

Propuesta para la implementación de un sistema hidráulico de captación y aprovechamiento de  
aguas lluvias en una institución educativa

NOMBRE DEL AUTOR O AUTORES

Edgar Enrique Solórzano Medina

Reimond Rairan Barreto

Wilmer Vargas Jiménez

Liliana Rey Quintero

Corporación Universitaria Minuto De Dios

Sede Virtual y a Distancia

Facultad de Ciencias Empresariales

Especializaciones

Bogotá D.C.

2021

Propuesta para la Implementación de un Sistema Hidráulico de Captación y Aprovechamiento  
de Aguas Lluvias en una Institución Educativa

NOMBRE DEL AUTOR O AUTORES

Edgar Enrique Solórzano Medina

Wilmer Vargas Jiménez

Liliana Rey Quintero

Reimond Rairan Barreto

Director: Harold Ruiz Patiño

Asesor Disciplinar: Ligia Nathalya Garzón Tovar

Corporación Universitaria Minuto De Dios

Sede Virtual y a Distancia

Facultad de Ciencias Empresariales

Especializaciones

Bogotá D.C.

2021

**Dedicatoria**

Dedicamos este logro a la Corporación Universitaria Minuto de Dios – Uniminuto, que nos ha permitido un espacio de crecimiento no solo profesional sino personal con la esperanza que nuestro esfuerzo y dedicación en el presente documento, sirva de inspiración a futuras generaciones en aras de lograr la conservación de nuestro planeta tierra y por ende de la raza humana

“En nosotros está el presente y el futuro de buscar un país mejor”

### **Agradecimientos**

A nuestro Dios y Señor, por el cumplimiento de Su Palabra en nuestras vidas, “...*que hizo sobreabundar para con nosotros en toda sabiduría e inteligencia,*” (Efesios 1:8). A nuestros profesores y tutores por su dedicación y tiempo desde la distancia y en medio de las circunstancias. A nuestros compañeros, por su presencia incondicional en el espectro de la virtualidad. A nuestras familias, poder para lograr cambios positivos en nuestras vidas porque cuando la fe es firme, el milagro es inevitable.

## **Contenido**

<b>Propuesta para la implementación de un sistema hidráulico de captación y aprovechamiento de aguas lluvias en una institución educativa.....</b>	<b>1</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>9</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>11</b>
Objetivo general .....	11
Objetivos específicos .....	11
<b>Problema de investigación.....</b>	<b>12</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>14</b>
<b>Delimitación.....</b>	<b>15</b>
<b>Marco de referencia .....</b>	<b>15</b>
Marco teórico .....	15
Marco Conceptual .....	22
Marco legal.....	28
<b>Diseño metodológico.....</b>	<b>30</b>
Tipo de Investigación: Proyectiva .....	30
<b>Población .....</b>	<b>32</b>
<b>Instrumentos o técnicas de recolección de datos.....</b>	<b>33</b>
Metodología de direccionamiento estratégico.....	33
Evaproyect .....	35
Informe Técnico .....	36
<b>Resultados y análisis de resultados .....</b>	<b>37</b>

Evaluación Financiera (Evaproject) .....	39
Implementación del direccionamiento estratégico .....	41
Informe técnico.....	42
Ubicación .....	42
Descripción Arquitectónica .....	42
Diseño de la Red Pluvial .....	44
Diseño de la red de distribución .....	47
<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>50</b>
Conclusiones.....	50
Recomendaciones.....	53
<b>Referencias .....</b>	<b>55</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>59</b>
Anexo 1. Caracterización de espacios arquitectónicos interiores y exteriores del colegio 10 .....	59
Anexo 2. Guía Metodológica de direccionamiento estratégico.....	61
Anexo 3. Memoria de cálculos, Cantidades de Obra Uniminuto, calculo redes de agua lluvia. ....	61
Anexo 4. Esquema de planos generales y detalles constructivos .....	61
Anexo 5. Costos del Proyecto, Evaproject.....	61

### Lista de Tablas

Tabla 1. Normas y leyes para el uso eficiente del agua. Fuente, elaboración propia .....	29
Tabla 2. Análisis Financiero del proyecto (Evaproyect). Fuente elaboración propia .....	39
Tabla 3. Ahorro – consumo con agua lluvia. ....	40
Tabla 4. Fuente: Dimensionamiento de desagües principales de cubierta, ramales y bajantes de aguas lluvias .....	46
Tabla 5. Caudales y presiones mínimas de operación para aparatos sanitarios .....	49
Tabla 6. Costos por consumo de agua potable y agua lluvia. Fuente, elaboración propia.....	51

## Lista de Figuras

Figura 1. Jerarquía de las necesidades de agua.....	17
Figura. 2 Uso de agua a partir del lugar de captación. ....	23
Figura 3. Precipitaciones máximas absolutas en 24 horas- anual. Tomado de; .....	38
Figura 4. Componentes típicos en un edificio comercial/ industrial/institucional. ....	43
Figura 5. Tipos de techos y sus diferentes áreas de captación .....	44



## Introducción

Este proyecto se implantaría específicamente en el sector educativo del territorio nacional, concretamente en zonas donde las condiciones pluviométricas así lo permitan y de acuerdo a los datos recopilados en el IDEAM, donde se refleje una alta precipitación de aguas lluvias, con el propósito de optimizar el consumo de agua potable, apta para consumo humano, en estas instituciones.

En su informe anual la Unesco (2020) señala que;

El deterioro de los recursos hídricos mundiales pone en peligro la consecución del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N° 6 de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, cuya meta es conseguir el acceso al agua limpia y el saneamiento para todos en los diez próximos años. Se trata de un reto muy considerable, habida cuenta de que en el mundo hay actualmente 2.200 millones de personas privadas de acceso al agua potable y otros 4.200 millones que carecen de sistemas de saneamiento seguros (p.5).

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2015), expidió el Decreto 1285 de 2015 y la Resolución 0549 de 2015, con el objeto de establecer lineamientos de construcción sostenible para edificaciones, encaminados al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes y al ejercicio de actuaciones con responsabilidad ambiental y social.

Se quiere suministrar agua lluvia a una comunidad educativa, donde se requiere llevar a cabo una serie de obras hidráulicas para la captación, la conducción, el almacenamiento con un

sistema de tratamiento de filtración rápida y la red de distribución de las mismas por medio de un equipo hidroneumático; para cubrir necesidades en zonas que no requieren de agua potable, apta para el consumo humano, para su funcionamiento. Para la Unesco (2019, citado por la Revista semana, 2019)

Estima que hay 2 mil millones de personas en el mundo que sufren por la falta del líquido, la mayoría de ellas ubicadas en las zonas rurales o en los suburbios. Es decir, en lugares escasamente poblados y alejados de los acueductos. A medida que las ciudades aumentan en su población y tamaño, también se hace necesario el consumo de agua y con ello crece la escasez (p.2).

Dentro de la problemática del “saneamiento básico” de comunidades, tiene enorme importancia la reutilización de aguas lluvias captadas en las cubiertas de las edificaciones. El diseño que se propone implementar es la implantación de la infraestructura necesaria en instituciones educativas a nivel nacional, con miras a lograr una solución adecuada y acorde con una limitada inversión de capital. Por esta razón la consultoría junto con las normas que se incluyen en este documento, se orienta a una solución básica de captación y utilización de estas agua

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Diseñar una propuesta para la implementación de un sistema hidráulico que permita la captación, conducción, almacenamiento y reutilización de aguas lluvias en zonas sanitarias, comunes y zonas verdes, en una institución educativa de carácter público.

### ***Objetivos específicos***

1. Evaluar y consolidar los datos climáticos y meteorológicos suministrados por el IDEAM, a fin de poder valorar la realización de los estudios técnicos y de factibilidad en el área de influencia seleccionada, para la implantación del sistema propuesto en la institución educativa.
2. Generar una estrategia para aprovechar las aguas lluvias captadas en la(s) cubierta(s) de la institución educativa como un recurso natural gratuito y disponible.
3. Generar un informe técnico como soporte a la viabilidad del diseño propuesto, de acuerdo a las normas técnicas vigentes para tal fin.

### **Problema de investigación**

De acuerdo con la necesidad global de incentivar el consumo de agua lluvia de manera responsable en instituciones educativas, las cuales posean la factibilidad de implantar un sistema de captación y aprovechamiento de las mismas, evitando así el desperdicio de las aguas pluviales, debido a que de esta forma se podrían solucionar en su mayoría los problemas de escasez de este recurso.

Por su papel vital en la vida, recientemente, las demandas de agua han aumentado dramáticamente, llevando a la escasez de agua dulce. Este fenómeno no se limita sólo a las regiones áridas del clima, aún en áreas con buena oferta el acceso al agua potable se está convirtiendo en un problema crítico. Entre otras razones, la falta de agua es causada por la baja capacidad de almacenamiento, la baja infiltración, también debido a las fluctuaciones en los patrones de precipitación como resultado del cambio climático (Bocanegra, y otros, 2014, pág. 84)

Desde la perspectiva del impacto ambiental hoy despierta un cierto interés, por el cual se ha querido regresar al sistema inicial de captar agua en estos lugares, lo que permite tener menores costos tanto en la captación, transporte e incluso en el tratamiento del agua.

El 54% de las personas vive en áreas urbanas y es factible que, para finales de siglo, más del 80 por ciento lo haga. Hasta ahora, la mayoría de las ciudades tiene agua suficiente para subsistir. Sin embargo, las cosas están empezando a cambiar también para las zonas urbanas. De los 736 millones que viven en las 482 áreas más pobladas del mundo, 233 tienen dificultades para encontrar agua potable, (iAgua, 2021, págs. 2-3)

Como alternativa se ha planteado en muchas edificaciones el aprovechamiento de las aguas lluvias que se captan en las cubiertas de las construcciones, lo que hace un tiempo solo se aplicaba en casas rurales es cada vez más común en edificaciones urbanas, además de reducir sus costos en materia de consumo, estas hacen un aporte al medio ambiente reduciendo el uso de agua de fuente de abastecimiento de los sistemas comunes, incluso ahora muchos de ellos reciben el nombre de construcciones sostenibles las cuales promueven el respeto por el medio ambiente, con el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medio ambiente, manteniendo un equilibrio entre lo social, económico y lo ambiental.

Con base a lo anteriormente expuesto y en aras de lograr una edificación sostenible, de acuerdo al documento emitido por el Ministerio de Educación Nacional (2014): "Colegio 10, lineamientos y recomendaciones para el diseño arquitectónico del colegio de jornada única, para las tipologías de 6 aulas de primaria. Recomendaciones para implantación- Programa arquitectónico"; la cual se ha tomado como institución escolar tipo, con área total construida de cubierta de 1914 metros cuadrados (m<sup>2</sup>) que, para el caso específico del diseño será distribuido en 4 módulos cada uno de 500 metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de cubierta a dos aguas.

## Justificación

Debido a las diferentes consecuencias ambientales generadas por el cambio climático y sus efectos adversos sobre los recursos naturales, se pretende diseñar un sistema de captación de aguas lluvias con el fin de reducir el impacto ambiental ocasionado por el consumo excesivo de agua potable, apta para consumo humano, en los diferentes sectores económicos, sociales y específicamente, para instituciones educativas públicas a nivel nacional en zonas donde las condiciones pluviométricas así lo permitan.

