

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 2</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-10-11</b>
		<b>PAGINA: 1 de 8</b>

**FECHA** miércoles, 22 de noviembre de 2017

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

<b>SEDE/SECCIONAL/EXTENSIÓN</b>	Extensión Soacha
<b>DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería
<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Industrial

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Sánchez Triviño	Rossy Maribel	1022388128
Ramos Ropero	Henry Alexander	1024541035

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 2</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-10-11</b>
		<b>PAGINA: 2 de 8</b>

Director(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Vásquez Ochoa	Leider Alexandra

<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>
Diseño de Almacenamiento de Aguas Lluvias en la Extensión Zipaquirá de la Universidad de Cundinamarca.

<b>SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)</b>

<b>TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía</b>
Ingeniero Industrial

<b>AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINAS (Opcional)</b>
07/11/2017	88

<b>DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar como mínimo 6 descriptores)</b>	
<b>ESPAÑOL</b>	<b>INGLES</b>
1. Agua de Lluvia	Rainwater
2. Almacenamiento	Storage
3. Captación	Catchment
4. Precipitación	Precipitation
5. Recolección	Harvesting
6. Pluviómetro	Pluviometer

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 2</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-10-11</b>
	<b>PAGINA: 3 de 8</b>

## RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres):

La ejecución del proyecto se centró en crear una propuesta de aprovechamiento pluvial en la Universidad de Cundinamarca – extensión Zipaquirá. A partir de la ingeniería conceptual, los autores pretenden dar los insumos necesarios para la consecución de un proyecto que resuelva el uso de agua potable en descargas de sanitarios, lavado de zonas comunes, fachadas, entre otros. Con este fin, se realizó un diseño para la captación de aguas lluvias en el municipio de Zipaquirá, verificando su viabilidad técnica y económica mediante el aprovechamiento de aguas lluvias.

Para el desarrollo de la propuesta se analizaron aspectos tales como: a) análisis de resultados obtenidos mes a mes por pluviometría, b) análisis estadísticos para relacionar los datos del IDEAM y los pluviómetros en temporada seca y de lluvia, c) beneficio económico para la Universidad dependiendo de la captación pluvial para determinados usos, d) evaluación y estimación de la construcción de dicho diseño de almacenamiento de aguas lluvias basándose en que la estructura de la Universidad es patrimonio cultural, e) análisis pluviométrico del sector.

Teniendo en cuenta que con el estudio realizado se obtuvo una capacidad de abastecimiento anual de 514.05 m<sup>3</sup>, valor con el cual se analizaron variables ambientales y datos importantes del presupuesto y materiales para la elaboración del sistema de almacenamiento. Así mismo, se elaboraron los planos del centro cultural debido a que al ser una casa tan antigua estos no existían. Por último, conviene subrayar que la legislación colombiana permite realizar este tipo de modificaciones a estructuras con más de 100 años de antigüedad.

En conclusión, los resultados sugieren que el aprovechamiento de agua lluvia es una elección técnicamente viable para el ahorro del agua potable. Sin embargo, es menester la inversión externa para la ejecución de este tipo de proyectos.



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 2</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-10-11</b>
	<b>PAGINA: 4 de 8</b>

### AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "x":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La conservación de los ejemplares necesarios en la Biblioteca.	x	
2. La consulta física o electrónica según corresponda.	x	
3. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	x	
4. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	x	
5. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	x	
6. La inclusión en el Repositorio Institucional.	x	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 2</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-10-11</b>
	<b>PAGINA: 5 de 8</b>

contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

**SI \_\_\_ NO \_x\_.**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 2</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-10-11</b>
	<b>PAGINA: 6 de 8</b>

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.
- e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las “Condiciones de uso de estricto cumplimiento” de los recursos publicados en Repositorio Institucional, cuyo texto completo se puede consultar en [biblioteca.ucundinamarca.edu.co](http://biblioteca.ucundinamarca.edu.co)



i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Título Trabajo de Grado o Documento.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. Diseño de Almacenamiento de Aguas Lluvia para la Extensión Zipaquirá de la Universidad de Cundinamarca.pdf	Texto
2. Planos del SCAPT en la Extensión Zipaquira.pdf	Imagen
3.Ficha Técnica Canaletas.pdf	Texto
4. Ficha Técnica Almacenamiento.pdf	Texto
5. Video Udec 2017.mp3	Video



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 2</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-10-11</b>
	<b>PAGINA: 8 de 8</b>

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA</b>
Sánchez Triviño Rossy Maribel	
Ramos Ropero Henry Alexander	

12.1.50

DISEÑO DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN LA EXTENSIÓN  
ZIPAQUIRÁ DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

HENRY ALEXANDER RAMOS ROPERO  
ROSSY MARIBEL SÁNCHEZ TRIVIÑO

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SOACHA  
2017

DISEÑO DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN LA EXTENSIÓN  
ZIPAQUIRÁ DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

HENRY ALEXANDER RAMOS ROPERO  
ROSSY MARIBEL SÁNCHEZ TRIVIÑO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de  
ingeniero industrial.

Director  
LEIDER ALEXANDRA VÁSQUEZ OCHOA  
Ingeniera Química

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SOACHA  
2017

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

## **DEDICATORIA**

Este proyecto va dedicado primero a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, a mi madre por sus consejos, sus valores y su invaluable apoyo por ser el incentivo para seguir adelante con este proyecto.

A mi familia por su incondicional apoyo que me brindaron, a mis amigos pero a uno sobre todo Henry Alexander Ramos compañero y amigo gracias por su confianza, por fin logramos esta primera pero no única meta, espero que en nuestro nuevo camino profesional todavía perdure esta amistad que creció gracias a este proyecto.

Rosy Sánchez.

## DEDICATORIA

Gracias a Dios, por darme la oportunidad de seguir con este proyecto de vida y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre Martha Rocio Ropero y mi padre Luis Enrique Ramos que aunque no está presente hizo gran parte de este logro, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron. Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti.

A mi abuela Reina María Rubio por sus sabios consejos y apoyarme en todo este proceso, mi tía Laura Ropero cada consejo lo llevo anotado en una parte de mis pensamientos, cada uno de mis familiares fueron muy importantes.

A Rossy Maribel Sánchez colega y partner en este proyecto, aportando con sus ideas, creatividad y conocimiento para el desarrollo de nuestro objetivo principal ser ingenieros industriales, que como todo en la vida debe llevar un sacrificio, pero dos hacen más que uno.

A nuestra directora de tesis Alexandra Vásquez Ochoa que con sus conocimientos encamino este proyecto para culminar con dichas metas, gracias por ese gran apoyo y siempre al tanto de que se podía mejorar.

Finalmente, a los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

Henry Ramos

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias de todo corazón a nuestra tutora Alexandra Vásquez por su paciencia, dedicación, motivación y criterio.

Gracias al ex-director Wilson Joven Sarria y a sus administrativos de la extensión Zipaquirá por brindarnos información extra y darnos la oportunidad de realizar este proyecto, por abrirnos las puertas y estar pendiente del paso a paso que se realizó para cumplir este objetivo.

Gracias a todos los docentes de la Universidad de Cundinamarca porque gracias a ellos aplicamos muchos conocimientos que nos enseñaron en este proyecto.

