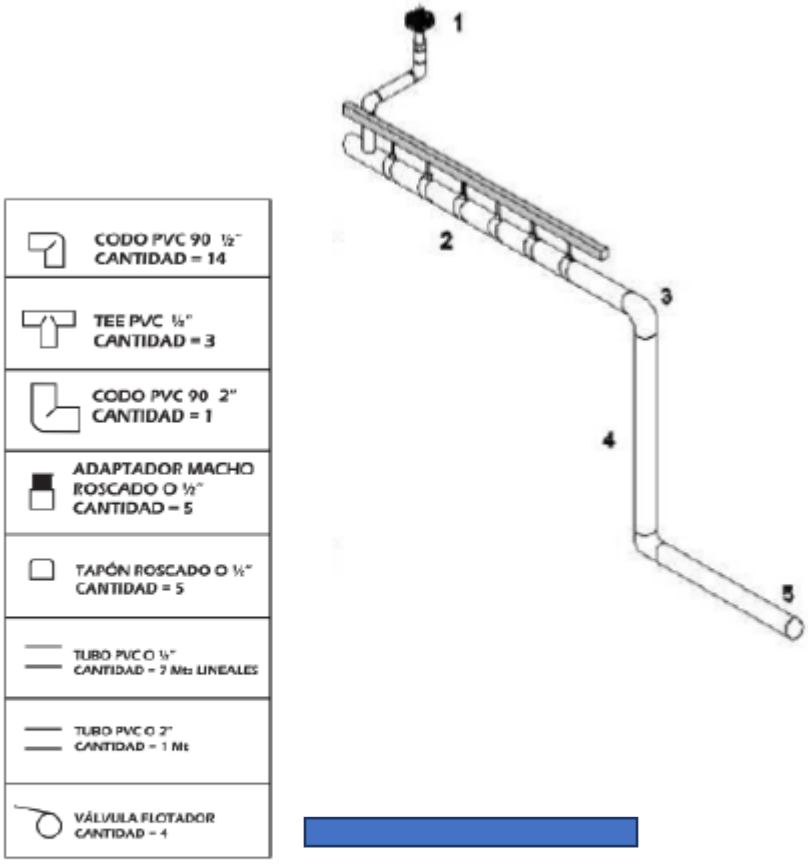
Tanque de Recolección:

La recolección de aguas lluvias se realizarán en un taque recolección con capacidad de 2.000 litros.

Figura 16. Tipos de tanque de almacenamiento en polietileno de alta densidad HDPE

Fuente: BRILLO INSTITUCIONAL. Tanques de almacenamiento de agua residencial, (en línea) (septiembre de 2014).

Figura 17. ACCESORIOS PARA DISEÑO DEL SISTEMA



1. Mini colador de residuos
2. Conducción o recibidor de agua sobre canaleta
3. Codo en PVC
4. Tubo en PVC
5. Conector a tanque PET

Fuente: Clavijo et al., 2017. *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PLUVIAL ECOSOSTENIBLE*

6.1.4 Modelo de cálculos

Los parámetros básicos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del diseño fueron los siguientes, según la metodología mencionada en el marco teórico pero también teniendo en cuenta la investigación realizada por Natalia palacios en 2010:

• Número de personas en todo el bloque (Nu)= en los cuales se tienen en cuenta 1300 personas (valores de referencia). Se debe tener en cuenta que durante las épocas de vacaciones este valor disminuye, por lo tanto, la demanda varía para los meses de diciembre, enero, junio y julio, en los cuales se tienen en cuenta 520 personas y en octubre y marzo (suponiendo marzo como mes constante de semana santa) se tomarán 997 personas. (Palacio, 2010)

• Tipo de material del área de captación: Lamina de asbesto-cemento

• Coeficiente de escorrentía (Ce)= 0.8 (CEPIS)

• Dotación por persona externo (Dot)= 40 L/hab/día (Melguizo)

• Área de captación (Ac)= 1447 m2 (valor de referencia)

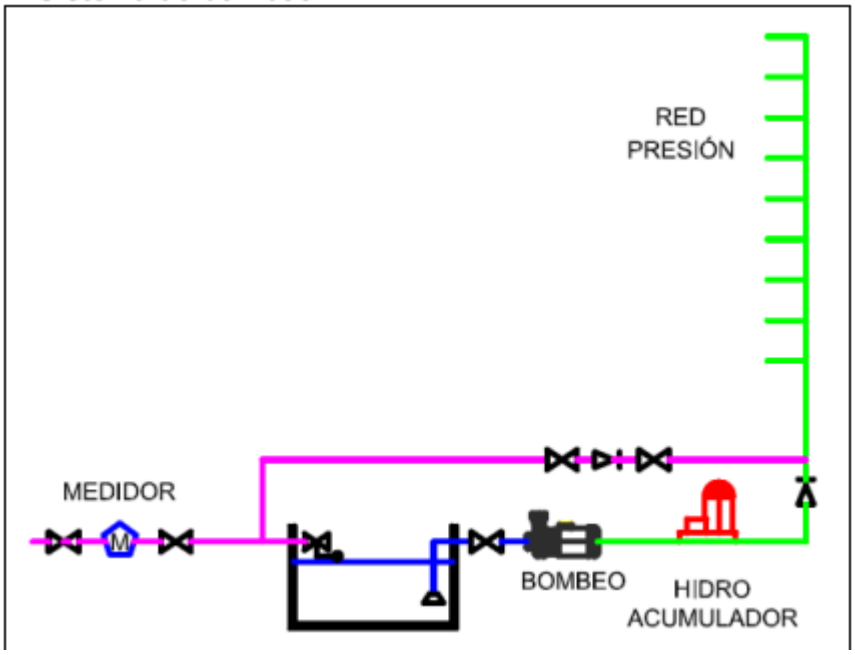
(área necesaria para abastecer la demanda, la cual es menor al área útil de techos).

6.1.5 Precipitación media mensual

La determinación de la precipitación promedio mensual, la demanda (total y acumulada), la oferta (total y acumulada), el volumen de almacenamiento, el potencial de ahorro de agua potable y la red de distribución con su sistema de bombeo, fueron calculados siguiendo las ecuaciones 1 a la 3, planteadas en el modelo de cálculos del marco teórico. Para el sistema de bombeo se propone utilizar una bomba de succión negativa, la cual bombeará el caudal requerido para el funcionamiento de los aparatos sanitarios. (Palacio, 2010)

Se propone utilizar una bomba de succión negativa, (No se especifica marca ni potencia, solo que cumpla con succión negativa) la cual bombeará el caudal requerido para el funcionamiento de los aparatos sanitarios. El sistema propuesto está representado con la Figura 18.

Figura 18. Sistema de bombeo



Fuente: Notas de clase “Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias”. Universidad de Antioquia. 2007

7. RESULTADOS

Para establecer los resultados es importante saber que durante esta investigación no se visitó el lugar, pero se toman los valores de referencia de la investigación de Natalia Palacios.