La proyección de demanda hídrica en el país por el IDEAM, proyección a 2022 el uso de agua se incrementaría en un 77,1% del uso realizado en el año 2012, con una suma total de 63.717 millones de m<sup>3</sup>. Teniendo en cuenta la presión de la demanda y la variabilidad de condiciones medias y secas a nivel nacional se puede observar que tanto los índices de Uso de Agua (IUA) y de Vulnerabilidad de Desabastecimiento Hídrico (IVH) -calculados por el IDEAM- muestran el grado de precariedad de la cuenca hidrográfica para mantener una oferta. (IDEAM, 2014, Citado por Celis, 2017)

En diferentes países se ha venido implementando nuevas estrategias en pro del cuidado del medio ambiente, enfocando sus esfuerzos para que la población pueda cada día usar y aprovechar mejor los recursos naturales, el cual es un bien gratuito que permite la reducción del pago de servicios públicos domiciliarios.

### **Delimitación**

El proyecto se desarrollará para una unidad tipo, en atención a los requerimientos del proyecto educativo institucional para la atención de la primera infancia (preescolar y primaria), en cumplimiento a los lineamientos arquitectónicos y flexibilidad de los mismos, de acuerdo a las diferentes posibilidades de estructuración formal y de agrupación, permitidas por el Ministerio de Educación Nacional - plan nacional de infraestructura educativa (PNIE), en su programa colegio 10.

### **Marco de referencia**

#### ***Marco teórico***

Para cubrir las necesidades de agua en las actividades cotidianas, el hombre ha estudiado y evaluado el uso de diferentes sistemas de captación de agua lluvia en los cuales, dependiendo de las condiciones pluviométricas de la zona y sus características, ha requerido de la implementación de estructuras hidráulicas para su captación, conducción y tratamiento las cuales han sido construidas a partir de criterios establecidos frente a los diferentes escenarios presentados.

Para (Arango & Florez, 2012)

Las aguas lluvias representan un recurso del cual se puede disponer sin la necesidad de recorrer grandes distancias además de que evita problemas sanitarios y de salud por uso de otras fuentes hídricas en mal estado. De otro lado, el impacto económico se basa en que el agua, la cual es de buena calidad, está disponible en la atmósfera sin costo para las familias y se puede lograr un aprovechamiento de este recurso debido a la gran cantidad de la que se dispone (p.7)

El agua es y siempre será fundamental para el desarrollo de los asentamientos humanos, donde es utilizada para las actividades cotidianas, en ocasiones se usa indiscriminadamente sin aplicar ninguna medida de optimización. No obstante, y como bien lo anota el autor Gálvez A. S., (2014), en la investigación titulada Modelo de captación de aguas lluvia en fachadas de edificaciones, en la cual manifiesta que;

Solo en las últimas décadas la sociedad ha tomado consciencia de que se trata de un recurso no renovable, y las generaciones presentes hacen esfuerzos por evitar la contaminación y desperdicio del mismo temiendo que la demanda pueda superar la capacidad auto regeneradora del recurso en el ecosistema (p.1).

Para Gálvez A. S., (2019) El agua lluvia por no haber sido sometida a un proceso de potabilización, permanece en el imaginario colectivo como desecho, como agua residual y generalmente es llevada a los drenajes que transportan los desechos de la población urbana (p.4), esta mentalidad ha generado, especialmente en las nuevas generaciones, el colocar de manera especial su mirada en los recursos naturales no renovables.

El agua como recurso natural es indispensable para el sustento y supervivencia de la vida humana; el agua lluvia se ha venido convirtiendo en respuesta de adaptación en áreas donde las misma es escasa inclusive en actividades cotidianas cubriendo necesidades básicas como el riego de jardines y plantas, lavado de autos, descarga de inodoros, aseo de pisos y lavado de ropa. “En este sentido se puede añadir que, la descarga de los inodoros requiere un volumen hasta de 70 litros por persona por día y es posible atender la demanda de esta necesidad usando agua de calidad inferior y no agua potable” (OMS; OPS, 2009, P. 2)



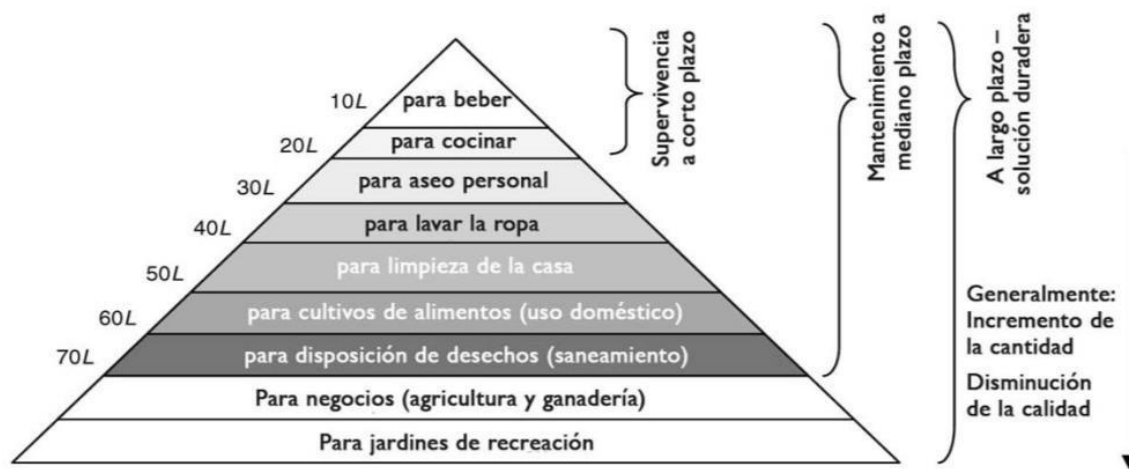


Figura 1. Jerarquía de las necesidades de agua. Tomado de OMS & OPS, (2009, p. 2)

La tecnología propuesta en este proyecto para la recolección de agua lluvia consiste en captar, conducir, almacenar y distribuir el agua de lluvia proveniente de la(s) cubierta(s) en la institución educativa; en la actualidad se siguen usando los mismos componentes, sin embargo, se pretende involucrar nuevos materiales que buscan evitar arrastre de partículas y la oxidación de piezas y superficies.

De acuerdo al informe de la Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural (2003), “la implementación de medidas para la captación y el aprovechamiento de las aguas lluvias son una estrategia válida para atender los problemas de abastecimiento de agua que especialmente aquejan a localidades rurales y urbano-marginales” (p.4), la cual es interceptada, recolectada y almacenada para su uso posterior.

El agua lluvia puede ser utilizada como fuente para cubrir la demanda de consumo en usos que no requieren de potabilización como: riego de jardines, lavado de autos, descarga de inodoros, orinales, aseo de pisos y mantenimiento en general.

Es a partir de aquí que, el uso de agua lluvia se ha extendido a otros sectores institucionales (educativos, centros comerciales, hospitales, centros de negocios, etc.), respondiendo al cubrimiento de la necesidad del recurso, reducción del consumo de agua potable, apta para consumo humano, en actividades donde no se requiera una calidad de agua específica, aportando positivamente a la problemática global del cambio climático y la salud ambiental.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (2018), “Colombia ocupa el primer lugar con mayores precipitaciones, registrando un promedio de 3.240 mm/año” (p.5).

La presión existente sobre las cuencas hidrográficas es muy alta, debido a la demanda del recurso y al grado de contaminación de las fuentes superficiales, lo que genera que, muchas poblaciones urbanas cuentan con un alto grado de desabastecimiento de agua potable IDEAM, (2014, Citado por Palacio ,2010, p.22). En consideración a que el agua lluvia ha sido estimada por la humanidad como desecho, como agua residual y generalmente es mezclada con las aguas residuales domésticas;

Es necesario entonces, adoptar medidas alternativas que permitan la sostenibilidad del recurso, y conocer las técnicas de aprovechamiento de aguas lluvias es parte fundamental para lograr éste propósito. El aprovechamiento de agua lluvia para instituciones educativas, es una práctica de fácil implementación, que permite disminuir los consumos de agua potable, logrando así, una reducción en los gastos por dichos consumos, y dando un uso eficiente al recurso, de manera que aquellos sistemas en los cuales el agua potable no es necesaria, puedan ser abastecidos por el agua lluvia”. (Palacio, 2010, p.22)

La utilización de agua lluvia es una práctica generalizada y una manera de reducir hasta en un 30% de la demanda de agua potable en el sector doméstico. La descarga de los inodoros, entre otros aparatos sanitarios, requiere un volumen hasta de 70 litros por persona por día y es posible atender la demanda de esta necesidad usando agua de calidad inferior y no agua potable. Así mismo, para Ballén, Galarza, & Ortiz, (2006)

Existen diferentes configuraciones de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia de cubierta los cuales pueden ser sencillos y económicos o muy complejos y costosos. En los sistemas sencillos, el agua es llevada a los puntos bajos de la casa 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 (p.3).

El uso de agua lluvia es una solución que ha venido adoptando el mundo como respuesta de adaptación a la escasez de agua tratable para consumo humano, buscando un uso eficiente y de ahorro del recurso hídrico. Según las evaluaciones y estudios realizados por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales,

Cerca del 50% de la población colombiana que vive en las áreas urbanas municipales que están expuesta a sufrir problemas de suministro de agua, como consecuencia de la presión sobre las cuencas hidrográficas y las restricciones de uso por contaminación de las aguas superficiales. Como agravante, más del 80% de las cabeceras municipales tienen como fuente de suministro de agua pequeños riachuelos o quebradas que en épocas de estiaje no garantizaran el abastecimiento a la población”. (IDEAM, 2000, Citado Ortiz & Bernal, 2017 p. 12)

Cuando se presentan problemas graves de suministro por parte de los acueductos municipales, o no se tiene acceso a la red, es factible utilizar el agua lluvia como fuente de abastecimiento secundaria, esto si se cuenta con un adecuado tratamiento que permita el uso de la misma.

Así lo hace ver Ramírez, (2016), “El mundo actual presenta retos que exigen la implementación de estrategias que permitan mejorar la gestión de los recursos hídricos, ante lo cual un sistema de aprovechamiento de agua lluvia se muestra como una excelente oportunidad” (p.2).