Gracias al IDEAM por brindarnos la información para realizar esta investigación.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>13</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>14</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>15</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>18</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2 OBJETIVOS .....	20
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	21
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>23</b>
2.1 MARCO HISTÓRICO.....	23
2.2 MARCO TEÓRICO .....	26
2.2.1 Precipitación en Colombia. ....	26
2.2.2 Ciclo Hidrológico.....	28
2.2.3 Captación agua lluvia .....	29
2.2.3.1 Factibilidad de un Sistema de Captación. ....	30
2.2.4 Componentes básicos para el SCAPT.....	30
2.2.4.1 Captación.....	31
2.2.4.2 Recolección y conducción.....	32
2.2.4.3 Almacenamiento.....	33
2.2.4.4 Otros componentes.....	33
2.2.5 Puntos clave. ....	34
2.2.6 Criterios de diseño.....	35
2.2.7 Información pluviométrica.....	35
2.2.8 Modelo de cálculos.....	36
2.2.8.1 Determinación de la demanda.....	36
2.2.8.2 Oferta mensual de agua lluvia.....	36
2.2.8.3 Determinación del volumen del tanque de abastecimiento. ....	36
2.2.8.4 Potencial de ahorro de agua potable.....	37
2.2.8.5 Dotación Diaria.....	38
2.2.8.6 Interceptor de primeras aguas.....	38
2.2.9 Análisis estadístico .....	39
2.2.9.1 Estadística Descriptiva.....	39
2.2.9.2 Prueba de normalidad.....	39
2.2.9.3 Homogeneidad de Varianzas.....	39
2.2.9.4 Prueba T de student.....	39
2.2.9.5 Chi-Cuadrado.....	39

2.3 MARCO LEGAL .....	40
2.4 MARCO CONCEPTUAL .....	42
<b>3. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>44</b>
3.1 ZONA DE ESTUDIO .....	44
3.2 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA .....	46
3.3 INFRAESTRUCTURA DE LA EXTENSIÓN .....	47
3.4 SELECCIÓN DE MATERIALES Y CRITERIOS DE DISEÑO .....	47
3.4.1 Selección de materiales.....	48
3.4.2 Criterios de diseño.....	48
3.4.2.1 Modelo de cálculos.....	48
3.5 INSTRUMENTOS.....	49
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>50</b>
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	50
4.1.1 Modelo de Cálculos.....	50
4.1.1.1 Información Pluviométrica.....	51
4.1.1.2 Datos recolectados pluviómetros caseros.....	53
4.1.1.3 Validación de la información.....	56
4.1.1.4 Cálculo volumen del tanque de agua lluvia.....	58
4.2 INFRAESTRUCTURA .....	60
4.2.1 Selección de materiales.....	61
4.3 DISEÑO DEL SISTEMA.....	64
4.3.1 Componentes del sistema.....	64
4.3.1.1 Captación.....	64
4.3.1.2 Recolección y conducción.....	65
4.3.1.3 Interceptor de primeras aguas.....	66
4.3.1.4 Almacenamiento.....	67
4.3.1.5 Potencial de ahorro agua potable.....	67
4.3.2 Materiales y presupuesto.....	68
4.3.3 Análisis costo-beneficio.....	70
4.3.4 Plan de Mantenimiento .....	71
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>82</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente de Escorrentía.....	31
Tabla 2. Distribución de áreas de la sede.....	46
Tabla 3. Matriz de Ponderación.....	48
Tabla 4. Valores de consumo y costo de agua potable en la Universidad de Cundinamarca Extensión Zipaquirá.....	51
Tabla 5. Fenómenos intervinientes en la lluvia entre 2006 y 2011 .....	51
Tabla 6. Valores de precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado para los 10 años analizados .....	52
Tabla 7. Precipitación promedio anual (2006 – 2015).....	52
Tabla 8. Ubicación de los pluviómetros en la extensión.....	53
Tabla 9. Estadísticos Descriptivos Temporada de Lluvia y temporada seca tomada por los pluviómetros.....	54
Tabla 10. Comparación de los datos pluviométricos del IDEAM contra los pluviómetros.....	56
Tabla 11. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, demanda y oferta acumulada, volúmenes de almacenamiento y potencial de ahorro de agua potable.....	58
Tabla 12. Selección de materiales recolección y conducción.....	62
Tabla 13. Selección de materiales almacenamiento.....	63
Tabla 14. Cotizaciones Materiales y Presupuesto.....	69
Tabla 15. Precipitación y oferta por días completos de cada mes.....	70

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitación en Colombia. ....	27
Figura 2. Precipitación Anual de Zipaquirá. ....	28
Figura 3. Ciclo hidrológico.....	29
Figura 4. Captación en techo .....	31
Figura 5. Canaletas con malla para evitar la contaminación por hojas. ....	32
Figura 6. Línea de tanques en polietileno .....	33
Figura 7. Placa homenaje a los mártires. Ubicada en la Sede Zipaquirá de la Universidad de Cundinamarca.....	44
Figura 8. Localización de la sede. Se aprecia una imagen del municipio de Zipaquirá, ubicando en el recuadro rojo a la extensión Zipaquirá de la Universidad de Cundinamarca.....	45
Figura 9. Pluviómetro.....	47
Figura 10. Infraestructura de la Extensión .....	61
Figura 11. Techo del Edificio Bloque B.....	64
Figura 12. Área de Captación del techo en la Universidad de Cundinamarca – Extensión Zipaquirá. ....	65
Figura 13. Techo de la extensión sin canaletas instaladas.....	65
Figura 14. Techo de la extensión con canaletas instaladas.....	66
Figura 15. Ubicación del interceptor de primeras aguas.....	66
Figura 16. Ubicación del tanque de almacenamiento .....	67

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Precipitación promedio mensual durante 10 años.....	53
Gráfica 2. Resultados toma de muestras del segundo semestre 2016.....	55
Gráfica 3. Datos Comparativos Precipitación por 8 días de cada mes según Pluviómetros VS IDEAM. ....	57
Gráfica 4. Volumen de almacenamiento de aguas lluvias por mes.....	59
Gráfica 5. Potencial de ahorro agua potable (PPWS%).....	68

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Guía del informe recolección de datos.....	82
Anexo 2. Lista de chequeo, Análisis de infraestructura. ....	85
Anexo 3. Planos de la Extensión Zipaquirá.....	86
Anexo 4. Análisis Estadístico.....	88

## GLOSARIO

**ALMACENAMIENTO:** es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario, en especial durante el período de sequía. La unidad de almacenamiento debe ser duradera e impermeable.

**CAPTACIÓN:** la captación está conformada por el techo de la edificación, el mismo que deberá contar con pendiente y superficie adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. En el cálculo se debe considerar la proyección horizontal del techo.

**LLUVIA:** es la precipitación en forma líquida que cae sobre la corteza terrestre y que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes.

**PLUVIÓMETRO:** es un aparato que sirve para medir la cantidad de precipitación caída durante un cierto tiempo

**PRECIPITACIÓN:** la precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución (es decir, precipita). El aire se satura a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad. La precipitación que alcanza la superficie de la tierra puede producirse en muchas formas diferentes, como lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo.