Debido a la buena disponibilidad de aguas lluvias presente en el municipio de Caldas, la adecuada área de captación y el espacio disponible para realizar el proyecto, se presentan a continuación los resultados obtenidos de la precipitación promedio de la zona para los años 1998 a 2008, y los cálculos para cada uno de los componentes del sistema, de acuerdo con la metodología descrita anteriormente. (Palacio, 2010)

Los valores de consumo y costo de agua potable para la zona evaluada son los siguientes:

Tabla 2. Valores de consumo y costo de agua potable de seis meses.

MES	CONSUMO AGUA POTABLE (m^3)	COSTO POR CONSUMO AGUA POTABLE ($)	COSTO DEL AGUA POR METRO CÚBICO ($)
Junio	457	491.657	1075,84
Julio	418	450.287	1077,24
Agosto	369	398.331	1079,49
Septiembre	490	526.631	1074,76
Octubre	539	578.587	1073,45
Noviembre	462	496.941	1075,63
Promedio	**455,8**	**490.405,7**	**1075,92**

Fuente: Natalia Palacios año 2010. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia.

7.1 Precipitación promedio mensual (Ppi)

De acuerdo con la ecuación 1, la precipitación promedio mensual (sin tener en cuenta la evaporación), expresada en mm, equivale a la precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado, pues se requiere de 1mm de agua para mojar 1m2 de área (Hernández). Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 3. Los periodos en los cuales se presentaron fenómenos hidrológicos de El Niño y La Niña se muestran en la siguiente tabla: (Palacio, 2010)

Tabla 3. Valores de consumo y costo de agua potable, de seis meses, en la Institución Educativa María Auxiliadora.

FENÓMENO	INICIA	FINALIZA
El Niño	Enero 1998	Junio 1998
La Niña	Junio 1998	Marzo 2001
El Niño	Abril 2002	Abril 2003
El Niño	Mayo 2004	Marzo 2005
El Niño	Julio 2006	Febrero 2007
La Niña	Agosto 2007	Junio 2008

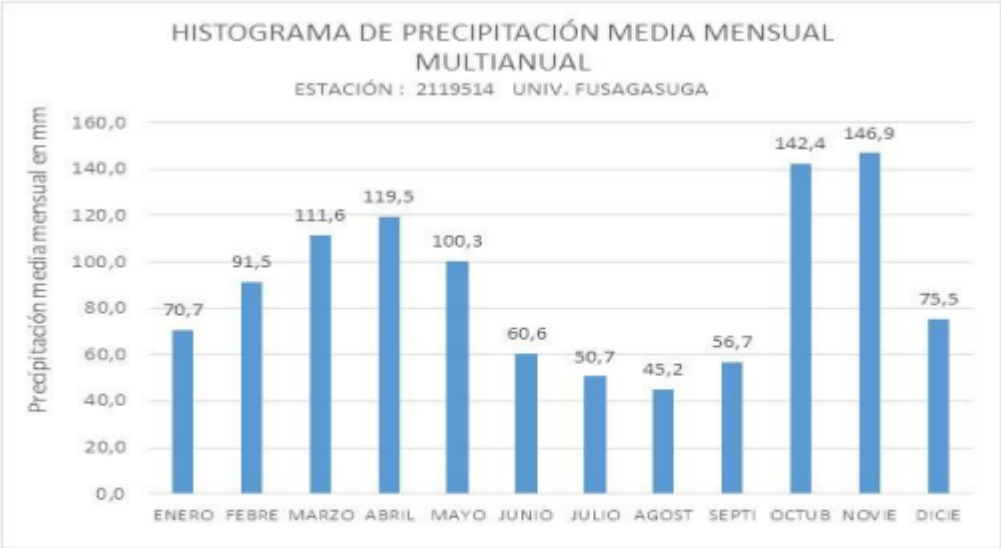
Fuente: Natalia Palacios año 2010. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia.

Tabla 4. Valores de precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado para los 10 años analizados

MES	Ppi (L/m^2)
Enero	117,68
Febrero	147,69
Marzo	236,55
Abril	309,85
Mayo	368,07
Junio	227,40
Julio	190,80
Agosto	198,29
Septiembre	323,43
Octubre	343,77
Noviembre	275,44
Diciembre	199,49
Promedio anual	**2938,4**

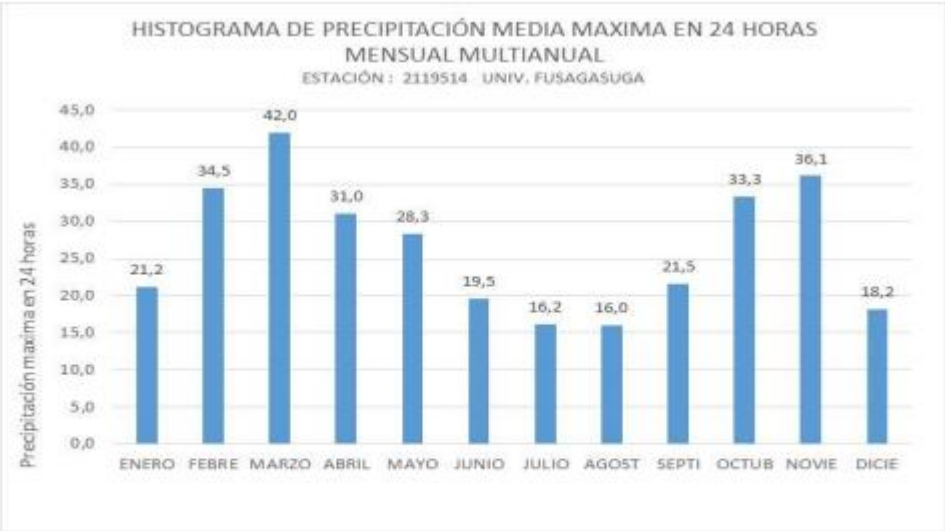
Fuente: Natalia Palacios año 2010. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia.

También se tomó en cuenta la precipitación Media mensual dada en Fusagasugá y así se realizó la comparación con el otro municipio, es decir para saber si es mayor, menos o igual.