Los recursos naturales en el transcurso de los años han sufrido diferentes consecuencias que ha llevado a generar un desabastecimiento como el agua, el cual es un recurso esencial para la supervivencia humana, es así como aprovechar el agua lluvia nos permite disminuir el impacto ambiental por su sobreexplotación. Según lo expuesto por (Cabulla & Ayala, 2015),

La viabilidad de implementar el sistema de aguas lluvias en proyectos nuevos de vivienda es demasiado favorable, no solo ecológica y ambientalmente para todos y para el recurso de agua potable, sino que económicamente también se ve beneficiado, ya que el costo de implementación, se recupera en un tiempo de 12 años y 4 meses. A partir del primer momento el sistema genera ganancias económicas a los residentes del modelo de estudio y ayuda al medio ambiente a economizar un recurso natural como el agua (p. 104)

El agotamiento del recurso hídrico, cambio climático, el crecimiento de la población, los escasos y la variación de la calidad del agua en Colombia ha ido aumentando debido a la contaminación, destrucción y explotación de las fuentes superficiales, dejando a muchos habitantes sin este preciado líquido indispensable para la vida humana, lo que exige a la creación de estrategias para una adecuada administración de los recursos naturales. Con el fin de analizar los diferentes factores que afectan la demanda de agua de uso residencial, se han llevado a cabo varias investigaciones. Por ejemplo, López, (2014) *analizo:*

Las relaciones entre el estatus socioeconómico y el consumo de agua. Estas relaciones se estudiaron mediante regresiones múltiples de datos, teniendo como resultado que algunas de las variables que determinan el consumo de agua en los hogares son: el precio del agua, el ingreso familiar, las condiciones climáticas, el ciclo de facturación, las características del hogar, el tipo de vivienda, las regulaciones del uso del agua (p.9)

En la actualidad se vienen presentando tiempos difíciles en materia Ambiental con respecto al consumo de agua. La respuesta a esta problemática es el aprovechamiento de las aguas lluvias, debido a la contaminación de los ríos y a su proceso de degradación causada por la deforestación indiscriminada de las cuencas hidrográficas, así como del cambio climático. La captación, el almacenamiento y aprovechamiento de las aguas lluvias en las ciudades, pueblos, veredas, comunidades en general y su implementación generarían el abastecimiento de agua para suplir las necesidades diarias de las comunidades.

De acuerdo con el comportamiento del crecimiento de la población, el uso de agua al año 2030 alcanzará los 3121 millones de m<sup>3</sup>. En los últimos años, la promoción del consumo eficiente de agua en las actividades domésticas y el desarrollo de estrategias para lograrlo es un factor a considerar en la moderación del uso de agua.

La demanda total también se presenta en tres escenarios: pesimista o uso máximo de agua, optimista uso mínimo de agua y tendencial o medio. Para el año 2030 el uso de agua puede ascender en 45.988,1 millones de m<sup>3</sup> y 46.612,2 millones de m<sup>3</sup>. En todos los escenarios se observa una tendencia creciente de la demanda de agua. En el escenario pesimista la demanda de agua se incrementará en 27% a una tasa de crecimiento anual que oscila entre el 6% y el 2%. El escenario optimista prevé un

incremento de uso de agua en 25% a 2030 con tasas de crecimiento similares al escenario pesimista. Finalmente, el escenario tendencial estima que la demanda total se incrementará en un 21% con una tasa de crecimiento anual que oscila entre el 5% y el 1% (Ideam, 2018, p. 331-332).

La recolección por medio de los tejados es la manera común por la rentabilidad y la facilidad del mantenimiento. Según Ruiz, Peña, & Cardoso, (2018),

El uso del agua lluvia ha generado la reducción de costos debido a que el aprovechamiento de dichas aguas es gratuito, lo que a su vez, reduce costos en el consumo de agua potable, beneficiando así a la comunidad estudiantil destinando el valor que se gasta bimensualmente en el servicio de agua, en parques o proyectos netamente institucionales, su ambiente educativo podría convertirse en un lugar más agradable además de facilitar su aprendizaje aplicando nuevas tecnologías y métodos avanzados para su educación; educar y concientizar a los niños desde una temprana edad en el valor y la importancia de cuidar los recursos naturales (p. 8)

### **Marco Conceptual**

Se parte de considerar que la captación de agua de lluvia es una fuente potencial de abastecimiento de agua adecuado y confiable, especialmente en las áreas rurales, urbanas y, en particular, donde otras fuentes de agua no son técnicamente y/o económicamente viables. Los sistemas de diseño inadecuado, en términos de capacidad de almacenamiento y zona de captación, sólo podrían suministrar agua durante un corto período después de la estación de lluvias, y no durante todo el período seco.

A continuación, se mencionan algunos aspectos que se consideran como beneficio que se le atribuyen a la captación de agua por medio de los techos.

Existen tres formas de realizar la recolección de agua lluvia las cuales son: In situ, donde la recolección y almacenamiento de la lluvia se realiza en el suelo donde cae; en el doméstico se recoge el agua de los techados, donde se acostumbra utilizar un Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos conocido como SCAPT, esperando con esta manera de captación se minimice la contaminación del agua (OMS; OPS, 2009, citado por Celis, 2017, p.3)

En 1999 Gould and Nissen- Petterse han categorizado la captación o cosecha de agua lluvia de acuerdo con el tipo de superficie y actividad para la cual puede ser usada (Winterbottom, 2000, citado por Celis , 2017, p.3) (ver Figura 2).

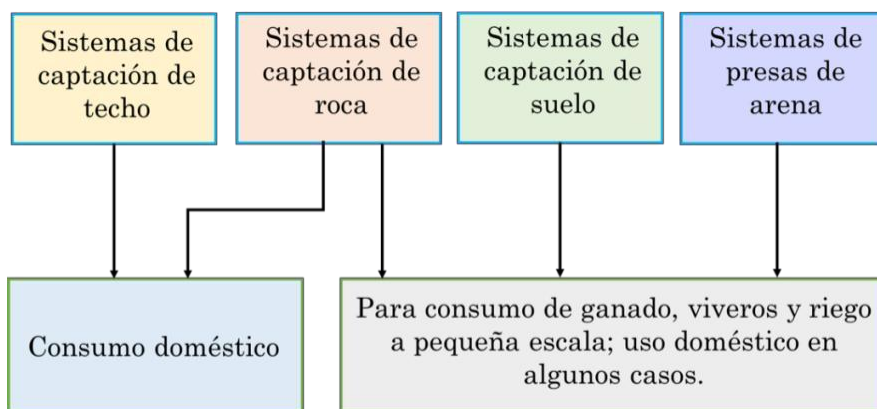


Figura. 2 Uso de agua a partir del lugar de captación. Tomado de (Winterbottom, 2000, citado por Celis, 2017, p.3)

**Captación:** El objetivo de la recolección de agua de lluvia es concentrar la escorrentía y recogerla en un tanque para ser almacenada para uso futuro; el agua de lluvia capturada del techo es el método más fácil y más común usado para cosechar este tipo de agua. Como lo manifiesta Palacio (2010, citado por Celis, 2017)

La captación es la superficie dispuesta para la recolección del agua. Por lo general en la mayoría de los diseños el área de captación se encuentra ubicada en los techos con unas pendientes no menores al 5 % para permitir que el agua se escurra hacia los sistemas de captación (p.3)

**Recolección y Conducción:** Es el conjunto de canaletas adosadas en los bordes más bajos del techo, con el objeto de recolectar el agua lluvia y de conducirla hasta el sitio deseado. Las canaletas se deben instalar con una pendiente no muy grande que permitan la conducción hasta los bajantes. Palacio (2010, p.10)

**Tipos de sistemas:** Los Sistemas sencillos son aquellos donde el agua es transportada por gravedad del techo hacia el suelo de una casa para su almacenamiento y aprovechamiento directo. (Waterfall, 2006, Citado por Celis 2017, p. 13) Sin involucrar componentes para un tratamiento más complejo

**Usos de agua lluvia:** La principal aplicación en los países en desarrollo es la provisión de agua potable. En los países desarrollados se pueden encontrar ejemplos de las tres aplicaciones, pero los suministros de agua potable son más comunes en las zonas rurales y los suministros no potables en las zonas urbanas. (Butler & Memon, 2006)



En la industria, hogares e instituciones se han evaluado y propuesto varias estrategias para la reutilización del agua lluvia, con el fin de satisfacer demandas específicas y así reducir el consumo de agua dulce. Un sistema RWH de techo, que recoge la escorrentía del tejado, generalmente consta de una zona de captación, un filtro, un tanque de almacenamiento, una instalación de suministro, tuberías y una unidad de desbordamiento (Mun & Han, 2012 citado por Celis 2017, p. 13).

Ya sea grande o pequeño, el sistema de recolección de agua de lluvia diseñado, tiene los siguientes componentes básicos: área de captación, canaletas y bajantes, filtración primaria, almacenamiento y distribución (equipo hidroneumático de velocidad variable)

**Precipitación de la zona de estudio:** Los RWH han tenido más relevancia en las zonas que disfrutan de las altas precipitaciones. De hecho, las regiones con lluvias fuertes podrían ser los mejores modelos para probar la factibilidad de la seguridad del agua a costos asequibles de estos sistemas (Alam, Chowdhury, Ahmed, & Jesmin, 2012, Citado por Celis 2017, p. 33)

**Área de captación:** Una zona de captación es la superficie definida, típicamente una azotea (techo), sobre la cual cae el agua de lluvia y finalmente se recoge. La cantidad de agua o "rendimiento" que proporcionará la zona de captación dependerá del tamaño y de su textura superficial

**Canaletas y bajantes** (conducción del agua lluvia): Un sistema de transporte de agua de lluvia de uso común está compuesto por canaletas con bajantes. Las canaletas y bajantes dirigen la lluvia desde las superficies de captación de tejados a cisternas o

tanques de almacenamiento. Las canaletas y bajantes están ocultos dentro de las paredes de los edificios o atados al exterior de los mismos y pueden adecuarse al exterior de un edificio en cualquier momento (Levario, 2007 citado por Celis 2017, p. 16)

**Colectores:** Es el sistema de conductos el cual consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir, conducir y evacuar las aguas lluvias provenientes de las cubiertas que conforman la construcción del sistema, hasta la llegada al tanque de almacenamiento.

**Tanque de Almacenamiento:** Es el área donde se acumula el agua obtenida en el área de captación, cuya función es la de abastecer al sistema durante todo el año en la mayor parte que se pueda, la selección de su volumen y operación, es quizás la parte más importante del diseño ya que actúa como regulación del sistema. (Reyes & Rubio, 2014 citado por Celis 2017, p. 51)

**Distribución:** Para realizar el suministro de agua lluvia todo sistema cuenta con un conjunto de tuberías y sistemas que distribuyen el agua almacenada. Para la adecuación de un sistema de RWH se debe considerar el uso establecido para aprovechar el agua de lluvia, debido a que dependiendo la finalidad de este uso se puede tomar la decisión de intervenir el sistema de suministro de agua potable, o en el caso contrario donde el uso no requiere que el agua sea potabilizada se debe diseñar una red de distribución. (Rodríguez, 2005 citado por Celis 2017, p. 23)

**Sistemas hidroneumáticos:** Recibe este nombre debido a que el elemento más importante de este sistema es un tanque hidroneumático (tanque de presión) el cual elimina el uso de tanque elevado y se usa de dos maneras como equipo único y autónomo para alimentar la red o como auxiliar para distribuir parte de la red. (Rodríguez, 2005 citado por Celis 2017, p. 24)

**Red hidráulica:** Para satisfacer las condiciones de descarga de todas las aplicaciones sanitarias en una edificación, la conducción se debe realizar a una presión diferente de la atmosférica y depende de las diferentes alturas donde están ubicados los aparatos sanitarios y sus condiciones de funcionamiento. No obstante, la red debe ser abierta y satisfacer el caudal y presión requeridos para que haya un funcionamiento adecuados de los aparatos destinados para el uso de agua. (Rodríguez, 2005 citado por Celis 2017, p. 24)

## **Marco legal**

El objetivo principal es aportar los fundamentos jurídicos para que las construcciones actuales se conviertan en edificaciones sostenibles con un buen manejo del recurso hídrico.