**SCAPT:** Sistema de captación de agua pluvial en techos.

## RESUMEN

La ejecución del proyecto se centró en crear una propuesta de aprovechamiento pluvial en la Universidad de Cundinamarca – extensión Zipaquirá. A partir de la ingeniería conceptual, los autores pretenden dar los insumos necesarios para la consecución de un proyecto que resuelva el uso de agua potable en descargas de sanitarios, lavado de zonas comunes, fachadas, entre otros. Con este fin, se realizó un diseño para la captación de aguas lluvias en el municipio de Zipaquirá, verificando su viabilidad técnica y económica mediante el aprovechamiento de aguas lluvias.

Para el desarrollo de la propuesta se analizaron aspectos tales como: a) análisis de resultados obtenidos mes a mes por pluviometría, b) análisis estadísticos para relacionar los datos del IDEAM y los pluviómetros en temporada seca y de lluvia, c) beneficio económico para la Universidad dependiendo de la captación pluvial para determinados usos, d) evaluación y estimación de la construcción de dicho diseño de almacenamiento de aguas lluvias basándose en que la estructura de la Universidad es patrimonio cultural, e) análisis pluviométrico del sector.

Teniendo en cuenta que con el estudio realizado se obtuvo una capacidad de abastecimiento anual de 514.05 m<sup>3</sup>, valor con el cual se analizaron variables ambientales y datos importantes del presupuesto y materiales para la elaboración del sistema de almacenamiento. Así mismo, se elaboraron los planos del centro cultural debido a que al ser una casa tan antigua estos no existían. Por último, conviene subrayar que la legislación colombiana permite realizar este tipo de modificaciones a estructuras con más de 100 años de antigüedad.

En conclusión, los resultados sugieren que el aprovechamiento de agua lluvia es una elección técnicamente viable para el ahorro del agua potable. Sin embargo, es menester la inversión externa para la ejecución de este tipo de proyectos.

**PALABRAS CLAVE:** Agua lluvia, Almacenamiento, Captación, Precipitación, Recolección.

## ABSTRACT

The project's execution focused on creating a proposal for rainwater harvesting at the University of Cundinamarca - Zipaquirá extension. Based on conceptual engineering, the authors intend to provide the necessary inputs for the achievement of a project that solves the use of drinking water in the flushing of toilets, the washing of common areas, facades, among others. To this end, a design was carried out to collect rainwater in the municipality of Zipaquirá, verifying the technical and economic viability of rainwater harvesting.

For the development of the proposal, we analyzed aspects such as: a) analysis of results obtained month to month by pluviometry, b) statistical analysis for to connect the data of IDEAM and pluviometers in dry and rainy season, c) economic benefits for the University depending on the catchment Rainwater for certain uses, d) the evaluation and estimation of the construction of such rainwater storage design based on the fact that the University structure is cultural heritage, e) rainfall analysis of the sector.

Taking into account that the study carried out, an annual water supply capacity of 514.05 m<sup>3</sup> was obtained, a value with which environmental variables and important budget data and materials for the storage system were analyzed. In addition, the plans of the cultural center were elaborated because to be a house so old these did not exist. Finally, it should be emphasized that Colombian legislation permits such modifications to be made to structures that are more than 100 years old.

In conclusion, the results suggest that rainwater harvesting is a technically viable choice for saving potable water. However, external investment is required for the execution of these types of projects.

**KEYWORDS:** Rainwater, Storage, Catchment, Precipitation, Harvesting.

## INTRODUCCIÓN

El propósito de este proyecto se fundamenta en brindar todas las recomendaciones necesarias para crear una alternativa de ahorro de agua potable y así disminuir su desperdicio, recolectando agua de lluvia para almacenarla y reutilizarla en usos no aptos para consumo humano en la Universidad de Cundinamarca Extensión Zipaquirá.

El agua dulce se está convirtiendo en uno de los problemas más críticos de los recursos naturales y a medida que la población mundial se multiplica, implica una gran y exigente demanda que no lograra ser suficientemente satisfecha por la cantidad de líquido dulce disponible en la tierra. Lambertini (2017) describe que, el 2016 fue el año más caluroso y menciona que en casi 40 años el mundo ha evidenciado una disminución de aproximadamente un 60% en la vida salvaje terrestre y marina debido a su uso inadecuado. Sin embargo, debido a la contaminación, aumento de la demanda, sobreexplotación minera y escasez de agua es indispensable buscar alternativas para la renovación y reutilización de este líquido que es fundamental para el ser humano.

La finalidad de esta propuesta es entender la problemática y aportar algo que pueda ayudar a mitigar la escasez de este recurso y así darle un uso al líquido pluvial dentro del área sanitaria captando agua lluvia en una institución superior, no solo para aprovecharla al máximo sino también concientizar al ser humano planteando una necesidad de establecer y reforzar la utilización del recurso pluvial.

Para ilustrar mejor, en América latina estos sistemas de captación fueron empleados por las culturas prehispánicas. Actualmente, estos proyectos se han puesto en marcha en varios Colegios y Universidades considerándolos como una alternativa viable a los sistemas de distribución generando beneficios ambientales, sociales y económicos. En Colombia ya existen algunas edificaciones de tipo institucional para el tratamiento del agua lluvia utilizándose como una opción para el riego y lavado de zonas duras y fachadas, entre otros.

Por consiguiente, se creó como herramienta fundamental para este proyecto tres pluviómetros para comprobar los datos que fueron recolectados por el IDEAM, esto ayudó y proporcionó soluciones que brindaron una información verídica de la precipitación en la sede y aproximadamente cuanto se logró captar de este líquido pluvial. De manera que, al diseñar un sistema de captación de aguas lluvias para techos (SCAPT) se debió realizar un estudio previo como: El terreno, el área de captación de agua lluvia, el cálculo de la precipitación pluvial en el municipio, consumo de la población estudiantil, precipitaciones del sector, también el alto costo del proyecto y si la Universidad está dispuesta a invertir en ello y así, de esta forma aportar para el diseño de estos sistemas de ahorro de líquido potable aprovechándolas en usos no aptos para consumo humano, como lo son las

descargas de sanitarios, el lavado de zonas comunes, entre otros. Por otro lado, para la elaboración de este diseño se requirió de una selección de materiales, precios, infraestructura y diferentes factores de modo que la extensión se encuentra ubicada en un centro cultural (100 años de antigüedad) del municipio.

Considerando lo anteriormente expuesto, el proyecto plantea la necesidad de establecer y reforzar la captación del agua lluvia al interior de la Universidad de Cundinamarca – extensión Zipaquirá. No sólo para aprovechar al máximo este líquido sino con el propósito de concientizar a la población universitaria sobre esta problemática, siendo este un diseño de bajo costo, fácil implementación y mantenimiento.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial el recurso hídrico existe de manera natural bajo distintas formas y lugares (aire, océano y suelo), abarcando el 70% de la superficie terrestre. Se presume que el 97% es oceánica y el 3% es dulce. A su vez, esta pequeña porción se encuentra distribuida principalmente en casquetes de hielo y glaciares, mientras que las aguas superficiales corresponden a tan sólo el 1%, dificultando su accesibilidad, ya que el 0.4% de este recurso está disponible en condiciones óptimas para ser utilizadas por los seres vivos (UNESCO, 2003).