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MEDIOS	70,7	91,5	111,6	119,5	100,3	60,6	50,7	45,2	56,7	142,4	146,9	75,5	1071,5

Figura 19. Histograma de precipitación media mensual Estación Univ. UDEC Fusagasugá. Fuente: Visita de emergencia Microcuenca de la Quebrada la Parroquia – Municipio de Fusagasugá – Departamento de Cundinamarca



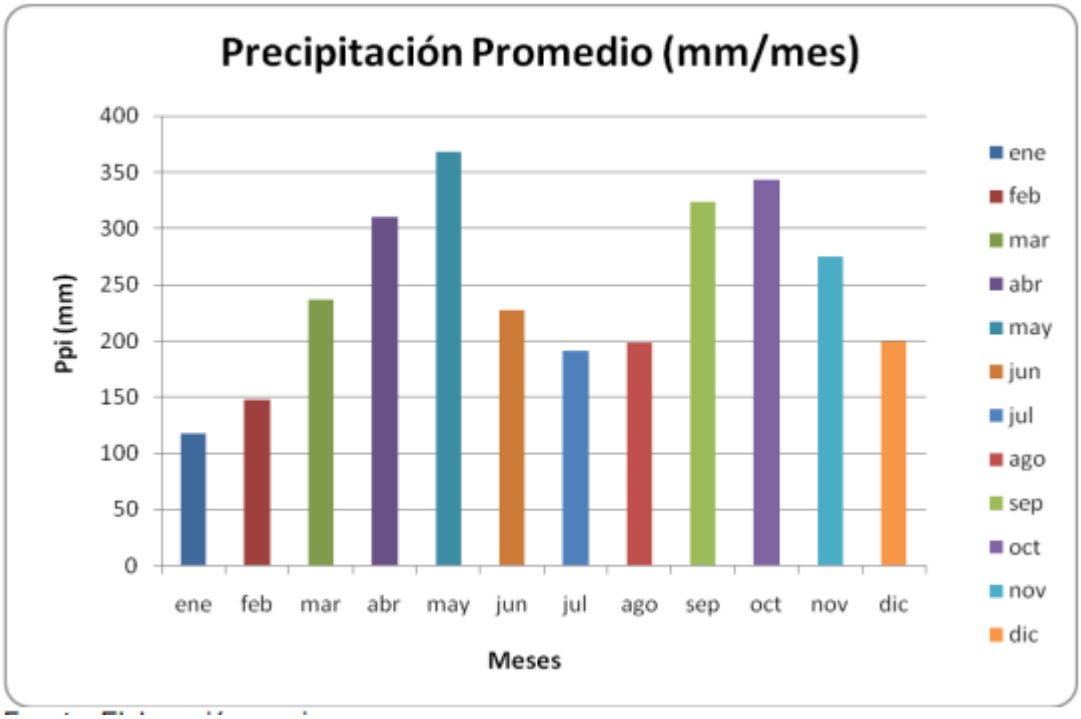
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MEDIOS	21,2	34,5	42,0	31,0	28,3	19,5	16,2	16,0	21,5	33,3	36,1	18,2	317,8

Figura 20. Histograma de precipitación máxima mensual Estación Univ. UDEC Fusagasugá. Fuente: Visita de emergencia Microcuenca de la Quebrada la Parroquia – Municipio de Fusagasugá – Departamento de Cundinamarca

De acuerdo a lo anterior, se concluye que el casco urbano de Fusagasugá se encuentra bajo un régimen de lluvias bimodal donde en el primer semestre del año se presenta la primera temporada de lluvias en los meses febrero, marzo, abril y mayo, mientras que en el segundo semestre se da en los meses de octubre y noviembre, que la precipitación anual del casco urbano está por debajo de la media anual para la zona andina, la cual es de 2.000 mm a 3.000 mm anuales y por debajo del promedio de Colombia que es de 2.000 mm para el 88% del territorio nacional.

Si contamos con registros de precipitaciones en la zona podremos comprobar que no todos los años llueve lo mismo, hay años más húmedos o “llovedores” y otros más secos. Esta variación es normal, aunque hoy está siendo afectada por el cambio climático, en donde puede llover la misma cantidad que otros años, pero más concentrada en determinados meses, generando de esta forma períodos de sequías e inundaciones. (Belelli&Vasquez, 2014)

Figura 21. Precipitación promedio mensual durante 10 años (sin evaporación).



Fuente: Natalia Palacios año 2010. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia.

Los datos analizados muestran que, en promedio, el mes más lluvioso del año es mayo, con valores superiores a los 350mm al mes y que el mes más seco es enero. Para la determinación de los parámetros mencionados en el marco teórico, y lograr obtener adecuadamente el volumen de almacenamiento de agua lluvia y el potencial de ahorro de agua potable, según la metodología del CEPIS, se debe distribuir la precipitación ubicando en la fila superior el mes de mayor lluvia durante los 10 años evaluados y se continua con el orden regular de los meses siguientes. La oferta de agua lluvia se calculó teniendo como base un área de captación de 1447m2, esto debido a que si se captaba la totalidad del área útil (1667m2), los volúmenes de almacenamiento serían muy grandes y habría un sobredimensionamiento del sistema con respecto a la demanda, por lo tanto, la definición del área de captación se realizó tanteando la capacidad máxima de almacenamiento de acuerdo con el área disponible dentro de la instalación. Las áreas de los techos a captar, son mostradas en el plano anexo. La determinación de la demanda acumulada y de la oferta acumulada se realizó según el

procedimiento descrito anteriormente, en el que la diferencia entre estos dos parámetros arroja los valores del volumen almacenado durante cada mes. A continuación, se presentan los resultados obtenidos. (Palacio, 2010)

Tabla 5. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, demanda y oferta acumulada, volúmenes de almacenamiento y potencial de ahorro de agua potable.

Mes	Ppi (L/m^2)	Días mes	Demanda, Di (m^3/mes)	Dai (m3/mes)	Oferta, Ai (m^3/mes)	Aai (m^3/mes)	Volumen, Vi (m^3/mes)	PPWS (%)
Mayo	368,07	31	390,0	390,0	418,84	418,84	28,84	107,39
Junio	227,40	30	156,0	546,0	258,76	677,60	131,60	124,10
Julio	190,80	31	156,0	702,0	217,11	894,71	**192,71**	127,45
Agosto	198,29	31	390,0	1092,0	225,63	1120,34	28,34	102,60
Septiembre	323,43	30	390,0	1482,0	368,03	1488,38	6,38	100,43
Octubre	343,77	31	299,1	1781,1	391,19	1879,56	98,46	105,53
Noviembre	275,44	30	390,0	2171,1	313,43	2192,99	21,89	101,01
Diciembre	199,49	31	156,0	2327,1	227,00	2419,99	92,89	103,99
Enero	117,68	31	156,0	2483,1	133,91	2553,90	70,80	102,85
Febrero	147,69	28	390,0	2873,1	168,05	2721,96	-151,14	94,74
Marzo	236,55	31	299,1	3172,2	269,18	2991,14	-181,06	94,29
Abril	309,85	30	390,0	3562,2	352,58	3343,72	-218,48	93,87
							Promedio	**104,85**

Fuente: Natalia Palacios año 2010. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia.

No obstante como no existe información puntual en sobre el cerro Fusacatán y dadas las condiciones evidentes de humedad sobre el cerro, es muy probable que se presente un micro-clima con precipitaciones mucho más intensas que las registradas por la estación Univ. Fusagasugá sobre las microcuencas que drenan desde el cerro en mención lo que puede dar lugar a eventos con picos extraordinarios como el del 30 de octubre del año 2008.(tomado de Visita de emergencia Microcuenca de la Quebrada la Parroquia, 2008)

7.2 Volumen de almacenamiento de agua lluvia.

El volumen de almacenamiento mensual se presenta en la Figura 22.