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2015), expidió el 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 entrada 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”

Tabla 1. Normas y leyes para el uso eficiente del agua. Fuente, elaboración propia

Normatividad	Alcance
Constitución política de Colombia	En los artículos 78, 79, y 80 se establece que el Estado tiene el deber de controlar la calidad de bienes y servicios ofrecidos a la comunidad y es un deber del Estado proteger la diversidad y la integridad del ambiente, también planificar el aprovechamiento de los recursos naturales (Consejo, 1991)
Ley 373 de 1997	La cual nos dicta el uso eficiente y ahorro del agua. "ARTICULO 2o. Contenido del Programa de Uso Eficiente y Ahorro Del Agua. (El Congreso, 1997).
Ley 23 de 1973	Art. 1. Es objeto de la presente ley prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional. (Congreso, 1994)
Decreto - ley 2811 de 1974	Decreta "Artículo 1º.- El ambiente es patrimonio común. El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social. (AMBIENTE, 1974)
Decreto 1541 de 1978	Decreta. "Artículo 1º.- Para cumplir los objetivos establecidos por el artículo 2 del Decreto-Ley 2811 de 1974, este Decreto tiene por finalidad reglamentar las normas relacionadas con el recurso de aguas en todos sus estados (MICHELSEN, 1978)
Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

## Diseño metodológico

### ***Tipo de Investigación: Proyectiva***

Esta consiste en la elaboración de una propuesta de diseño, para la recolección, conducción, almacenamiento y distribución, de aguas lluvias captadas en techos, como modelo, para la solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, o de una institución educativa, en un área particular de conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y de las tendencias futuras, es decir, con base en los resultados de un proceso investigativo, proponiendo nuevas acciones que mejoren una situación de manera práctica y funcional.

Esta consultoría se desarrolló, de acuerdo a los lineamientos de la investigación proyectiva, buscando diagnosticar no solo el problema sino generando una propuesta de ahorro de agua, apta para el consumo humano, basados en las necesidades propias de una institución educativa, teniendo en cuenta los datos pluviométricos recolectados en las entidades responsables de la toma y medición de los mismos, según la localización geográfica del proyecto

Para el desarrollo del proyecto y dentro del marco del proceso de la investigación proyectiva, esta precisa una serie de pasos antes de proponer nuevas acciones de cambio a la realidad planteada, así:

1. Fase exploratoria. En esta primera fase se exploraron estudios anteriores al tema, con la idea de observar la metodología aplicada, los aportes y los alcances, así como las teorías

y conceptos relacionados con el sistema de captación y reutilización de aguas lluvias; a fin de obtener la reducción de consumo de agua potable apta para el consumo humano.

2. Fase descriptiva. En esta fase se contemplan las situaciones y condiciones adversas generadas en el medio ambiente y especialmente por el cambio climático, el agua lluvia es un recurso natural renovable que se ha considerado, inclusive, como elemento de desecho. Esta situación nos conduce a la utilización de la misma como recurso de aprovechamiento en su estado natural que permite la disminución del gasto de agua potable, apta para el consumo humano, en actividades cotidianas y zonas sanitarias.
3. Fase analítica. En esta fase se describe el alcance, procedimiento y los criterios técnicos para diseño considerados para realizar la consultoría preliminar del sistema de aprovechamiento de aguas lluvias en una institución educativa. Así mismo, se presenta la información utilizada para llevar a cabo las actividades de diseño, incluyendo el procesamiento de los respectivos datos de entrada empleados para su generación, los cuales se deben tomar de las estaciones meteorológicas que tiene el IDEAM en toda el área continental e Insular de Colombia.

El diseño técnico debe incluir los siguientes componentes: sistema de captación de aguas lluvias en cubiertas (canaletas y bajantes), sistema de conducción de aguas lluvias hasta el tanque de almacenamiento, sistema de filtración rápida, tanque de almacenamiento, red hidráulica de distribución de aguas lluvias para el suministro de los sanitarios en baños, mantenimiento de zonas verdes, lavado en zonas comunes, entre otros, y selección del sistema de suministro a presión por medio de un equipo hidroneumático. El

dimensionamiento preliminar de los componentes del sistema sirve como insumo para establecer el presupuesto para la construcción y operación del sistema. Dado que se trata de un diseño para una institución educativa nueva y/o existente, gran parte de la información obtenida es de carácter secundario.

Es importante señalar que, para este tipo de estudios, es ideal contar con los planos topográficos, arquitectónicos, estructurales y de instalaciones hidrosanitarias (agua potable, aguas lluvias y aguas servidas). Por lo tanto, el estudio técnico y económico del que trata el presente trabajo considera condiciones de información básica.

### **Población**

Universo: Cuerpo directivo, docentes, estudiantes, personal de servicios generales, población flotante, entre otros; de acuerdo con los lineamientos y recomendaciones establecidos por el Ministerio de Educación Nacional- Colegio 10 (6 aulas), para una institución educativa con énfasis en preescolar y primaria, y un área cubierta de construcción de dos mil metros cuadrados (2000 M<sup>2</sup>), que cobijan una población de aproximadamente de 250 personas.



## **Instrumentos o técnicas de recolección de datos**

### ***Metodología de direccionamiento estratégico.***

De acuerdo a los lineamientos establecidos en la guía metodológica de direccionamiento estratégico y con el fin de valorar la viabilidad del proyecto del sistema de captación y utilización de aguas lluvias, se procedió a desarrollar las matrices propuestas que a continuación se describen:

1. **Matriz de Perfil de Capacidad Interna –PCI**, es un medio para evaluar las fortalezas y debilidades del proyecto en relación con las oportunidades y amenazas que le presenta el medio externo. Así mismo, permite desarrollar el diagnóstico estratégico de la institución educativa seleccionada, involucrando todos los factores que afectan su operación, entre los cuales se pudo establecer:

- a) La capacidad directiva.
- b) La capacidad competitiva (del Mercado).
- c) La capacidad financiera.
- d) La capacidad tecnológica (productiva).
- e) La capacidad de talento humano.

Serna (2014, p.176) y Fred (2013, p.137)

2. **Matriz de Perfil de Oportunidades y Amenazas del medio - POAM**, nos permite identificar los factores externos que están fuera de su control y que se podrán convertir en oportunidades o amenazas. De esa forma se pueden desarrollar estrategias que permiten fortalecer las oportunidades que son importantes para el proyecto; en el caso contrario si

los factores externos se convierten en amenazas poder enfrentarlas de forma más adecuada para lograr minimizar su impacto. Serna (2014, p.151) y Fred (2013, p.80)

### **3. Análisis DOFA.**

La matriz DOFA permite evaluar las debilidades, oportunidades, fortalezas, y amenazas. Como método complementario del Perfil de Capacidad –PCI, del Perfil de Amenazas y Oportunidades en el medio –POAM; el análisis DOFA ayuda a determinar si el proyecto está en capacidad para ser implantado en la institución educativa seleccionada. Con base a lo anteriormente expuesto, esto permitirá evaluar cómo convertir una amenaza en oportunidad, cómo aprovechar una fortaleza, cómo anticipar el efecto de una amenaza y prevenir el efecto de una debilidad, Serna (2014, p.187) y Fred (2013, p.177)

### **4. Plan de Implementación**

En las matrices propuestas y desarrolladas se presenta un detallado plan de implementación con el que se pretende tomar las estrategias resultantes de la Matriz DOFA y que se encaminan a lograr un mejor nivel de productividad y competitividad.

Prácticamente, los nuevos elementos que se incluyen en la puesta en marcha del plan de implementación tienen que ver con las tácticas que se sugieren para alcanzar los objetivos estratégicos y evitar al máximo la improvisación.

Con base en los retos planteados, se propone el siguiente plan de implementación que permite ejecutar las estrategias encaminadas a lograr un mejor nivel de productividad y competitividad.

La implementación parte de un cuadro de resultados en donde se desglosan las estrategias en objetivos estratégicos, indicadores, metas a alcanzar, tácticas a desarrollar, responsables de la ejecución de las mismas, ejecutores y plazo para la implementación; el cual es expresado en la

programación que la empresa contratista debe adoptar para empezar a materializarlas (inicio) y el tiempo que debe permanecer (fin). (Serna, 2014, p.254)

### ***Evaproject***

El análisis financiero se desarrolla a través del programa Evaproject (EVA), que permite determinar las ganancias y pérdidas reales; es una herramienta valiosa para controlar simultáneamente el rendimiento físico y de presupuesto; proporcionando una gestión integrada del cronograma (tiempo), el progreso y los costos, relacionados con el alcance y las adquisiciones, la calidad y los riesgos.

Esta es una herramienta que permite atender durante el proceso de diseño, la toma de decisiones, proporcionando señales de "alarma" y permitiendo mantener el proyecto a tiempo y dentro del valor estimado en el alcance de la propuesta de la implantación del sistema de recolección y utilización de aguas lluvias en una institución educativa seleccionada.

La gestión de costos para el proyecto de construcción necesita la planificación de los valores presupuestados y su control. Esto, relacionado con todas las áreas del conocimiento del proyecto, donde la solución es el control, medición y determinación del costo presupuestado del trabajo realizado y compararlo con los costos reales.

Estos aspectos están relacionados con ventajas y desventajas, dificultades y beneficios, problemas y soluciones, criterios y resultados; establecidos dentro las diferentes matrices.

### ***Informe Técnico***

En el informe técnico se describe claramente y con cierto detalle, el desarrollo y el resultado del diseño propuesto del proyecto, permitiendo una rápida comprensión de una situación compleja. Con el propósito de profundizar la problemática de escasas de agua potable y la alternativa de solución que se está planteando como es la captación del agua lluvia y la utilización de la misma en una institución educativa.

El informe se desarrolló de acuerdo con la siguiente estructura: un alcance en el cual se contextualiza la problemática a tratar; desarrollo técnico donde se justifica los datos y elementos propios de los diversos componentes del sistema, y finalmente, un apartado de conclusiones y recomendaciones.

## Resultados y análisis de resultados

Para el desarrollo de este diseño se acudió a técnicas de recolección de información tales como:

Recolección de información por medio de documentos y estudios meteorológicos realizados por las entidades responsables de la toma de este tipo de datos como el IDEAM, para este caso específico.