A su vez tres cuartas partes de las precipitaciones anuales caen en zonas que contienen menos de un tercio de la población mundial. Por ejemplo: 20% de la escorrentía media global por año corresponde a la cuenca amazónica con menos de 10 millones de habitantes. Además, al analizar la población con la disponibilidad de este líquido, se puede observar que Europa posee 13% de población y solamente 8% de acceso a este recurso, en cambio Asia tiene 60% de la población mundial y sólo el 36% de agua. El contraste con India es aún mayor, siendo el segundo país más poblado del mundo dispone de 2.240m<sup>3</sup> por persona/año, la cual disminuye anualmente debido a dos causas, en primer lugar, a su fuerte crecimiento demográfico y en segundo lugar por el desarrollo económico en que está inmerso el país. En América, dada la creciente demanda, muchas fuentes de agua están sometidas a una fuerte presión y algunas se encuentran al límite de sus capacidades, así mismo cuenta con el 14% de la población mundial y disfruta de 41% del recurso en cuestión. De esta cifra, a Sudamérica le pertenece el 26%; es de resaltar, que hay otros factores que sobresaltan la demanda de este recurso tales como la agricultura, los cultivos ilícitos, los pastos para ganadería, la minería, la urbanización, entre otros afectando la pérdida de ecosistemas tal como sucede en México (Agudelo, 2005) (Díaz Pulido et al., 2009) (Fayanas, 2011) (Tromben, 2011).

Diversos autores proponen que en América del Sur existe una relación directa entre las altas tasas de natalidad y la escasez de fuentes hídricas aptas para el consumo humano. Reflejo de lo anterior, es Venezuela en donde su explosión demográfica afecta de manera directa la disponibilidad del agua en las fuentes de extracción (superficiales en todos los casos), lo cual genera conflictos poblacionales por el recurso. También, en este país el consumo promedio por habitante es de 400 litros diarios, lo cual es una tasa alta si tenemos en consideración que la Organización de Naciones Unidas establece que 180 litros es el promedio aconsejable. Mientras que, en Colombia este recurso no está disponible de manera equitativa y más del 50% no se puede utilizar por problemas de calidad. Hay que mencionar, que este fenómeno afecta 318 municipios, en zonas como: la Guajira, Huila, Cauca, Nariño, Valle del Cauca, Tolima, Cundinamarca, Risaralda, Caldas y Quindío, que no sólo

están en riesgo de desabastecimiento de agua generando un "estrés hídrico" por el crecimiento desmedido de la población sino también con la dificultad de extraer este líquido de pozos subterráneos debido al alto costo de tecnologías (esta situación se denomina "escasez económica") (Armao & Luzardo 2011) (Beleño, 2011) (Fortuño, 2017).

Dicho lo anterior, en las regiones el sistema hídrico colombiano se ha visto alterado debido al transporte de sedimentos y sustancias tóxicas. Por ejemplo, la región Andina se ha visto afectada por la incidencia marcada de los corredores industriales ubicados en cuencas, hecho que se replica entre los departamentos que lo componen entre ellos el de Cundinamarca. Afectando la calidad del río Magdalena, Sumapaz, Suarez y varios embalses. Al interior de este departamento, la mayoría de sus provincias han sufrido escasez de agua durante muchos años a raíz de acueductos insuficientes, lo que ha desencadenado que más de 23 municipios se vean afectados por ausencia de este líquido (Aguilera, 2016) (IDEAM, 2015).

De manera semejante como sucede en otros municipios de la región, en Zipaquirá se presenta una problemática de contaminación y despilfarro debido a: (i) El aumento de la población ha incrementado los últimos 6 años (entre 12.000 y 15.000 personas), por consiguiente, el municipio cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) que abastecen al 45 % de los habitantes. (ii) El aumento de actividades de ganadería y cultivo de papa que aportan pesticidas, fertilizantes y herbicidas disminuyendo la vegetación nativa afectando los páramos y reduciendo las áreas productoras de este líquido entre 22.000 a 15.000 hectáreas (González et al., 2015).

Finalmente, en la extensión Zipaquirá, al igual que en la ciudad, se ve impactada no sólo por los mismos factores socio-ambientales sino también por el incremento de la población estudiantil dentro de la sede. De ahí que, la demanda de agua aumentará paulatinamente y sus costos se elevarán por el consumo de este líquido potable de manera progresiva, por ende, se requiere aprovechar la pluviosidad del sector, de modo que se pueda brindar un beneficio ambiental y así mismo reducir los gastos económicos en la Universidad.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Proponer un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias de fácil implementación y mantenimiento, como alternativa para el ahorro de agua potable en la extensión de Zipaquirá Universidad de Cundinamarca.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Validar la información de las precipitaciones pluviales en la Universidad de Cundinamarca extensión Zipaquirá dadas por el IDEAM durante temporada seca y temporada de lluvia.
- Analizar la infraestructura de la Universidad de Cundinamarca extensión Zipaquirá con el fin de evaluar el impacto de la implementación.
- Diseñar el sistema de almacenamiento de aguas lluvias en la sede Zipaquirá de la Universidad de Cundinamarca.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso fundamental para el desarrollo de la vida, pero el ser humano no toma conciencia de su uso adecuado. A través de los años, se ha evidenciado la creación de campañas y proyectos de ahorro a las riquezas proporcionadas por la naturaleza. Existe, empero un aumento de la contaminación industrial, de la sobreexplotación de recursos y esto implica el despilfarro de estos tesoros naturales escasos y no renovables (Jauraritz, 1993).

Es decir, ante la urgente necesidad que hay en el mundo por el desabastecimiento de agua se han ido implementando sistemas de captación pluvial para disminuir los efectos de sequía. Por ejemplo, en la región semiárida de Brasil más de 15 millones de personas se ven afectadas por la falta de este recurso hídrico y se han creado más de 12.000 sistemas de almacenamiento, en ferro-cemento, con la meta de llegar a 1 millón. De igual manera, en Nicaragua solo el 28% de la población rural tiene acceso al agua, por eso instalaron sistemas de captación pluvial (Ley N° 48, 2017).

Avanzando en nuestro razonamiento, las principales ventajas que se obtienen al poner en funcionamiento estos sistemas de captación pluvial son los siguientes: (i) el agua lluvia es gratis, los únicos costos son los de recolección, almacenamiento y distribución, (ii) se reduce en cierta medida las inundaciones y la erosión, (iii) es una tecnología que se está utilizando por ser económica, social y ambientalmente aceptable, (iv) 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 este líquido potable (CEPIS, 2004).

Por otro lado, Colombia al ser un país tropical tiene en gran parte de su territorio los niveles de pluviosidad óptimos para desarrollar sistemas de captación de agua lluvia de bajo costo. Debido a la alta disponibilidad de aguas superficiales y al buen suministro de agua potable de gran parte de las regiones, muy pocas comunidades y empresas se preocupan por diseñar sistemas de almacenamiento pluviales para uso doméstico, empresarial y educativo. A pesar de lo anterior, los proyectos que hay son casi una novedad y no existe una cultura de ahorro de los recursos hídricos, además de esto varios proyectos se basan en potabilizar el agua lluvia. Sin embargo, estudios realizados deducen que en Colombia la escorrentía pluvial no es apta para consumo humano debido a que presenta altos niveles de metales como el plomo (Pb), zinc (Zn), cadmio (Cd) y cobre (Cu). Concluyendo que el agua lluvia puede ser adaptada para usos domésticos como vaciado de sanitarios, lavado de pisos y fachadas entre otras, de modo que es necesario optimizar este recurso hídrico utilizando técnicas de aprovechamiento del líquido pluvial, en zonas con niveles importantes de precipitaciones para usos educativos e institucionales. (Ospina & Ramírez, 2014).