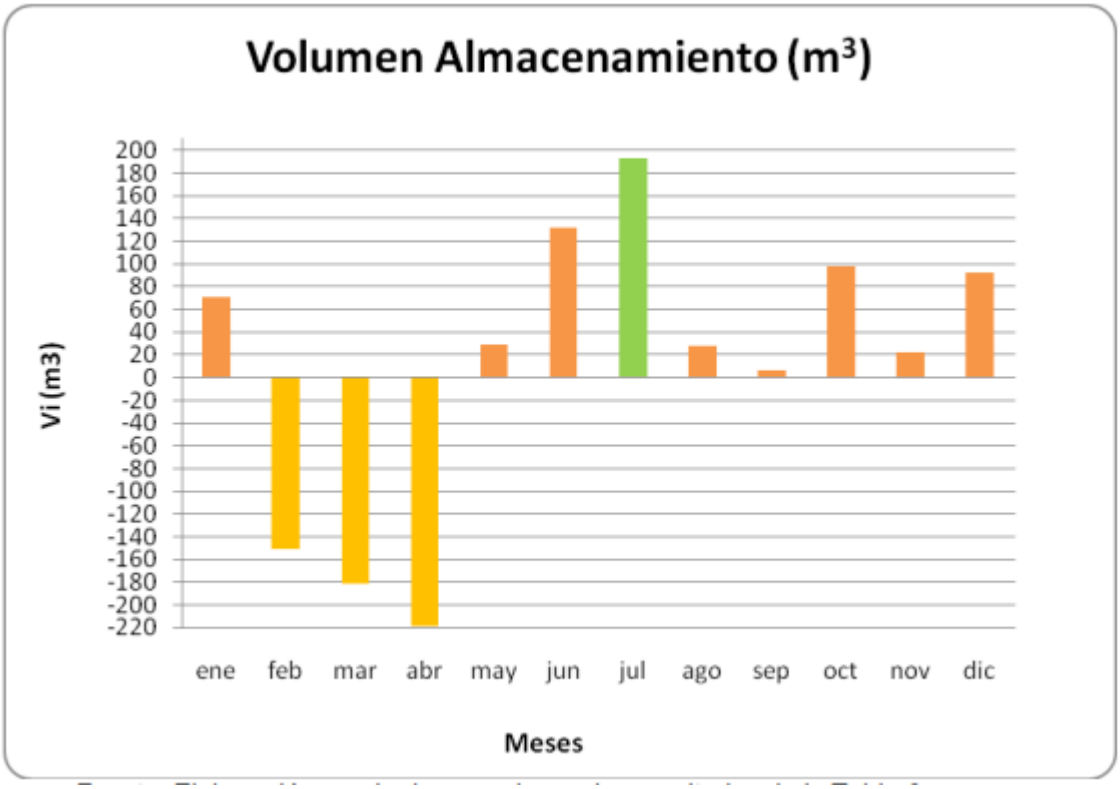


Figura 22. Fuente: Natalia Palacios año 2010. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia.

La figura 22 muestra los diferentes volúmenes para cada mes. Los colores naranjas son los volúmenes remanentes luego de la captación y del consumo, el color verde es el volumen más alto en el año y el que indica el tamaño del tanque de almacenamiento, y los colores amarillos son los meses en los que la demanda es mayor al agua lluvia captada. Esos valores son los volúmenes que se deben cubrir con agua potable, siempre y cuando las condiciones hidrológicas continúen similares a las descritas en la Tabla 3, en donde se observa que en la mayoría de los años se presenta fenómeno de pocas lluvias (El Niño), pero en caso de haber una mayor precipitación debida al fenómeno de La Niña, estos volúmenes podrían recolectarse sin necesidad de cubrir la demanda faltante con agua potable. (Palacio, 2010)

De acuerdo con los resultados de la Tabla 5 y la Figura 22, de los 12 meses del año, únicamente durante tres (3) meses la demanda es mayor a la oferta acumulada, así los resultados del volumen de almacenamiento dan valores

negativos, por tal razón durante dichos meses se utilizará toda el agua lluvia almacenada y se cubrirá la demanda faltante con agua potable; pero en los nueve (9) meses restantes se observa que la oferta es mucho mayor que la demanda, lo que indica en primera instancia que el proyecto es viable para un ahorro alto de agua potable. (Palacio, 2010)

Según los parámetros establecidos, el volumen de almacenamiento del tanque es el mayor valor obtenido de la acumulación de agua lluvia, es decir, el mayor volumen acumulado equivale al mes de julio con un valor de 192.71 m3. Este volumen permitirá abastecer a la institución durante nueve (9) meses. Para los demás meses se completará el consumo con agua potable, como se mencionó anteriormente. Para efectos constructivos se propone construir un tanque enterrado de 200m3 en concreto reforzado, en la zona del actual patio de la Institución (ver plano anexo), pero estará cubierto de manera que no interfiera con las actividades que se realizan en dicho patio. Adicionalmente, de acuerdo con los parámetros ya mencionados, tendrá una profundidad útil de agua de 2.0m para evitar sobrepresiones, por lo tanto, las dimensiones del tanque rectangular serían 8.0m ancho x 12.5m largo x 2.0m profundidad, más 0.3m de borde libre sobre el nivel del agua.

Recordemos que estos valores y medidas son de referencia, debido a que nuestro caso de estudio se trata de una población más pequeña y el gasto de agua menor.

Figura 22. Ejemplo de Cálculo de agua por metro cuadrado. Fuente: Libro Captación de agua lluvia. Autores Belelli&Vasquez, 2014