La recolección de aguas lluvias - RWH han tenido más relevancia en las zonas que disfrutan de las altas precipitaciones. Es así que, las regiones con lluvias fuertes son los mejores modelos para probar la factibilidad de la seguridad del agua a costos asequibles de estos sistemas Alam, Chowdhury, Ahmed, & Jesmin, (2012 Citado por Celis (2017, p. 33)

Para efectos de la realización del diseño y basados en los estudios previos de la zona a ser intervenida, se ha tenido en cuenta el mapa de precipitaciones máximas absolutas en 24 horas-anual, contenido dentro del atlas climatológico de Colombia publicado por el IDEAM, en donde se señalan las diferentes zonas del país de acuerdo a la precipitación pluviométrica. Para efectos de esta consultoría se recomienda la implantación del diseño en zonas donde la precipitación pluviométrica es superior a 100 mm/hora. En Colombia según datos estadísticos de lluvias, esta intensidad corresponde a una frecuencia de 5 años.

Este mapa fue elaborado con la información histórica de 2800 estaciones meteorológicas distribuidas en todo el país. Las series históricas procesadas corresponden al período estándar 1971-2000. Todos los valores están en milímetros.

Precipitaciones máximas absolutas en 24 horas- anual

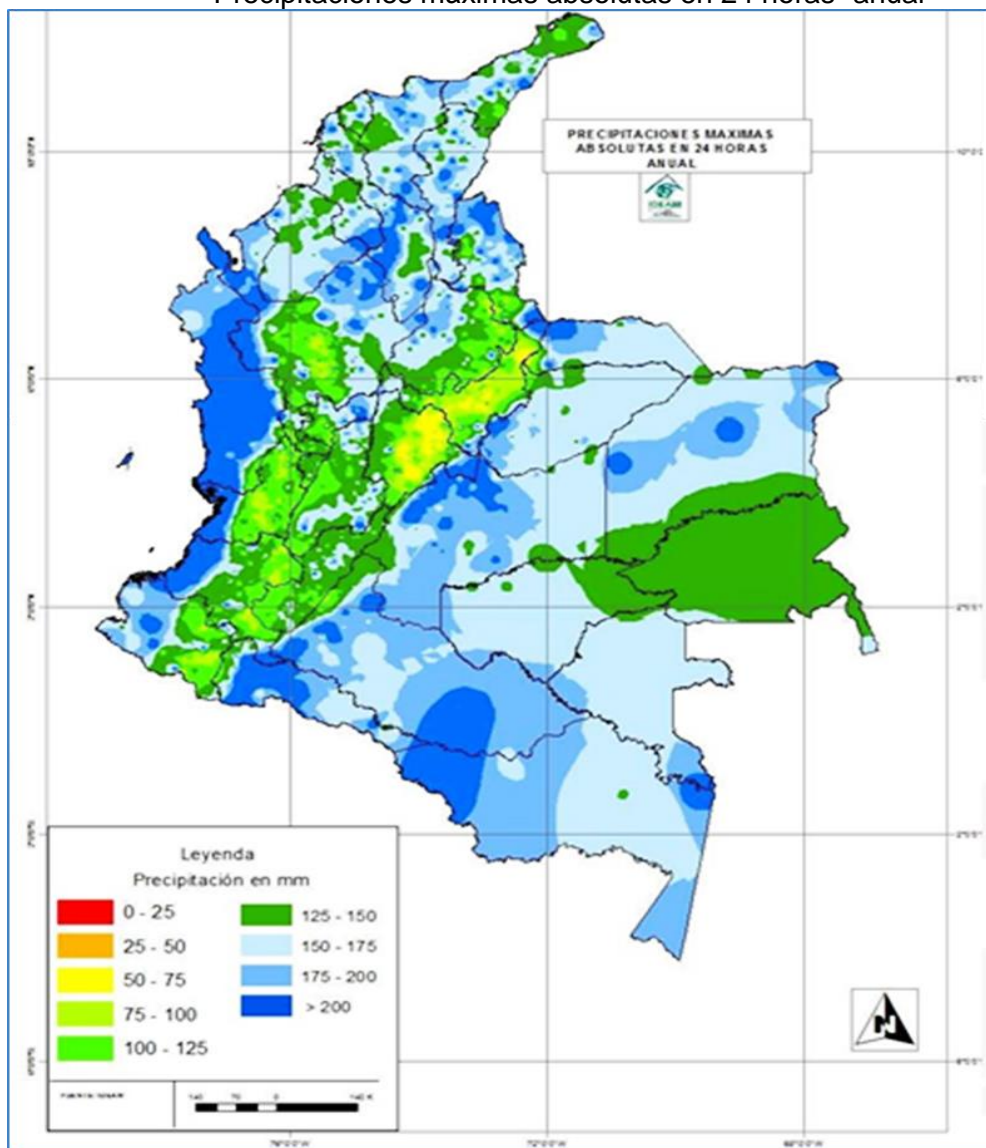


Figura 3. Precipitaciones máximas absolutas en 24 horas- anual. Tomado de; Grupo de Climatología, Agroclimatología, Meteorología Marina de la Subdirección de Meteorología, (2011, pág. 15)

Las regiones de mayor precipitación en Colombia se localizan en la llanura Pacífica, con valores anuales que pueden alcanzar los 12.700mm (Lloró-Chocó); cordillera Oriental, vertiente oriental (Putumayo, Caquetá y Piedemonte Llanero) con lluvias alrededor de los 5200mm/año; región del sureste de Antioquia y Oriente de Caldas (Cocorná, San

Luis, Samaná) con cantidades anuales de lluvia próximas a los 6000mm. Las regiones más secas se encuentran en la península de La Guajira con lluvias anuales cercanas a los 350-400mm. Se presentan otros núcleos secos como son las regiones del nudo de Los Pastos-Nariño-, región Cundiboyacense con cantidades próximas a los 800-1000mm, y la región del alto Magdalena en el departamento del Huila, con cantidades cercanas a los 1000 mm (Jaramillo & Chaves, 2000, pág. 105).

### ***Evaluación Financiera (Evaproyect)***

Para la evaluación financiera del sistema de recolección de agua lluvia es importante garantizar la viabilidad del mismo en cualquier edificación. En este caso en particular para una institución educativa su valoración es puntual para su estudio.

Se puede establecer que un proyecto es rentable cuando los indicadores financieros cumplen con las siguientes condiciones: La **TIR** debe ser mayor a una tasa de oportunidad y junto con el VPN deberán ser positivos, además la relación, Costo Beneficio debe ser mayor a >1; en los resultados obtenidos dentro del análisis financiero del proyecto, el mismo arroja los siguientes valores:

ANÁLISIS FINANCIERO PROYECTO		RESULTADO
<b>Tasa Interna de Retorno</b>	<b>(TIR)</b>	28%
<b>Valor Presente Neto</b>	<b>(VPN)</b>	131.789
<b>Tasa Interna de Oportunidad</b>	<b>(TIO)</b>	3%
<b>Relación Beneficio / Costo</b>	<b>(B/C)</b>	1,80
<b>Tasa verdadera de Rentabilidad</b>	<b>(TVR)</b>	16%

Tabla 2. Análisis Financiero del proyecto (Evaproyect). Fuente elaboración propia

Con base a la tabla N° 3 de Análisis financiero del proyecto, se puede evidenciar que el proyecto es rentable en las condiciones propuestas ya que la tasa interna de retorno (TIR) dio como resultado un 28%, valor superior al 3% obtenido de la tasa interna de oportunidad (TIO);

así mismo, la relación costo beneficio (B/C) da un resultado 1.80; lo que permite tomar en consideración la construcción del proyecto. Para mayor información consulte el anexo 5. De acuerdo con la institución educativa, tomada como tipo, del programa del Ministerio de Educación Nacional- Colegio 10, 6 aulas; el valor estimado para la implantación del diseño haciende a la suma de ciento treinta y siete millones, setecientos ochenta y cuatro mil, doscientos cincuenta y cinco pesos M/CTE (\$137.784.255)

En la tabla 3. se aprecian los valores de consumo de agua lluvia a través de diferentes medidas o modificaciones con lo que se logra alcanzar un potencial de ahorro considerable sin influir la calidad del servicio (30%).

	Hoy L/p*d	Uso adicional del agua de lluvia
Inodoro(WC)	40(100%)	4(10%)
Limpia	6(100%)	6(100%)
Jardín	3(100%)	1(25%)
Otros	5(100%)	5(100%)
Total	54(100%)	16(30%)

Tabla 3. Ahorro – consumo con agua lluvia. Tomado de Carvallo, (2014, p. 1)

Existen muchas posibilidades de reducir el consumo de agua y por consecuencia los costos. Aparte de cambiar los malos hábitos de consumo y el mantenimiento periódico de las instalaciones hidro-sanitarias, se pueden usar un número considerable de soluciones técnicas existentes que conllevan al ahorro de agua sin afectar el confort. (Carvallo, 2014, pág. 1).



### ***Implementación del direccionamiento estratégico***

Durante el desarrollo de esta consultoría y en aras de llevar a la implementación de este diseño, se mencionan algunos de los retos a superar en el desarrollo de la misma:

- 1) Reto 1. El aprovechamiento de un recurso natural como lo es el agua lluvia, con el propósito de optimizar el gasto de agua potable, apta para consumo humano, en áreas sanitarias y de servicios generales en una institución educativa.
- 2) Reto. 2. Generar una sinergia, acorde al equipo humano profesional y técnico disponible, preferiblemente de la zona de influencia, con el fin de atender un mercado emergente para la conservación de un recurso natural como lo es el agua, a través de la utilización del agua lluvia.
- 3) Reto 3. Se requiere de la implementación de nuevas tecnologías, acordes al desarrollo técnico actual, para la captación, conducción, almacenamiento y distribución del agua lluvia, a fin de implementar el uso de la misma en unidades sanitarias y de mantenimiento en una institución educativa.
- 4) Reto 4. Implementar al interior de la empresa alternativas de índole ambiental sostenible que permitan la implementación del diseño de infraestructura de obras civiles dirigidas al ahorro del agua potable, por medio del uso del agua lluvia.

- 5) Reto 5. Generar alianza estratégica con otros competidores (Consortios, Uniones Temporales), que permitan la sinergia del alcance propuesto en los proyectos, tanto técnica como financiera.

Dando mayor alcance a lo expuesto anteriormente estos retos son el resultado del análisis estratégico realizado a través de las matrices POAM, PCI, DOFA y el PLAN DE IMPLEMENTACION, respectivamente. Para mayor información estas pueden ser consultadas en el Anexo 2. Guía Metodológica de direccionamiento estratégico

### ***Informe técnico***

#### **Ubicación**

El proyecto permite la implantación del sistema de recolección y aprovechamiento de las aguas lluvias provenientes de las cubiertas de la institución educativa seleccionada, siempre y cuando la misma se encuentre localizada dentro de los parámetros mínimos de precipitación pluviométrica de acuerdo a los datos suministrados por el IDEAM y en un rango mayor o igual a 100 mm/hora. Ver Figura 3. Precipitaciones máximas absolutas en 24 horas-anual.