Para efectos de este proyecto, se diseñó un sistema de captación de agua lluvia teniendo en cuenta, la antigüedad del Centro Cultural (100 años) y las limitaciones jurídicas que establecen el cuidado de este patrimonio, con respecto a construcciones adicionales. De tal forma que, este proyecto pretende ser un aporte a la extensión Zipaquirá en la medida que busca que los estudiantes, docentes y administrativos fomenten en ellos una educación ambiental y lo importante que es reutilizar el agua lluvia para mejora de nuestro ecosistema. En general, para el descargue de cisternas se están consumiendo aproximadamente de 8 a 10 litros de este recurso potable, por esto es importante aprovecharla para potenciar una armonía con el medioambiente y mejorar el ámbito social.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 MARCO HISTÓRICO

El sistema de aguas lluvias ha sido practicado como primera fuente de abastecimiento, consumo y vía de transporte en diferentes épocas y culturas desde los inicios de la humanidad (González Villareal, 2014). La recolección y almacenamiento de este líquido pluvial comienza sus estudios hace más de seis mil años en China, cuatro mil en Yemen y la península arábiga, tres mil en Mesoamérica y dos mil en Siam. Cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta comenzó el desarrollo de formas de captación de aguas lluvias, como alternativa para el riego de cultivos y el consumo doméstico (Molina, 2015).

Los primeros en explicar este tema fueron Evenary et al. (1968), quienes documentaron que en el desierto del Negev está localizada una de las instalaciones de cosechas de escorrentía más temprana y declara que ésta instalación, fue construida hace unos 4.000 años. De ahí en adelante continuo el uso de captación de agua lluvia por todos los continentes; en India se tiene conocimiento que al inicio de la era budista, los monjes vivían en zonas montañosas y en una caverna cercana o en Bombay, labraron en la roca una serie de canaletas y cisternas para almacenar este líquido de donde dependían las comunidades de alrededor para satisfacer sus necesidades domésticas. En Loess Plateau en la provincia de Gansu en China existían pozos y jarras para la recolección pluvial desde hace más de 2.000 años y en Irán se encuentran los “*abarbans*”, los cuales son los sistemas tradicionales locales para la captación y almacenamiento de aguas lluvias (Ballen et al., 2006).

En la época prehispánica en Centroamérica se conoce el caso del Imperio Maya donde sus reyes distribuían los trabajos entre sus súbditos, ocupándose de la construcción de obras públicas aprovecharon los cenotes y las cuevas de formación natural, producto de la filtración pluvial a través de la superficie de piedra caliza, como medio de captar y almacenar agua de lluvia, fue esa riqueza de cenotes la que permitió el florecimiento de la cultura maya. Los mayas contaban con tres formas de abastecimiento de este líquido: las naturales, las adaptadas y aquellas efectuadas por el hombre. De manera que, se encontraron los sistemas de almacenamiento como pozos, hondonadas y depósitos o aljibes subterráneos denominados chultunes, utilizando materiales para la conducción de este recurso como declives poco pronunciados, elevaciones o saltos hidráulicos ubicados a cierta distancia para aminorar la velocidad del agua, ramificaciones y reposaderos (Herrera Monroy, 2010).

Con la llegada de los españoles en el siglo XIV se adaptaron distintos sistemas para la obtención y almacenamiento del agua. Por ejemplo, los monjes franciscanos

construían sus norias sobre los cenotes y de paso lograban realizar su política de congregación de indígenas con lo cual se introdujeron en forma manual los acueductos, viajes de agua, norias y otros artificios por lo que fueron olvidando los chultunes como sistema de almacenamiento (Fernandez Perez, 2009).

Siglos después el uso de aprovechamiento pluvial decreció debido a la imposición de métodos y obras para la utilización de este líquido superficial y subterráneo como presas, acueductos, pozos de extracción y sistemas de irrigación. Hasta que en el siglo XIX y XX las ciudades de la mayoría de los países experimentan un gran crecimiento, realizando el suministro de agua a la población por medio de la acumulación para luego ser distribuida por una red centralizada de acueducto. En otras ocasiones se acudió a la explotación del recurso hídrico subterráneo. En cualquiera de los casos se elimina la posibilidad de sistemas de aprovechamiento u otros sistemas alternativos (Ojeda, 2013).

A comienzos del siglo XXI la situación es diferente, en muchas regiones semiáridas del mundo se establecieron poblaciones que se desarrollaron de manera vertiginosa, ejerciendo presión sobre las fuentes finitas de agua. En periodos secos este líquido no es suficiente para el abastecimiento de estas poblaciones, y se dan conflictos sociales por su escasez y/o sus altos costos. En los últimos tiempos, el aprovechamiento pluvial ha sido muy poco utilizado y hasta casi completamente ignorado debido a que las tecnologías en el aprovechamiento y transporte de aguas superficiales ha tenido un gran desarrollo permitiendo abastecer a las ciudades. Sin embargo, se sabe que estas tecnologías no siempre son reguladas y que sus fuentes se están agotando poco a poco por suplir esa necesidad se ha optado con la explotación de aguas subterráneas, para lo cual usan métodos muy invasivos que contaminan el flujo de este líquido y en algunos casos causa el descenso de la capa freática (Ballen et al., 2006).

Actualmente, estos sistemas se han puesto en marcha en varias instituciones educativas entre ellos está el edificio de programas universitarios de la Universidad Autónoma de México este diseño consiste en captar el agua de lluvia, pre filtrarla, almacenarla en una cisterna armable y darle un tratamiento completo de purificación dentro del edificio (EcoPuma, 2014). De la misma forma, León (2016) obtuvo resultados para aprovechar los recursos hídricos en zonas residenciales de la ciudad de Lima realizando una investigación a partir de un modelo sostenible en el tiempo.

A modo de antecedentes, hallamos que Cambindo (2014) realizó una propuesta de diseño de un sistema de captación de este líquido pluvial y tratamiento de aguas grises en la Escuela de Educación Básica Fiscal Mixta Camilo Borja en la ciudad de Esmeraldas, Ecuador, satisfaciendo gran parte de los requerimientos de recursos potables en ese establecimiento debido a que el déficit hídrico en esa ciudad es bastante crítico y el abastecimiento es racionado. Fue también relevante, Figueroa & Guaraglia (2014), que implementó en Uruguay un mecanismo de agua potable en

el edificio de arquitectura de la Universidad de la Republica proyectando una capacidad de ahorro del 30% en el establecimiento.

A nivel nacional, se encontró que Estupiñan y Zapata (2010) realizó un estudio para los requerimientos de infraestructura para el aprovechamiento del agua lluvia en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana. El autor demostró la factibilidad para transformar este problema en una oportunidad de aprovechamiento, utilizando este líquido como alternativa de suministro para diversos usos, generando un nuevo concepto de "campus sostenible". Por esta razón los requerimientos de infraestructura fueron determinados de acuerdo con la concepción de una metodología científica y escalable basada en criterios técnicos, financieros y de sostenibilidad ambiental referentes a la gestión y uso eficiente del recurso hídrico.