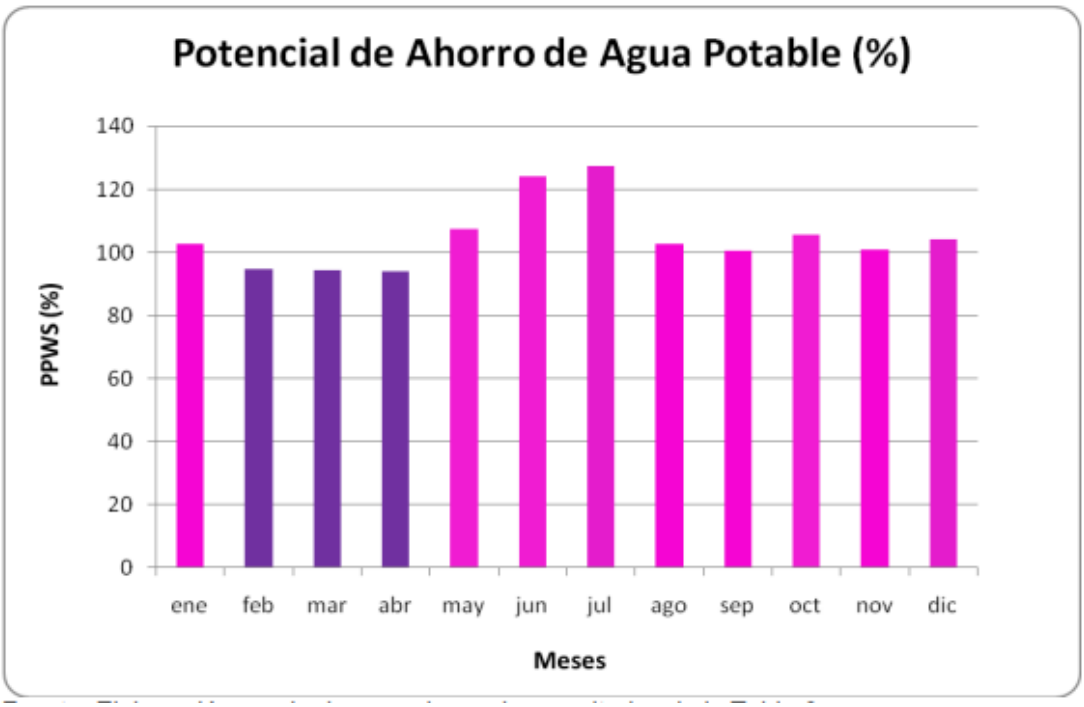
Para determinar la capacidad de captación del área utilizada se puede partir del enunciado que indica: "*...por cada milímetro de agua de lluvia que cae sobre un metro cuadrado se obtendrá un litro*

de agua" (Anaya&Martínez, 2007), estos autores también señalan la existencia de un coeficiente de ponderación que modifica el enunciado debido a las pérdidas que se generan por el rebote del agua al caer, la absorción, la evaporación del agua y la perdida en la superficie. Los valores de los volúmenes recolectados están relacionados con la capacidad de almacenamiento de agua y la oferta.

7.3 Potencial de Ahorro de Agua Potable

Este parámetro indica qué porcentaje de la demanda será cubierto con el agua lluvia, y en cuáles meses será necesario complementar el consumo con agua potable. Según los resultados de la Tabla 6 y la Figura 14, durante nueve (9) meses del año la demanda estará totalmente cubierta por el agua lluvia (coincidiendo con los resultados del volumen de almacenamiento), inclusive con valores mucho mayores a los de la demanda, esos "excesos" son los que quedarán acumulados para ser utilizados en meses siguientes. Y en los tres (3) meses en los que no se abarca totalmente la demanda, los valores son muy cercanos al 100%. En promedio el 104,85% de la demanda será cubierta por agua lluvia, lo cual representa un valor muy alto que permite la justificación técnica de este proyecto.

Figura 23. Potencial de ahorro de agua potable



Fuente: Natalia Palacios año 2010. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia.

7.4 Interceptor de las primeras aguas

El interceptor de las primeras aguas se calculó de acuerdo con el área de captación y el volumen de agua lluvia requerido para el lavado de cada metro cuadrado del techo, por tal razón, para un área de 1447 m2, el volumen de agua lluvia que no será almacenado es de 1447 litros, lo que equivale a un tanque de 1500 litros. Debido a que este volumen no es comercial, se instalará un tanque plástico de 2000L, el cual tendrá un sistema de válvula flotante que indicará el nivel requerido (1500L) y que permitirá el llenado del tanque de almacenamiento cuando se alcance dicho nivel. Este interceptor se ubicará a la entrada del tanque de almacenamiento, a nivel del suelo del patio. (Palacio, 2010)

7.5 Red de distribución

La red de distribución se calculó utilizando el método de Certeza Total, como se mencionó anteriormente y los resultados se presentan en la siguiente tabla. La ubicación de los tramos y de las redes se establecen por construcción. El punto "A" indica el lugar de bombeo hacia los diferentes puntos de abastecimiento. El caudal total requerido para el funcionamiento de los sanitarios y los lava-escobas es la suma de los caudales de los tramos A-C y A-B y el diámetro del tramo es obtenido a partir de la Tabla 1 de "Fundamentos de Hidráulica e Instalaciones de Abasto en las Edificaciones. Segunda parte." Samuel Melguizo. Pág 119. (Palacio, 2010)

TABLA 6. Dimensionamiento de redes de distribución

Baños	Tramos	Aparato	n	Qi (L/s)	Gasto Max. Posible	GMP (L/s)	Diámetro (Pulgadas)	Longitud
1, 3 y 6	E-F	Inodoro tanque	4	0,15	0,6	0,6	3/4"	6,0
	E-B	Inodoro tanque	5	0,15	0,75	0,75	1"	33,0
	C-D	Inodoro tanque	6	0,15	0,9	1,2	1 1/4"	4,0
		Lava-escobas	1	0,3	0,3			
	B-C	Inodoro tanque	12	0,15	1,8	2,4	1 1/2"	2,0
		Lava-escobas	2	0,3	0,6			
	A-C	Inodoro tanque	17	0,15	2,55	**3,15**	2"	4,0
		Lava-escobas	2	0,3	0,6			
2, 4 y 5	C-D	Inodoro tanque	5	0,15	0,75	0,75	3/4"	2,0
	B-C	Inodoro tanque+ orinales	11	0,15	1,65	1,65	1 1/4"	33,0
	A-B	Inodoro tanque	17	0,15	2,55	**2,85**	2"	17,0
		Lava-escobas	1	0,3	0,3			
					GMP Total	**6**		

Fuente: Natalia Palacios año 2010. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia.

7.6 Sistema de bombeo

TABLA 7. Sistema de bombeo

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de bomba	Succión negativa
Caudal de bombeo	6,0 L/s
Diámetro de la succión	4 pulg.
Diámetro de la impulsión	3 pulg.
Material tubería de succión	PVC
Coeficiente de rugosidad succión	140
Material tubería de impulsión	PVC
Coeficiente de rugosidad impulsión	140
Velocidad en la succión	0,74 m/s
Velocidad en la impulsión	1,32 m/s
Altura estática de succión	1,5 m
Altura estática de impulsión	6,5 m
Altura dinámica de succión	1,6 m
Altura dinámica de impulsión	10,0 m
Altura dinámica total	11,6 m
Cabeza neta de succión disp.	4,2 m
Cabeza neta de succión requerida	3,0 m
Eficiencia teórica de la bomba	65,0 %
Potencia requerida del motor	5 HP
Golpe de ariete	53,6 m

Fuente: Natalia Palacios año 2010. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia.

7.7 Costo de agua potable para cubrir la demanda

De acuerdo con los resultados de la Tabla 5, en los meses de febrero, marzo y abril se debe cubrir la oferta faltante con agua potable, de esta manera, teniendo un valor por metro cúbico de agua potable de 1075,92 pesos (según valores de la Tabla 2), el pago por estos tres meses sería el siguiente:

TABLA 8. Costo de agua potable para cubrir la demanda faltante de los meses febrero, marzo y abril

MES	VOLUMEN DE AGUA POTABLE PARA CUBRIR LA DEMANDA (m^3)	COSTO POR m3 AGUA POTABLE ($/mes)
Febrero	151,14	162.615
Marzo	181,06	194.806
Abril	218,48	235.067
TOTAL al año	**550,68**	**592,488**

Fuente: Natalia Palacios año 2010. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia.