#### **Descripción Arquitectónica**

El proyecto corresponde al diseño del sistema de captación y reutilización de aguas lluvias para un colegio de educación básica primaria de acuerdo al alcance y parámetros establecidos por el Ministerio de Educación Nacional en su programa Colegio 10; para mayor información ver anexo 1. Caracterización de espacios arquitectónicos interiores y exteriores del colegio 10

### 1) Componentes básicos del sistema

En la figura 4. Se muestran los diferentes componentes técnicos que conforman el sistema hidráulico de: captación, conducción, almacenamiento y distribución de las aguas lluvias captadas en las cubiertas de la institución educativa

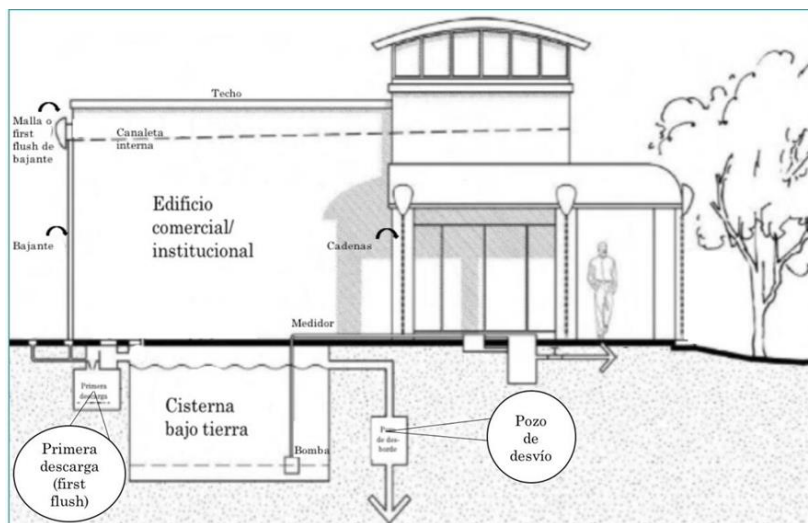


Figura 4. Componentes típicos en un edificio comercial/ industrial/institucional. Tomado de Levario, (2007 p.10).

### 2) Determinación del área de captación de agua lluvia

El área de la superficie de captación puede determinarse a partir del registro fotográfico del techo de la edificación con el uso de la herramienta Sistema de información Geográfica - SIG; también se puede hacer uso de imágenes de tipo LIDAR – aerofotogrametría (cuando estén disponibles) o utilizar drones. Ésta última opción suele ser preferible en estudios muy localizados debido a su bajo costo en comparación con otras alternativas. Esta consultoría se basa en los datos suministrados por el Ministerio de Educación Nacional- Colegio 10, formación básica primaria; con un área de cubierta establecida de dos mil metros cuadrados (2000 m<sup>2</sup>).

Existen varias formas de cubiertas las cuales dependen de la arquitectura del proyecto; a continuación, se señalan ejemplos de la morfología de algunos techos, los cuales definen la ubicación de canales y bajantes.

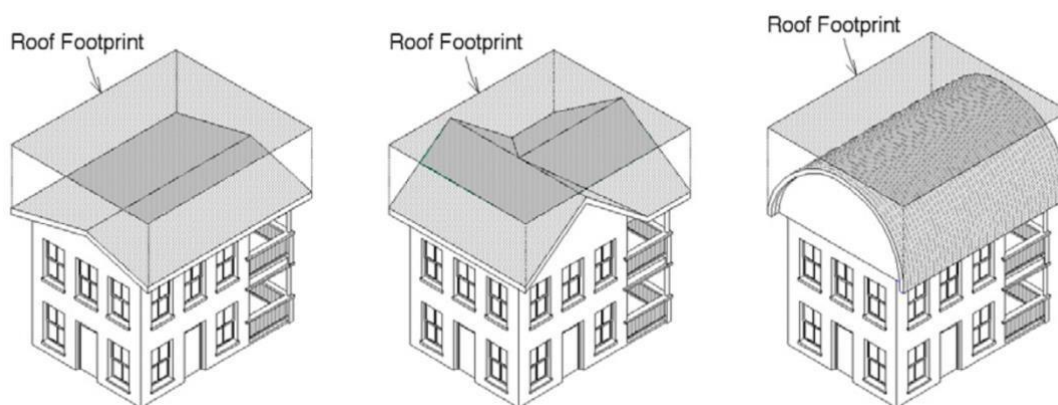


Figura 5. Tipos de techos y sus diferentes áreas de captación. Krishna, (2005, p. 29)

### ***Diseño de la Red Pluvial***

El sistema de drenaje de las aguas lluvias se compone por un conjunto de bajantes, ramales horizontales y colector(es) principal(es) de desagüe. El cálculo para los bajantes se lleva a cabo por medio de los criterios de diseño establecidos en la NTC-1500. Para definir las dimensiones de los bajantes principales se puede utilizar la Tabla 10 ó en su defecto las posteriores actualizaciones del Código Colombiano de Fontanería NTC-1500.

#### 1) Capacidad del sistema

La red de aguas lluvias debe estar capacitada para evacuar el mismo caudal generado por la precipitación instantánea, debido a que las áreas de recolección son relativamente pequeñas y no se puede considerar reducción por tiempo de concentración ya que se trata de superficies impermeables (Techados). La intensidad aceptada para diseño en edificaciones es de 100 mm/hora. En Colombia, según datos estadísticos de lluvias, esta intensidad

corresponde a una frecuencia de 5 años. Granados, (1989, citado por Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC 2016, p. 4)

Haciendo la transformación de unidades, se puede averiguar el caudal correspondiente a un (1) metro cuadrado de área:

$$I = 100 \text{ mm/hora} = 0,1 \text{ m/hora} = \frac{0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2}{3600 \text{ seg.}} = 100 \frac{\text{litros}/\text{m}^2}{3600 \text{ seg.}} = 0,2785 \frac{\text{lt}/\text{seg}}{\text{m}^2}$$

## 2) Velocidad de flujo.

Se ha encontrado que se requiere una mayor velocidad en los colectores para aguas lluvias, para arrastrar las partículas en suspensión y evitar que se decanten. Se establece este mínimo de 0,8 m/seg.

## 3) Canales y bajantes

Los techos inclinados entregan el agua inicialmente a canales de forma semicircular o rectangular. La capacidad de flujo depende de la pendiente que se deje hacia la bajante; para este proyecto se utilizara canal PVC- Amazona, cuya capacidad máxima es para 90m<sup>2</sup> de cubierta. Se sugiere instalar dos bajantes de 100mm (4") cada una, en el entendido que cada área de cubierta es de 125m<sup>2</sup> y para una escorrentía de 100mm/h, el área de captación máxima aceptada es de 321m<sup>2</sup>. Se aclara que las bajantes sugeridas tienen la capacidad de generar el arrastre de material solido que se haya podido acumular en las canales sin perder el área hidráulica requerida para el transporte del agua.

De acuerdo a la NTC 1500 capítulo 12, desagües de aguas lluvias el pre dimensionamiento de estos elementos se diseñan de acuerdo a la tabla 4:

Diámetro nominal Bajante mm	Caudal máximo L/s	Áreas máximas permitidas proyectadas horizontalmente en m <sup>2</sup> para diferentes intensidades de lluvia					
		25mm/h	50mm/h	75mm/h	100mm/h	125mm/h	150mm/h
75	4.2	600	300	200	150	120	100
100	9.1	1286	643	429	321	257	214
125	16.5	2334	1117	778	583	467	389
150	26.8	3790	1895	1263	948	758	632
200	57.6	8175	4088	2725	2044	1635	1363

Tabla 4. Fuente: Dimensionamiento de desagües principales de cubierta, ramales y bajantes de aguas lluvias. Tomado de (Icontec NTC 1500, 2004, pág. 95)

#### 4) Colectores.

Son los encargados de conducir el agua de las bajantes de agua lluvia hasta el tanque de almacenamiento. De acuerdo al área de captación a cada una de estas le corresponde un área equivalente a 125m<sup>2</sup>, el resultado del caudal dentro del colector inicial es de 1,71 lps hasta el punto de intercepción que se realiza por medio de cajas de inspección, con el fin de garantizar la limpieza y el manteniendo de estos. Según la memoria de cálculo anexo 3, el caudal final de agua que ingresa al tanque es de 55,7 lps, correspondiente a los 2000m<sup>2</sup> de cubierta(s) establecida(s) para el proyecto.

Como resultado de lo anteriormente mencionado se puede establecer que el agua captada cubre las necesidades de las zonas de servicios generales establecidos.

#### 5) Tanque de almacenamiento.

Esta estructura que se sugiere construirla en concreto reforzado, en un área adyacente a las edificaciones y en un punto donde no genere ningún obstáculo a la comunidad educativa. El volumen estimado del mismo es de 15 m<sup>3</sup> por día, para una población prevista de 250 personas y un consumo de 50 litros/día/persona, ver anexo 3 memoria de cálculo, para los diferentes usos establecidos con las aguas lluvias como son: descarga de sanitarios, orinales, pocetas de aseo, lavado de zonas comunes, riego, entre otros

### ***Diseño de la red de distribución***

#### 1) Determinación de la demanda de agua lluvia

El diseño del sistema de aprovechamiento de agua lluvia se hace con el objetivo de suplir la demanda actual de agua para la descarga sanitaria de inodoros, orinales, pocetas de aseo, llaves para riego, entre otros.

Se estima el gasto diario por cada una de las unidades sanitarias a ser utilizadas con agua lluvia con el propósito de establecer el volumen del tanque de almacenamiento.

Para el cálculo de la demanda total es necesario conocer todos los aparatos sanitarios a instalar y asignarle a cada uno su unidad de consumo (UC) correspondiente de acuerdo a la metodología de Hunter Modificado con la finalidad de determinar el caudal demandado por la edificación. La siguiente tabla 4. presenta un listado de los aparatos sanitarios y el total de las Unidades de Consumo de acuerdo a los parámetros establecidos a la NTC 1500 (tabla 3. Instalaciones mínimas de fontanería y Tabla 8. Unidades de consumo por aparatos sanitarios)

Aparato Sanitario	Cant. (NTC-1500. Tabla 3)	UC. (NTC 1500.Tabla 8.)	Subt UC
Inodoro Publico (tanque)	10	5	50
Orinal público (llave)	3	2	6
Pocetas de aseo	4	2	8
Llaves para lavado y riego	8	2	16
<b>TOTAL</b>			<b>80</b>

Tabla 4. Aparatos sanitarios y Unidades de consumo de acuerdo a la NTC 1500. Fuente: Icontec NTC 1500, 2004, (págs. 42, 52)

El caudal máximo Posible ( $Q_{max}$  en l/s) corresponde al total de unidades de consumo el cual se encuentra debidamente referenciado en la curva de demanda – grafico de Hunter, la demanda máxima probable para 80 unidades de consumo es de 2.37 lps. Para efectos de este diseño se tomará un caudal de  $Q = 2,50$  lps. (Icontec NTC 1500, 2004, pág. 53)

## 2) Red de distribución

El trazado de la red de agua lluvia para el uso de las diferentes unidades sanitarias del proyecto se realizó de acuerdo al Código Colombiano de Fontanería (NTC-1500), capítulo 6 suministro y distribución de agua.

Las tuberías que abastecen cada zona de servicio son llevadas por piso hasta la entrada de cada una de las baterías sanitarias en la cual se encuentra establecido un punto de control por medio de un registro de corte, y desde este hasta la llegada a cada una de las griferías.