En cuanto a la recolección de aguas lluvias Borrero et al. (2010), presentan un análisis de viabilidad económica y técnica del aprovechamiento del líquido pluvial como una alternativa para el riego y el lavado de zonas duras y fachadas, también en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá). Por su parte, Palacio (2010) encontró como ingeniería conceptual diseñar un sistema de aprovechamiento en la Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia, como alternativa de ahorro para este recurso potable en usos tales como la descarga de sanitarios, el lavado de zonas comunes, entre otros. En contraste a esta alternativa los estudios de Palacio (2010) y Borrero et al. (2010) arrojan que lo más importante es cubrir la demanda hídrica total de lo analizado y destinar este recurso en actividades que no sean aptas para consumo humano.

De igual forma en la ciudad de Bucaramanga Sanabria & Perez. (2012), estudiaron la forma de captar agua lluvia en el estadio de la Universidad industrial de Santander para utilizarla en un sistema de riego por aspersion como alternativa de ahorro del recurso potable. Giraldo (2016) planteó un diseño en la ciudad de Pereira para abastecer con agua lluvia las viviendas eco-sostenibles para la fundación de rehabilitación cristiana kirios para necesidades básicas y además para contribución con el medio ambiente. De este modo Ballen et al. (2006), indican que en la sede Bogotá de la Universidad Nacional se puso en marcha la creación de un sistema en el edificio de Posgrados de Ciencias Humanas en el cual se capta agua lluvia que es llevada a un tanque subterráneo, desde el que se bombea agua para la descarga de los inodoros, y alimentar las fuentes y los espejos de agua.

Igualmente en la Universidad de Cundinamarca Giraldo Ruiz (2016) realizó una propuesta de diseño de un sistema de captación de aguas pluviales en la extensión Soacha como una alternativa de ahorro del líquido potable basándose en actividades para riego de zonas verdes, descarga de sanitarias, limpieza de zonas comunes, entre otros. En el proyecto desarrolló cuatro aspectos principales: (i) análisis bibliográfico de varios sistemas de captación de agua lluvia, (ii) cálculo de los volúmenes disponibles de agua lluvia en la zona evaluada, (iii) valoración del

presupuesto para la construcción del sistema y (iv) simulación del sistema captador elaborado.

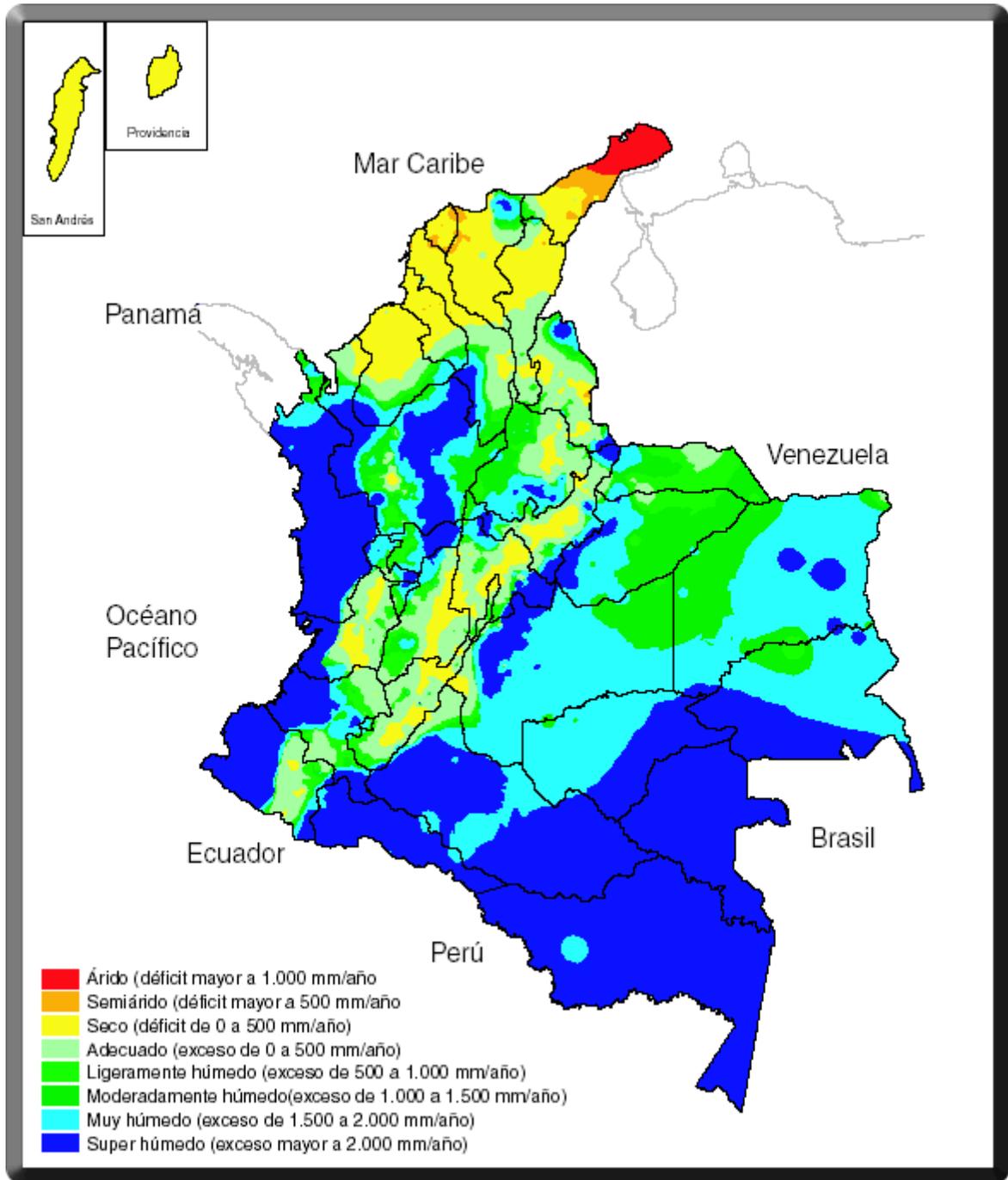
## 2.2 MARCO TEÓRICO

**2.2.1 Precipitación en Colombia.** La distribución de la precipitación en Colombia está determinada por las variaciones espacio – temporales de la Zona de Confluencia Intertropical y por la influencia de los sistemas de circulación general de la atmosfera de la zona tropical y subtropical. De modo que, estas características son las que generan la diversidad climática en Colombia, por lo cual manifiesta una distribución heterogénea de las lluvias (Ver Figura 1). Sin embargo, cuando se presenta un evento La Niña, la probabilidad de que las precipitaciones estén por encima de lo normal están dadas entre el 60 al 70% afectando la climatología trimestral (octubre y noviembre) especialmente en la región Andina y Pacífica. No obstante, al presentarse un evento de El Niño, los trimestres más afectados son los primeros y los últimos (diciembre, enero y febrero) con probabilidad hasta de un 90% de disminución en la precipitación implicando sectores de las regiones Caribe y Andina (Arango et al., 2013) (Comité Técnico Asesor Sud América - SAMTAC, 2000).