Así, considerando que en promedio la Institución paga 5"884.868 de pesos anuales por el servicio de acueducto (según valores de la Tabla 2), implementando el sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, se tendría que hacer una inversión inicial alta, de acuerdo con la Tabla 9, lo que indicaría que en el primer año se debería pagar el costo total de la obra civil más el valor del agua potable para cubrir la demanda de los tres meses mencionados en la Tabla 4 (un total de 94"532.715 pesos), es decir que para implementar el sistema de aprovechamiento de agua lluvia, la inversión inicial se recuperaría en 16 años aproximadamente. (Palacio, 2010)

Aunque esta inversión inicial es alta, pueden existir diferentes opciones que permitan la implementación del proyecto, de manera que la Alcaldía del Municipio, (por ser ésta quien paga el servicio de agua potable), podría buscar financiación ante la Secretaría de Educación de la Gobernación del Departamento, el Ministerio de Educación, ONG´s internacionales, o cualquier entidad que esté interesada en patrocinar este tipo de proyectos para lograr su implementación. Así el presupuesto de la Institución, ni el de la Alcaldía estarían comprometidos y adicionalmente dejarían de pagarse los seis (6) millones aproximados al año por agua potable. (Palacio, 2010)

Teniendo en cuenta todo esto, podríamos decir que este sistema se puede utilizar también en nuestro estudio de caso, ya que su valor de inversión seria mucho menor y se podría financiar con recursos propios de la población, teniendo en cuenta su gran beneficio económico a futuro.

NOTA IMPORTANTE: MANTENIMIENTO

Por la calidad del agua lluvia, es necesario también unos procesos de mantenimiento adicionales a los tradicionales, los cuales incluyen mantener libre

de malezas el área de captación, los tragantes de las canales y eliminación de obstáculos que impidan la escorrentía.

El mantenimiento del tanque de almacenamiento para evitar la procreación de algas y microorganismos que aceleren los procesos de contaminación del agua, especialmente en épocas del año de bajo consumo.

Es necesario realizar mínimo dos limpiezas de los canales al año; una antes del inicio del periodo de lluvias y otra después de las mismas, eliminando todos los sedimentos y malezas que colmaten los canales y colectores y dificulten el libre desplazamiento del agua. (Reyes&Rubio, 2014).

8. VENTAJAS

Los usos potenciales del agua lluvia son altamente dependientes de la calidad del agua recolectada. Debido a que en la generalidad de los casos los parámetros de calidad debido a contaminantes presentes y las condiciones físicas del agua no cumplen con los estándares, los usos se limitan a labores que no requieran usar agua potable (Adeboye, 2009).

Según Montero, J, en su trabajo *ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS COMO ALTERNATIVA EN EL AHORRO DE AGUA POTABLE EN VIVIENDAS.* Las ventajas del abastecimiento con aguas lluvias son las siguientes:

- Los sistemas de aprovechamiento pluvial no requieren gran gasto de energía para operar. (Montero, 2016)
- El agua lluvia es gratis, son bajos los costos de operación, recolección, almacenamiento y distribución. (Montero, 2016)
- Alta calidad físico-química del agua lluvia a comparación de otras fuentes. (Montero, 2016)
- Facilidad en la construcción de los sistemas, se pueden utilizar materiales y mano de obra de la región. (Montero, 2016)
- No requiere complejos sistemas de distribución. (Montero, 2016).
- El agua lluvia es un agua blanda para la limpieza y sistemas de distribución. (Montero, 2016)
- Se reducen y controlan en cierta medida las inundaciones y la erosión. (Montero, 2016)
- El agua lluvia es ideal para cultivos y jardines. (Montero, 2016)
- Se reduce el costo de agua suministrada por el acueducto de la región. (Montero, 2016)
- Es una tecnología económica y amigable con el medio ambiente. (Montero, 2016)

Entre las muchas razones que se han expresado anteriormente, los principales beneficios que se obtienen al almacenar y utilizar el agua lluvia, son los siguientes (Abdulla y AlShareef, 2006, CEPIS y Texas Water Development Borrad, 2005):

- Algunos sistemas no requieren de energía para operar. (Palacio, 2010)

- ¡El agua lluvia es gratis; los únicos costos son los de recolección, almacenamiento y distribución. (Palacio, 2010)
- La calidad físicoquímica del agua lluvia es alta. (Palacio, 2010)

- La construcción es fácil pues se puede utilizar materiales de la zona; además implica bajas frecuencias de mantenimiento. (Palacio, 2010)
- El uso final del agua recolectada está situado cerca de la fuente, eliminando la necesidad de sistemas de distribución complejos y costosos. (Palacio, 2010)
- ¡El agua lluvia no entra en contacto con el suelo y las rocas donde se disuelven las sales y los minerales; por lo tanto es suave y puede reducir significativamente la cantidad de jabones y detergentes para la limpieza. (Palacio, 2010)
- El agua lluvia reduce en cierta medida las inundaciones y la erosión. (Palacio, 2010)
- El agua lluvia es ideal para la irrigación de los jardines y cultivos. (Palacio, 2010)
- Al recolectar el agua lluvia, se reduce el caudal del alcantarillado pluvial, evitando así el ingreso de altos volúmenes a los sistemas de tratamiento de aguas residuales. (Palacio, 2010)
- La recolección y utilización del agua lluvia reduce los costos pagados a las empresas prestadoras del servicio debido a la disminución de los consumos de agua potable. (Palacio, 2010)

8.1 Usos

El aprovechamiento de aguas lluvias es una excelente manera de conservar este preciado recurso. Un sistema básico de recolección de agua lluvia, recoge el líquido de su techo u otra superficie y la canaliza hacia un recipiente para su almacenamiento.

El agua de lluvia en sí es generalmente limpia, pero puede recoger microorganismos, contaminantes y escombros cuando cae sobre las superficies. Es por eso que los sistemas para el uso del fluido dentro de su hogar a menudo incluyen filtración u otros tratamientos para la seguridad, especialmente cuando es para consumo.

Los sistemas de recolección de agua de lluvia al aire libre no necesitan tanto tratamiento porque el agua generalmente se usa afuera.

Por ello, uno de los recolectores de lluvia más fáciles de hacer es con los bidones industriales de plástico.

Hay muchos usos diferentes para el agua de lluvia recolectada sin importar el tipo de sistema de recolección de agua de lluvia que utilice.