Para reducir problemas por golpe de ariete se controlará la velocidad en la tubería la cual variará en el rango entre 0,6 – 2,0 m/s; de acuerdo a los cálculos estimados en el anexo 3 memoria de cálculo, el diseño la velocidad resultante es de  $V = 1,17$  m/s. lo anterior para un diámetro mínimo de  $\frac{1}{2}$  " y uno máximo de 2"; la presión mínima estará definida para cada aparato crítico, en el entendido que de acuerdo a los cálculos realizados esta se establece en un rango entre:  $P = 20$  psi- 40 psi.



El trazado de la red hidráulica de distribución externa desde la salida del cuarto de bombas hasta la llegada a cada registro de control y sus componentes principales pueden apreciarse en los esquemas que forman parte integral de la memoria de cálculo. Para mayor información revisar anexo 4. Esquema de planos generales y detalles constructivos.

5. Presenta algunas condiciones de funcionamiento para uso público de acuerdo a lo citado por la NTC-1500. Se presentan los caudales mínimos y recomendables, presiones mínimas y recomendadas de servicio.

<b>Aparato Sanitario</b>	<b>Q mín. (l/s)</b>	<b>P mín. (mca)</b>
Inodoro Publico (tanque)	0.19	3.00
Orinal público (llave)	0.19	2.00
Pocetas de aseo	0.32	2.00
Llaves para lavado y riego	0.32	2.00

Tabla 5. Caudales y presiones mínimas de operación para aparatos sanitarios. Fuente (Icontec NTC 1500, 2004, pág. 49)

### 3) Cálculo de la red crítica

El método de la ruta crítica es usado para conocer la presión mínima requerida por la edificación para que todos los aparatos funcionen eficientemente. Este método está basado en que, si se abastece al aparato más alejado y que requiere mayor presión de funcionamiento de manera automática los demás aparatos sanitarios también serán abastecidos correctamente. Los resultados del procedimiento se encuentran en el anexo 3 memoria de cálculos, donde puede apreciarse que la presión requerida para la ruta crítica es de 13,99 mca. Se contempla la posibilidad que el sanitario, como aparato crítico, se encuentra instalado en un segundo piso.

## **Conclusiones y recomendaciones**

### ***Conclusiones.***

La captación de agua de lluvia es un medio fácil para obtener una fuente de abastecimiento, que puede emplearse para diversos usos, según el tratamiento que se le aplique. Para este caso específico, el agua de lluvia es interceptada, colectada y almacenada en un tanque de almacenamiento para su posterior uso. En la captación del agua de lluvia se acostumbra a utilizar la superficie del techo, conociéndose a este modelo como WTR (Sistema de captación de agua pluvial en techos).

A partir de los datos suministrados en el programa colegio 10- 6 aulas, para el proceso de diseño e implementación de un sistema Hidráulico de Captación y Aprovechamiento de Aguas Lluvias en una Institución Educativa tipo, se puede concluir que la misma es favorable para su uso en sanitarios, Orinales, pocetas de aseo, lavado de zonas comunes, riego, entre otros; dadas las condiciones físico químicas de las mismas.

De acuerdo al pre dimensionamiento del diseño realizado en este proyecto, la captación de agua lluvia en los 2000m<sup>2</sup> de cubierta(s) para la institución educativa tipo seleccionada, colegio 10 – 6 aulas; es viable la construcción de un tanque de almacenamiento de 15 metros cúbicos. Implementando el sistema con canales, bajantes, colectores, almacenamiento, red general de distribución debidamente soportada con un equipo de presión, el costo aproximado de dicha inversión sería de ciento treinta y siete millones, setecientos ochenta y cuatro mil, doscientos cincuenta y cinco pesos M/CTE (\$137.784.255). Para mayor información consultar anexo 5.

Para realizar la viabilidad económica del sistema se ha podido determinar que el ahorro promedio por m<sup>3</sup> de consumo es de veinticinco mil cuatrocientos sesenta y siete pesos M/CTE (\$25.467), aclarando que el cargo fijo es uno solo para la totalidad del consumo; como se indica a continuación:

<b>Cuadro comparativo de costos por consumo de agua potable y agua lluvia (m<sup>3</sup>)</b>				
Descripción	Cantidad (m <sup>3</sup> )	Costo unitario (m <sup>3</sup> ) \$	Valor a pagar E.S.P \$	Valor a pagar consumo de agua lluvia \$
<b>Acueducto</b>				
Cargo Fijo	1	13607	13607	0
Consumo	1	2664	2664	0
<b>Alcantarillado</b>				
Cargo Fijo	1	6427	6427	0
Consumo	1	2769	2769	0
<b>Costo estimado</b>	1	0	<b>25467</b>	0
<b>Ahorro estimado</b>	1		<b>0</b>	<b>25467</b>

Tabla 6. Costos por consumo de agua potable y agua lluvia. Fuente, elaboración propia

Como se puede apreciar el presupuesto financiero para la implantación del diseño de utilización de agua lluvia y su repercusión a nivel económico como lo es el ahorro de agua potable, apta para consumo humano, dentro de la institución educativa, es viable ya que permite generar beneficios que contribuyen ambientalmente como lo son el uso eficiente y ahorro del agua potable en usos que no requieren en una calidad apta para su uso.

Gracias a la ubicación geográfica de Colombia el **IDEAM** ha podido establecer que en la mayoría de la superficie del territorio nacional se cumple con una intensidad mínima de 100 mm/h, lo que permite diseñar e implementar este tipo de soluciones en edificaciones, tanto a nivel público como privado.

Como ventajas para el diseño propuesto podemos tener presente las siguientes consideraciones:

- 1) Ahorro en el consumo de agua potable para fines que no sean los estrictamente necesarios.
- 2) Sustentabilidad del recurso hídrico.
- 3) Uso de un recurso natural gratuito y ecológico
- 4) Ahorro evidente y creciente en la factura del agua.
- 5) Ayuda a reducir el desperdicio de agua potable apta para el consumo humano.
- 6) El agua lluvia puede ser utilizada de manera sustancial incluso sin purificación

A su vez como desventajas de este método de abastecimiento de agua podemos señalar:

- 1) La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.
- 2) Inversión adicional en equipos de bombeo, operación y mantenimiento
- 3) Dependiendo del tamaño y nivel tecnológico del sistema, un sistema de captación de aguas lluvias inicialmente puede ser costoso; este puede recuperarse entre 10 a 15 años, lo que depende de la cantidad de lluvia.
- 4) Límite de almacenamiento, lo que puede imponer algún tipo de restricción en cuanto a la cantidad de agua lluvia que se puede utilizar ya que durante un fuerte aguacero es posible que el tanque de almacenamiento no sea capaz de retener toda el agua lluvia la cual termina en ir a los desagües.

### ***Recomendaciones.***

En el diseño de un sistema de captación y reutilización de agua de lluvia es necesario considerar los siguientes factores: técnicos, económicos y sociales.

Factor Técnico: se debe tener presente la oferta y la demanda de agua.

La oferta de agua, está relacionada directamente con la precipitación durante el año y con las temporadas de lluvia. Por ello, en el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia es necesario trabajar con datos suministrados por la autoridad competente.

La demanda de agua, depende de las necesidades y del uso al que sea destinada.

Factor Económico. Teniendo en cuenta que existe una relación directa entre la oferta y la demanda de agua, las cuales inciden en el área de captación y el volumen de almacenamiento, se concluye que ambas consideraciones están íntimamente ligadas con el aspecto económico.

Teniendo en cuenta que los resultados obtenidos nos indican la viabilidad del proyecto, se pueden buscar alternativas en cuanto a las especificaciones técnicas de materiales y equipos a utilizar para disminuir el costo de inversión, reduciendo así mismo el tiempo en la recuperación de la inversión inicial. Una de estas alternativas puede ser el cambio de material de construcción del tanque de almacenamiento en concreto por uno en material plástico, de igual forma, evaluar la posibilidad de incrementar el uso de las aguas lluvias en otras zonas de la institución educativa.

Si bien es cierto, la bibliográfica de redes para edificaciones recomienda que la precipitación que se puede estimar para Colombia es de 100 mm/h, es importante obtener datos más fiables para el dimensionamiento de estructuras, en el caso de aprovechamiento del agua lluvia captada en techos.

Los datos requeridos para el diseño deben ser suministrados por el IDEAM, Institución pública de apoyo técnico y científico al Sistema Nacional Ambiental, que genera conocimiento, produce información confiable, consistente y oportuna, sobre el estado y las dinámicas de los recursos naturales y del medio ambiente. El IDEAM le hará entrega de la información de manera gratuita, es decir sin costo alguno. (Quiroga, 2016, pág. 50).

Con el objetivo de controlar el consumo y de garantizar en todo momento operativo el uso eficiente del agua, se recomienda la instalación de un medidor de agua en la descarga del equipo de presión.

En el entendido que la edificación cuenta con conexión a red de acueducto de una E.S.P, se recomienda instalar un sistema de paso directo a la red de aguas lluvias a fin de garantizar el suministro de agua de los aparatos sanitarios conectados a este sistema, en caso de no contar con la reserva de agua lluvia en el tanque de almacenamiento de la misma.

## Referencias

- Alam, R. M., Chowdhury, M. S., Ahmed, R., & Jesmin, F. T. (2012). *Feasibility study of rainwater harvesting system in Sylhet City*. Environ. Monit. Assess.
- Arango, E. N., & Florez, C. J. (2012). 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. Cali.
- Ballén, J. A., Galarza, M. A., & Ortiz, R. O. (2006). *Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia para Vivienda Urbana*. João Pessoa: Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Água.
- Bocanegra, M. A., Ponce, O. J., Castro, M. A., Nápoles, R. F., Serna, G. M., & Halwagi, M. (2014). *Optimal design of rainwater collecting systems for domestic use into a residential development*. Resour. Conserv. Recycl. 84.
- Butler, D., & Memon, F. (2006). Water Demand Management. Londres, Reino Unido: IWA Publishing, Alliance House, 12 Caxton Street,.
- Cabulla, A. D., & Ayala, B. N. (2015). Validación del uso de agua lluvia en inodoros y llaves de riego para nuevos proyectos de vivienda. Bogota.
- Cabulla, A. D., & Ayala, B. N. (2015). Validación del uso de agua lluvia en inodoros y llaves de riego para nuevos proyectos de vivienda. Bogota.
- Carvalho, R. (30 de 06 de 2014). Consumo de Agua a Industria y artefactos sanitarios y básicos. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/231879812/Consumo-De-Agua-A-Industria-Y-Artefactos-Sanitarios-Y-Basicos-docx>
- Celis, L. D. (2017). Evaluación técnica y económica de la factibilidad del. Bogota.