Con respecto al municipio de Zipaquirá se deben tener en cuenta los meses y localizaciones en que se generan mayores precipitaciones para así poder tener buen desarrollo del sistema recolector. *"La zona nororiental y parte central del distrito capital, presentan una precipitación entre 500 y 1000 mm anuales"* (IDEAM, 2010, p.6). En el municipio se presentan dos periodos altos de lluvias los cuales son (abril-mayo y octubre-noviembre) y con periodos menores (diciembre-enero y julio-agosto), el resto del año se genera lluvias medias como se puede observar en la Figura 2. Es así que, el mes más seco es enero con 26 mm, mientras que, octubre y noviembre son los meses que tienen las mayores precipitaciones del año (90 mm y 80 mm respectivamente).

El aprovechamiento de este líquido pluvial para instituciones educativas, es una práctica de fácil implementación, que permite disminuir los consumos del recurso hídrico potable, logrando así, una reducción en los gastos y así darle un uso eficiente, de manera que aquellos procesos en los cuales el líquido potable no es necesario puedan ser abastecidos por el agua lluvia (Palacio , 2010).

Figura 1. Precipitación en Colombia.



Fuente: [www.todacolombia.com/geografia-colombia](http://www.todacolombia.com/geografia-colombia) (2014).

**Figura 2. Precipitación Anual de Zipaquirá.**

<b>Parámetros climáticos promedio de Observatorio Meteorológico Nacional, Zipaquirá (1980-2011)</b>													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima media (°C)	20	19	17	17	19	20	20	16	17	17	18	20	17
Temperatura media (°C)	13	12	11	12	12	11	11	10	11	11	11	13	11.5
Temperatura mínima media (°C)	7.6	8.4	9.5	9.7	9.7	9.5	9.2	8.9	8.7	9.0	9.2	8.0	9
Temperatura mínima absoluta (°C)	-1.5	-5.2	-0.4	0.2	0.2	1.1	0.4	0.4	0.3	1.8	0.5	-1.1	-5.2
Precipitación total (mm)	26	57	69	77	80	49	49	31	61	90	80	44	713
Días de lluvias (≥ 1 mm)	7	10	10	13	15	15	15	15	11	16	14	10	151

Fuente: Elaboración propia tomado del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

**2.2.2 Ciclo Hidrológico.** Según Campos Aranda (1998) refiere que es un término descriptivo aplicable a la circulación general de la tierra mencionándolo como una sucesión de etapas que atraviesa el recurso hídrico al pasar de la atmosfera a la tierra. Considerando que este movimiento se fundamenta por dos causas: la primera, el sol que proporciona la energía para elevar este líquido (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento). Aunque, no toda la precipitación llega al terreno, puesto que, una parte se evapora durante su caída y la otra es retenida por la vegetación, edificios o carreteras (Ver Figura 3).

En otras palabras, el IDEAM (2015) lo describe como el transportador de masas de agua a través de la atmosfera a la tierra y su retorno a la misma. Define que, para el análisis del ciclo hidrológico se deben considerar variables como la precipitación, infiltración, escorrentía, evaporación y transpiración, de forma que el único componente de entrada al ciclo es la precipitación, mientras que las salidas están representadas por la evaporación, la transpiración, la infiltración y la escorrentía.

Figura 3. Ciclo hidrológico



Fuente: [www.ciclohidrológico.com](http://www.ciclohidrológico.com)

Hay que mencionar, además que la atmósfera abarca el recurso hídrico en forma de vapor y de nube que procede (casi en su totalidad), del agua evaporada en el mar. De manera que, esta humedad es conducida por los diversos sistemas de vientos, hacia los continentes en donde se precipita en forma líquida, sólida o de condensación (rocío y escarcha). Simultáneamente el agua que cae directamente al suelo será la que transite el ciclo hidrológico; una parte de esta precipitación puede caer sobre superficies líquidas tales como: ríos, lagunas, lagos, presas, entre otros, otra parte correrá por la superficie procediendo al escurrimiento superficial o escorrentía que llega a los cauces de los ríos y a través de ellos llega al mar. Una porción de la que se precipitó en la tierra, se evapora de modo directo desde el suelo, otra por infiltración, satisfaciendo la humedad de la superficie y cuando lo satura produce el flujo subsuperficial que, como el superficial también llega a los cauces de los ríos. Es favorable tomar en cuenta que la mayor parte de los movimientos subterráneos del agua son muy lentos (Maderey Rascón, 2005).

**2.2.3 Captación agua lluvia.** La Organización Panamericana de la Salud – OPS (2001) define la captación pluvial como una técnica que permite obtener este líquido para el consumo humano y uso agrícola donde no se dispone o es escasa el agua dulce superficial para dichas actividades. La captación de este recurso pluvial para fines domésticos se realiza a nivel de techos, utilizando la superficie como sistema

de captación evitando así su contaminación. El agua lluvia después de ser interceptada, colectada, es almacenada para su posterior uso. La captación pluvial se lleva a cabo por medio de los techos, donde es conducida por medio de un sistema de canales y filtros, que se encargan de eliminar impurezas gruesas, a unos depósitos donde el recurso hídrico es almacenado hasta el momento en que será utilizada (Rodríguez Loucel et al., 2010).

**2.2.3.1 Factibilidad de un Sistema de Captación.** La Organización Panamericana de la salud – OPS (2001) afirma que, para el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia es necesario considerar los factores técnicos, económicos y sociales.

**Factor técnico:** Los factores técnicos a tener presente son la producción u oferta y la demanda de agua:

a) Producción u “oferta” de agua: está relacionada con la precipitación pluvial durante el año y con las variaciones estacionales de la misma. Por ello es necesario contar con datos suministrados por la autoridad competente del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto.

b) Demanda de agua: La demanda depende de las necesidades del interesado y los usos que quiere darle al agua.

**Factor económico:** Existe una relación directa entre la inversión requerida para implementar el sistema y el área de captación y el volumen de almacenamiento, resultando muchas veces una restricción para la mayor parte de los interesados. Identificación de los materiales y costos de la implementación del sistema para la captación de aguas lluvias.

**Factor social:** Los análisis deben considerar la conveniencia de adoptar soluciones individuales y colectivas, el tipo de material empleado en la fabricación de sus techos, la existencia de materiales alternativos en el lugar o sus alrededores y el grado de participación de la comunidad universitaria en la implementación del proyecto.

**2.2.4 Componentes básicos para el SCAPT.** El sistema de captación de agua de lluvia en techos está compuesto de los siguientes elementos: (i) captación, (ii) recolección y conducción y (iii) almacenamiento (Ver Figura 4).

**Figura 4. Captación en techo**



Fuente: Elaboración propia por medio de Sketchup.

**2.2.4.1 Captación.** La captación está conformada por el techo de la edificación, el mismo que deberá contar con pendiente (no menor a 48°) y superficie adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección.