Baño y lavandería

Lavar la ropa representa aproximadamente el 22% del uso de agua en los hogares y el 17% en los baños. Si utiliza el almacenamiento de agua de lluvia para estos

fines, podría reducir el uso de agua en más del 40 por ciento. Dependiendo de qué tan limpia desee su agua de lavado, puede usar agua de lluvia tratada o sin tratar.

Inodoros con descarga

Este es otro enorme drenaje de agua. Los inodoros utilizan casi el 27 por ciento del agua de su hogar. Para usar el agua de lluvia recolectada en su lugar, intente mantener un baldeo o caneca plástica junto al inodoro y cuando necesite descargar, vierta el agua de lluvia directamente en la taza del inodoro; esto descargará automáticamente su inodoro.

Para que exista ahorro, es importante que su balde pueda contener la cantidad del tanque de su inodoro. Por ejemplo, si tiene un inodoro con un tanque de 22,7 litros (6 galones), use al menos un balde de agua de 6 galones

Riego de césped, jardines y plantas de áreas comunes

El almacenamiento de aguas de lluvia está naturalmente diseñado para regar las plantas y se puede utilizar fácilmente para sus jardines interiores y exteriores. Puede usar agua de lluvia en regaderas para regar las plantas a mano o puede conectar cualquier tanque de almacenamiento de agua de lluvia directamente a un sistema de riego automático. (CJSCANECAS, 2020)

9. CONCLUSIONES

La utilización de agua de lluvia en sustitución del agua potable para determinados usos (descarga de inodoros, lavadoras y uso en áreas comunes).

Puede ser tenida en cuenta como alternativa para la mejora de la eficiencia del uso de recursos hídricos. La Captación de agua de lluvia resulta un método fácil y más económico que extraer el agua del subsuelo cuando se trata de volúmenes relativamente pequeños, entre 146 y 1575 m^3. La implementación de sistemas de captación del agua de lluvia se recomienda debido a que se convierte en una alternativa efectiva para los habitantes de la torre en épocas del año cuando este se vuelve escaso. (López et al., 2017)

Las ventajas que ofrece este sistema son muchas con respecto a sus desventajas, es por tal motivo que hoy día cada vez más países se están animando a establecer estos métodos de captación y aprovechamiento de agua lluvia en sus poblaciones y de paso ayudar al medio ambiente.

Al agua recolectada de esta manera se le puede dar un uso para cisterna de baños, lavandería y riego del césped de zonas comunes, ya que esto no representa un peligro para la salud al usarse de esta manera.

10. REFERENCIAS

Bravo&De Leon, 2014 (2014). *RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS PARA USOS NO CONSUNTIVOS.* Universidad Pontificia Bolivariana Montería.

Reyes y Rubio, (2014). *DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS.* Bogotá, Colombia. Universidad Católica de Colombia.

Anaya, 2011. *Captación del agua de lluvia: solución caída del cielo*. Biblioteca básica de agricultura. Texcoco, Estado de México, México.

Swimtonic, 2018. Obtenido de swimtonic el 22 de marzo de 2022: https://www.swimtonictech.com/es/2018/03/22/la-importancia-del-agua-la-vida/

Clavijo et al., 2017. *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PLUVIAL ECOSOSTENIBLE.* Universidad La gran Colombia.

Palacio, 2010. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. Universidad de Antioquia.

IDEAM. (s.f.). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Obtenido de http://www.ideam.gov.co/

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. (2000). “Estudio Nacional del Agua”. Bogotá, D.C.: –ENA-.

Salazar E. (2012) *ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PROGRAMAS DE VIVIENDA DE INTERES SOCIAL EN FUSAGASUGA 2001- 2010: MODELOS DE FINANCIACION, CARACTERIZACION SOCIECONOMICA DE LOS BENEFICIARIOS E IMPACTO EN LA REDUCCION DEL DEFICIT HABITACIONAL*. Universidad Piloto De Colombia, Bogotá D.C.

Sabas; Paredes, 2009. - Estudio de oferta y demanda hídrica en la cuenca del río Barbas

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Tesauro ambiental para Colombia.

Water Scarcity International Decade for Action 'Water for Life' 2005-2015». Consultado el 17 de febrero de 2022

Pahl-Wost, 2007 - The implications of complexity for integrated resource management. Environmental Modelling and Software.

Calvente, 2007 - *El concepto moderno de sustentabilidad*.

Umbria, Trezz y Jégat, 2008 - *Uso, manejo y conservación del agua. Un problema de todos.*

CEPIS. Guía de diseño para captación de lluvia. Obtenido de itacanet:

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [FAO], 2013. Captación y almacenamiento de agua de lluvia, Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.

UNATSABAR, 2003. *Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Unidad de apoyo técnico en saneamiento básico rural*. Ciudad de Lima.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, 2011. *Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones*.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Resolución No. 549 de 2015. Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones.

Ley 373 de 1997, Medidas Sanitarias en Colombia. por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

Ley 9 de 1979. Por la cual se dictan Medidas Sanitarias

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA, Decreto 2811 de 1974 Mediante el cual se dicta el Código Nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente. Año 2015

Decreto 3930 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III

Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

Critchley y Siegert, 1996; Silva et al, 2007; Gnadlinger, 2011. *Modalidades de captación de agua según su finalidad de uso.*

Benavides y Arévalo, 2017. Bogotá D.C *“SISTEMA ALTERNATIVO DE RECOLECCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA, PARA UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN EL BARRIO LA VICTORIA DE LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL”*. Universidad Católica de Colombia.

Mapa de Colombia, departamentos y sus capitales, citado el 26 de marzo de 2022 fab1173dca08ed9ca216f716bf5e2f47.jpg (991×1288) (mapas.top)

Servicio Geológico Colombiano, VISITA DE EMERGENCIA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA MUNICIPIO DE FUSAGASUGA DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA. PROPUESTA TECNICO-ECONOMICA. Bogotá 2014.

Video Bosques del Oriente Fusa Publicado el 22 de enero de 2014 (960) Bosques del Oriente Fusa - YouTube

Lucas Vázquez; Eduardo Belelli, 2019.-CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA 1a ed. – Ciudad de Buenos Aires: Ediciones INTA, Libro digital.

ANAYA, MANUEL; MARTÍNEZ, JOSÉ, 2007. *MANUAL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA USO DOMÉSTICO Y CONSUMO HUMANO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE*. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México.

Quiroz, J. 2016. Libro Los SCALL como sistemas alternos para el aprovechamiento del agua de lluvia para consumo humano. Universidad Pablo de Olavide.

AQUINO, 2006. *CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA Y ALMACENAMIENTO EN TANQUES DE FERROCEMENTO.* Manual técnico del Instituto politécnico Nacional.

Montero, 2016. Trabajo: *ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS COMO ALTERNATIVA EN EL AHORRO DE AGUA POTABLE EN VIVIENDAS*. Universidad Santo Tomas, Bogotá, Colombia.

SUAREZ, J; GALARZA, M; ORTIZ, R. (2006). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia.