- Córdoba, M. N., & Monsalve, C. (s.f.). *Tipos De Investigación: Predictiva, proyectiva, interactiva, confirmatoria y evaluativa.*
- Correa, A. G. (2018). *Importancia de incluir las aguas lluvias como abastecimiento de redes hidrosanitarias, en las normas y documentos de estudio y diseño del país.* Medellín: Institución Universitaria Colegio mayor de antioquia.
- El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). *Guía de construcción sostenible para el Ahorro de Agua y Energía en edificaciones nuevas.* Bogotá .
- Gálvez, A. S. (2014). *Modelo de captación de aguas lluvia en fachadas de edificaciones.* Medellín.
- Gálvez, A. S. (2019). *Modelo de Captación de Aguas Lluvia en Fachadas de Edificios.* Bogotá.
- Granados, J. A. (1989). *Hidraulica en las edificaciones.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Grupo de Climatología, Agroclimatología, Meteorología Marina de la Subdirección de Meteorología. (2011). *Mapas mensuales de precipitación máxima absolutas en 24 horas* .
- Helmreich, B., & Horn, H. (2009). *Opportunities in rainwater harvesting. Desalination.* desal.
- iAgua. (2021). *La falta de agua ya ha provocado 343 guerras en el mundo.* Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/maurizio-stefano/falta-agua-ya-ha-provocado-343-guerras-mundo>
- Icontec NTC 1500. (3 de Noviembre de 2004). *Dimensionamiento de desagües principales de cubierta, ramales y bajantes de aguas lluvias.* Bogotá, Colombia .
- IDEAM. (2000). *Estudio Nacional del Agua.* BOGÓTA.
- IDEAM. (2014). *Estudio Nacional del Agua .* Bogotá, D. C.
- Ideam. (2019). *Estudio Nacional del Agua 2018.* Bogotá.



- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. (2016). *Aprovechamiento de Aguas Lluvia para Riego en la Sede Central del IGAC*. Bogota.
- Jaramillo, R. A., & Chaves, C. B. (2000). Distribución de la precipitación en Colombia analizada mediante conglomeración estadística. *Cenicafe*, 112-113.
- Krishna, J. (2005). *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*. Texas: Texas Water Dev.
- Levario, H. (2007). *Design for water: Rainwater Harvesting, Stormwater*. Canada.
- López, G. R. (2014). Gestión voluntaria de la demanda de agua potable en los estratos bajo y medio-bajo de Bogotá. 9. Bogotá.
- Mun, J., & Han, M. (2012). *Design and operational parameters of a rooftop rainwater harvesting system: Definition, sensitivity and verification*. Environ. Manage.
- OMS; OPS. (2009). *Cantidad mínima de agua necesaria para uso doméstico*. Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Normas para implementar e incentivar sistemas de recolección, tratamiento y aprovechamiento de aguas lluvias y el uso racional de agua potable*. Bogota.
- Ortiz, F. W., & Bernal, V. W. (2017). Propuesta para la captación y uso de agua lluvia en las instalaciones de la universidad católica de Colombia a partir de un modelo físico de recolección de agua. Bogotá.
- Palacio, C. N. (2010). Propuesta de un sistema de captación de aguas lluvias. *Gestión y Ambiente*, 16.
- Petersen, N. G. (1999). *Clasificación general de los sistemas de captación de lluvia*.
- Quiroga, W. F. (2016). Guía metodológica para la realización de diseños hidráulicos, sanitarios y red contra incendios de proyectos con uso hospitalario en Colombia. Bogota.

- Ramírez, D. N. (23 de 11 de 2016). Análisis de Factibilidad para la Implementación de un Sistema de Aprovechamiento de Aguas Lluvias en una Planta de Producción de Lubricantes en la Ciudad de Bogotá D.C. Bogotá.
- Revista semana. (2019). *Semana*. Obtenido de <https://www.semana.com/mundo/articulo/en-video-un-mundo-que-muere-de-sed-las-guerras-del-agua-en-2019/646576/>
- Reyes, M. C., & Rubio, J. J. (2014). *Descripción de los Sistemas de Recolección y Aprovechamiento de Aguas Lluvias*. Bogotá.
- Rodríguez, D. H. (2005). *Diseños Hidráulicos, Sanitarios y de Gas en Edificaciones*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ruiz, Z., Peña, D., & Cardoso, M. (2018). *Diseño de sistema para el aprovechamiento de agua lluvia y ahorro de agua potable en el colegio la Nueva Esperanza del Municipio de la Calera – Cundinamarca*. Bogota.
- Semana. (2019). Un mundo que muere de sed, las guerras del agua en 2019. *Semana*, 1-3.
- Unesco. (21 de Marzo de 2020). *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. Obtenido de <https://es.unesco.org/news/gestion-del-agua-elemento-clave-afrentar-cambio-climatico>
- Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural. (2003). *Especificaciones técnicas de captación de agua de lluvia para consumo humano*. Lima: Organización Panamericana de la Salud.
- Waterfall, P. (2006). Harvesting Rainwater for landscape use. .
- Winterbottom, D. (2000). *Rainwater harvesting*. Landsc. Archit.

## Anexos

### Anexo 1. Caracterización de espacios arquitectónicos interiores y exteriores del colegio 10

COLEGIO 6 AULAS (7) PREESCOLAR-PRIMARIA								
CODIGO	ESPACIO	CAPACIDAD	ESPACIO	TOTAL CAPACIDAD	M2/ ALUMNO	AREA ESPACIO	TOTAL AREA	OBSERVACIONES
A-01	GRADO 0	20	2	40	2,00	40,00	80,00	Las aulas de preescolar deberán ubicarse en el primer piso
A-01	PARQUE DE EXPERIENCIAS							Salida directa desde la zona de extensión del aula. Área exterior descubierta
A-02	GRADO 1	40	1	40	1,65	66,00	66,00	Aula contigua al aula de grado 0
A-02	GRADO 2	40	1	40	1,65	66,00	66,00	
A-02	GRADO 3	40	1	40	1,65	66,00	66,00	
A-02	GRADO 4	40	1	40	1,65	66,00	66,00	
A-02	GRADO 5	40	1	40	1,65	66,00	66,00	
A-02	AULA DE NECESIDADES ESPECIALES	12	1	12	2,50	30,00	30,00	Aula para reforzamiento de necesidades pedagógicas especiales.
			8	252			440,00	
B-01	BIBLIOTECA - BILINGÜISMO	80	1	80	2,50	200,00	200,00	Prever salidas para instalación de detectores para prevenir hurto de libros
			1	80			200,00	
C-01	AULA POLIVALENTE CIENCIAS - ARTES	40	1	40	2,50	100,00	100,00	Incluye depósito independiente para Ciencias y Artes
							100,00	
F-01	AULA MÚLTIPLE	84	1	84	1,40	117,60	117,60	Espacio con vocación de uso como comedor escolar y como auditorio preferentemente.
	ÁREA EXPRESION ARTISTICA	20	1	20	2,00	40,00	40,00	Espacio con posibilidad de funcionar independiente al salón múltiple, o como tarima de presentaciones. Se debe garantizar el funcionamiento de un proscenio.
	DEPÓSITOS	80	2	80	0,10	8,00	16,00	Para almacenar material de artes y de deportes (instrumentos musicales, vestuario, colchonetas) y para mobiliario de comedor.

	COCINA	80	1	80		56	56	Incluye dotación
							208,00	
ADM-01	COORDINACIÓN - DIRECCIÓN		1		0,30	10,80	10,80	
ADM-01	ORIENTACION - ATENCIÓN A PADRES		1		0,30	7,20	7,20	
ADM-01	SECRETARIA		1		0,30	3,60	3,60	
ADM-01	SALA DE ESPERA		1		0,30	3,60	3,60	
ADM-01	BAÑO		2		0,30	3,60	7,20	
							32,40	
ADM-02	SALA DE PROFESORES	10	1		0,30	2,00	19,60	Además de área de café, baño individual por género y depósito de ayudas didácticas, debe incluir área para lockers.
	ÁREA DE CAFÉ	1	1			3,92	3,92	
	AYUDAS DIDÁCTICAS		1			3,92	3,92	
	BAÑOS (DOS UNIDADES)		2			3,92	7,84	
	DEPÓSITO EQUIPOS DE COMPUTO		1			23,52	23,52	Debe dejarse previsto alto nivel de seguridad contra hurto . Prever una salida eléctrica de 4kw por cada carro de almacenamiento de equipos.
							58,80	
SERV-01	ALMACÉN		1		0,30	3,60	3,60	Depósito general
SERV-02	PORTERIA		1		0,30	3,60	3,60	
SERV-03	TALLER		1		0,30	7,20	7,20	
SERV-04	BAÑO-VESTIER EMPLEADOS		1		0,30	14,40	14,40	Servicio por género. Incluye área para lockers y estar de café - comedor.

SERV-05	CUARTO DE BOMBAS		1		0,30	7,56	7,56	
SERV-06	BASURAS		1		0,30	3,78	3,78	Incluye poceta para lavado de canecas
SERV-07	ASEO		1		0,30	3,78	3,78	Incluye poceta lavatraperos y mueble fijo para depósito de elementos de aseo.
SERV-08	SUBESTACIÓN - PLANTA ELÉCTRICA		1		0,30	7,56	7,56	Áreas y ubicación de acuerdo a dimensionamiento preliminar del especialista eléctrico.
SERV-09	TANQUES		1		0,30	7,56	7,56	Áreas y ubicación de acuerdo a dimensionamiento preliminar del especialista hidrosanitario.
SERV-10	TIENDA ESCOLAR		1		0,30	7,20	7,20	
SERV-11	PRIMEROS AUXILIOS - ENFERMERÍA		1		0,30	15,12	15,12	Incluye área de consulta y para auscultar y baño para discapacitados.
	TOTAL SERVICIOS GENERALES						<b>141,60</b>	Espacios de servicios complementarios a la función pedagógica. Deberán responder a las condiciones de cada diseño específico.
			PERSONAS/ APARATO	CAPACIDAD TOTAL	M2 / APARATO	APARA- TOS	M2 BAÑOS	
	BAÑOS PREESCOLAR		15	40	3,60	2,67	9,60	
	BAÑOS PRIMARIA		25	200	3,60	8,00	28,80	
								Los decimales en la cantidad de unidades sanitarias resultante de cada análisis, deberá aproximarse a la unidad superior. Del total se debe destinar uno de los baños para uso de personas en estado de discapacidad con su área requerida.
							<b>38,40</b>	
	SUBTOTAL						<b>1.276,00</b>	
	ESTRUCTURA, MUROS, DUCTOS 9%						<b>114,84</b>	
	CIRCULACIONES 30%						<b>382,80</b>	
	BAHÍAS, ZONAS ESTAR Y ESTUDIO Y FORO ACADÉMICO 11%						<b>140,36</b>	
	TOTAL AMBIENTES TIPO E: 50%						<b>638,00</b>	
	SUBTOTAL CON TIPO E						<b>1.914,00</b>	
	TOTAL ÁREA CONSTRUIDA CUBIERTA						<b>1.914,0</b>	
	ÁREA POR ESTUDIANTE						<b>7,60</b>	

***Anexo 2. Guía Metodológica de direccionamiento estratégico***

***Anexo 3. Memoria de cálculos, Cantidades de Obra Uniminuto, calculo redes de agua lluvia.***

***Anexo 4. Esquema de planos generales y detalles constructivos***

***Anexo 5. Costos del Proyecto, Evaproyect***