GRUPO BANCOLOMBIA. Eficiencia energética y construcción sostenible edificio dirección general. (2016). Obtenido de

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

BAY BAYONA Y ASOCIADOS. (2016). La nueva sede de la farmaceutica novartis es la primera edificación en recibir la certificación internacional LEED. Obtenido de http://www.bay.com.co/2010/08/la-nueva-sede-de-la-farmaceutica-novartis-es-la-primera-edificación-colombiana-en-recibir-certificación-internacional-l

CCCS, CONSEJO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. (2015). Estudios de caso centro de distribucion Ecobranch AVON. Obtenido de https://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/proyectos/342-centro-de-distribucion-ecobranch-avon

SUAREZ ORTEGA Leidy Patricia, RODRIGUEZ HERRERA Jhon Jairo. (2014). Recolección y reutilización de aguas lluvias en viviendas de interés social y bajos recursos en el Barrio Yomasa en la ciudad de Bogota. Bogota D.C.

COLEGIO ROCHESTER. (2015). Leed Primer Colegio Leed Gold en Latinoamerica. Obtenido de http://www.rochester.edu.co/index.php/campus/leed

Edificio de postgrados de ciencias humanas de la Universidad Nacional sede Bogotá Fuente: Aquicorbuister. Obtenido de http://arquicorbusier.blogspot.com.co/2011/07/fotos-edificio-de-postgrados.html. 2016

Rojas et al., 2012 *IMPLEMENTACION Y CARACTERIZACION DE UN SISTEMA DE CAPTACION Y APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA* Coordinación de Ingeniería Ambiental, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Orta et al., Manejo, uso y reuso del agua en la UNAM. Proyecto PUMA AGUA (2008). México.

Alder y Carmona, 2008. *MANUAL DE CAPTACIÓN DE AGUAS DE LLUVIA PARA CENTROS URBANOS.* IRRI Instituto Internacional de Recursos Renovables, Ciudad de México.

Resendiz, R. *DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y PURIFICACIÓN DE AGUA DE LLUVIA MEDIANTE FOTOCATÁLISIS SOLAR*. Universidad Nacional Autónoma de México*. 2012*

Gonzalez, E. ALTERNATIVA AL MODELO HIDRAULICO ACTUAL DE MENORCA: *CUBIERTA CAPTADORA DE LLUVIA, ROCIO Y DESTILACION.*

Master oficial de arquitectura, energía y medio ambiente. Universidad Politécnica de Cataluña. 2014

Valenzuela, 2019. *DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA BAJO CRITERIOS DE EFICIENCIA HÍDRICA EN EDIFICIOS. CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO DE CLASES Y LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL. UNIVERSIDAD CENTRAL DE ECUADOR.*

Barcelona Cicle de l'Aigua, S.A. Green Blue Management, S.L.P.(2018) *ESTUDIO DE APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS PLUVIALES MEDIANTE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) EN LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN TÉCNICO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS ALTERNATIVOS DE BARCELONA.*

Hernández M; Sauri D; Morote A. 2020. *LA GESTIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES EN ÁREAS URBANAS: DE RIESGO A RECURSO.* Universidad de Alicante, España.

Vargas M, 2015. Optimizing rainwater harvesting systems in urban áreas. CBUC, CESCA

Acosta G. 2016. *FACTIBILIDAD DE UNA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA URBANA SUSTENTABLE DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN DE AGUA PLUVIAL.* Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente de Mexico.

Torres, Ronnie, & Fresquet, Ailime. (2020). CARACTERIZACIÓN DE LA CAPTACIÓN DE LAS AGUAS DE LLUVIA PARA TIPOLOGÍAS DE VIVIENDAS. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana, Cuba.

Fresquet, 2018. *"SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA ABASTECER UN EDIFICIO ALTO UBICADO EN 25 Y J, VEDADO*", Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría. La Habana, Cuba.

Torres, Ronnie, & Fresquet, Ailime, 2019. *CAPTACIÓN DE LLUVIA PARA DESCARGA DE INODOROS EN EDIFICIO ALTO EN EL VEDADO, LA HABANA*. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental.* La Habana, Cuba.

Aqua España (2016). "*GUÍA TÉCNICA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES EN EDIFICIOS*", Ed. Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas, España.

Torres R. (2019). "*LA CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA COMO SOLUCIÓN EN EL PASADO Y EL PRESENTE*". Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana, Cuba.

Da Cruz S; Christan P, Teixeira C; y Farahbakhsh K. (2010). "*DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA: COMPARACAO ENTRE MÉTODOS DA ABNT NBR 15527:2007 E DECRETO MUNICIPAL 293/2006 DE CURITIBA, PR*", Associacao Nacional de Tecnologia do Ambiente Construido, Porto Alegre, Brasil.

Quispe, 2008. *CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA LA AGRICULTURA FAMILIAR, UNA EXPERIENCIA EN COMUNIDADES RURALES DE TLAXCALA*. México. Boletín del Archivo Histórico el Agua.

León et al., 2016. *REVISIÓN DEL ESTADO DE ARTE EN CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN ZONAS URBANAS Y AEROPUERTOS. Revista Tecnura. México.*

López et al., 2017. *DISEÑO DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA: ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO HÍDRICO*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*

López, G, Martínez F, Fuertes V, & López P. (2011). *DIMENSIONADO DE DEPÓSITOS DOMÉSTICOS DE AGUAS PLUVIALES UTILIZANDO SERIES TEMPORALES DE DATOS*. *Tecnología y ciencias del agua*. *Universidad Politécnica de Valencia, España.*

BRILLO INSTITUCIONAL. Tanques de almacenamiento de agua residencial (citado septiembre de 2014). Obtenido de la web.

Decreto 302 de 2000. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, "*EN MATERIA DE PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO"*.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Norma RAS 2000, Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Bogotá Colombia.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Código Colombiano de Fontanería. Bogotá: ICONTEC, 2004. 17 p. (NTC 1500).

Abdulla and Al-Shareef, 2006. "ASSESSMENT OF RAINWATER ROOF HARVESTING SYSTEMS FOR HOUSEHOLD WATER SUPPLY IN JORDAN." Springer.

Arango y Flórez, J. 2012. Universidad Icesi de la Facultad de ingeniería del Departamento de diseño en Cali. sistema de recolección, almacenamiento y conservación de aguas lluvias para el abastecimiento de agua potable a los habitantes del pacífico colombiano en zona.

En Fusa, Vivienda de calidad Social (2004, 24 de enero) Version electrónica del periódico el Tiempo.

Adeboye, O. O. (9 De noviembre de 2009). Assessing The Potential For Rainwater Harvesting. *Water Resour Manage* ,9.

Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana Blvd. Federico Benítez No. 4057, Col. 20 de noviembre, *LA IMPORTANCIA DEL AGUA PARA LA VIDA.* Tijuana, B.C. C.P. 22430

Vargas, 2016. GUÍA METODOLOGICA PARA LA CAPTACION Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA EL SECTOR RURAL. Bogotá, Colombia.