Los materiales empleados en la construcción de techos para la captación de agua de lluvia son la plancha metálica ondulada, tejas de arcilla, paja, cemento, fibra de vidrio, madera, entre otros. Los coeficientes de escorrentía según el material se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1. Coeficiente de Escorrentía.**

Material del tejado	Coeficiente	
	Máximo	Mínimo
Calamina Metálica	0,9	-
Tejas de Arcilla	0,9	0,8
Madera	0,9	0,8
Paja	0,7	0,6

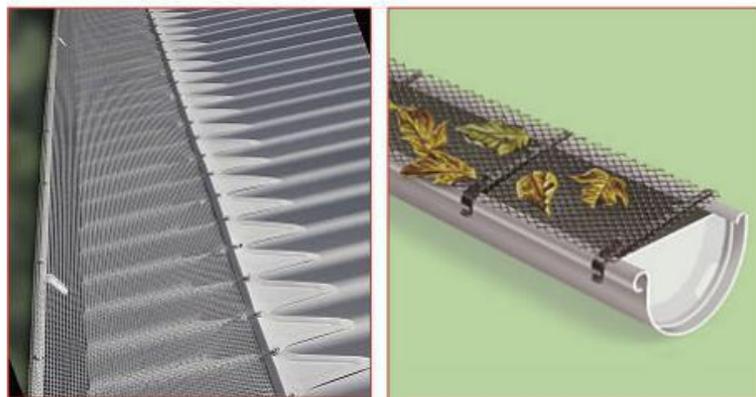
Fuente: Elaboración propia a partir del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

Las tejas de arcilla tienen buena superficie y suelen ser más baratas, pero son pesadas, y para instalarlas se necesita de una buena estructura, además que para su elaboración se requiere una buena fuente de arcilla y combustibles para su cocción. Además se debe realizar un control adecuado de cada periodo de lluvias para saber momentos exactos de captación pluvial. *“La utilización de agua lluvia no provoca conflictos a nivel de comunidad, representa tecnologías de bajas inversiones, no genera problemas de contaminación y está al alcance de todos”* (Garduño, 1998, p.5).

**2.2.4.2 Recolección y conducción.** El sistema de conducción se refiere al conjunto de canaletas que son las que conducen el agua lluvia directa al sistema de almacenamiento. Además, éstas se instalan en los bordes más bajos del techo, en donde el agua de lluvia tiende a acumularse antes de caer al suelo. El material debe ser liviano, resistente, fácil de unir entre sí, debe combinar con los acabados de las instalaciones, que no contamine con compuestos orgánicos o inorgánicos; por lo que se recomienda se coloquen mallas (Ver Figura 5) que detengan basura, sólidos y hojas, para evitar la obstrucción del flujo en la tubería de conducción. Así mismo, realizar en los techos labores de limpieza a inicio de la época de lluvias (Hernández, 2005). Para lo cual se usan comúnmente canaletas y tuberías que pueden ser de los siguientes materiales:

- Plásticas: poli cloruro de vinilo (PVC), polietileno de alta densidad o polipropileno (PP).
- Metálicas: lamina de acero galvanizado o zinc.

**Figura 5. Canaletas con malla para evitar la contaminación por hojas.**



Fuente: Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Manual de capacitación para la participación comunitaria. Floriana Hernández Martínez (2005).

**2.2.4.3 Almacenamiento.** Es el depósito destinado para la acumulación, conservación y abastecimiento del agua lluvia a los diferentes usos. La unidad de almacenamiento debe ser duradera y debe cumplir con las especificaciones siguientes:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración
- Con tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar
- Disponer de una escotilla con tapa lo suficientemente grande para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias
- Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje.

Algunos ejemplos de contenedores superficiales o subterráneos son:

- Cemento o ferrocemento
- Metálicos
- Plásticos polietileno (Ver Figura 6)

**Figura 6. Línea de tanques en polietileno**



Fuente: Manual Técnico de Tanques, [www.pavco.com.co](http://www.pavco.com.co)

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.

**2.2.4.4 Otros componentes.** Algunos componentes complementarios que influyen directamente en el sistema de aguas lluvias son los siguientes:

- Interceptores de primera lluvia. Es el dispositivo dirigido a captar las primeras aguas lluvias correspondientes al lavado del área de captación, con el fin de evitar el almacenamiento con gran cantidad de impurezas. En el diseño del dispositivo se debe tener en cuenta el volumen del líquido requerido para lavar el techo y que se estima es 1 litro por m<sup>2</sup> de techo. El tanque interceptor debe contar con una válvula de flotador que permita su llenado, cuando este alcance

el nivel deseado, la válvula impedirá el paso del agua hacia el interceptor y la dirigirá hacia el tanque de almacenamiento.

- Filtros para hojas y otros sólidos de gran tamaño. Se encargan de retirar elementos de gran tamaño que puede arrastrar la lluvia.

**2.2.5 Puntos clave.** Se realiza una lista con las principales ventajas y desventajas que representa la captación y almacenamiento de aguas lluvias en la Universidad de Cundinamarca extensión Zipaquirá:

### **Ventajas**

- La sustentabilidad es uno de los motivos por los cuales el aprovechamiento del agua de lluvia se ha vuelto popular, lo que indica índices más altos en la actualidad por captación pluvial, un gran ahorro a nivel económico y ambiental tanto para el municipio como para la extensión Zipaquirá.
- El fácil mantenimiento ya que todo lo que tiene que ver con las tuberías se deben limpiar y los tanques anualmente, lo que indica quitar las hojas, la tierra y otra suciedad antes de periodos de precipitación de lluvias. Los filtros deben inspeccionarse cada tres meses y los tanques deben controlarse para ver si tienen rajaduras.

### **Desventajas**

- Las precipitaciones suelen ser difíciles de predecir, como una de las desventajas principales de captación pluvial, a menos que se usen muchos tanques grandes de almacenamiento, puede resultar difícil almacenar suficiente agua para que rinda durante los períodos de sequía.
- El costo es un factor importante para la captación y almacenamiento de agua lluvia aunque en el futuro genera ingresos es importante y necesario contar con ayuda económica para hacer realidad el proyecto a largo plazo, por esa razón se debe hacer un buen estudio de precipitaciones en la zona que se va a realizar el diseño de captación pluvial.

Se determinan métodos para la recolección de aguas lluvia, pero lo que se debe tener en cuenta es cuál es el más adecuado al momento de almacenar y de reducir gastos para la construcción y mantenimiento del diseño, debemos analizar:

- Costo de construcción.
- Características de la estructura donde se va a realizar el diseño.
- Intensidad pluvial del municipio medida por periodos.

**2.2.6 Criterios de diseño.** Mediante este cálculo se determina la cantidad de agua que es capaz de recolectarse por metro cuadrado de superficie de techo y a partir de ella se determina:

- a) El área de techo necesaria y la capacidad del tanque de almacenamiento
- b) El volumen de agua y la Capacidad del tanque de almacenamiento para una determinada área de techo. (Banco Mundial, 1988)

Los datos complementarios para el diseño son:

- Número de usuarios.
- Coeficiente de escorrentía.
- Demanda de agua.

**2.2.7 Información pluviométrica.** Para adquirir la información pluviométrica del municipio el CEPIS (2004) menciona. "*Se toma a partir de los datos promedio mensuales de precipitación de los últimos 10 o 15 años se obtiene el valor promedio mensual del total de años evaluados*" (p.8).

$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}{n} \quad (1)$$

n: número de años evaluados

P<sub>i</sub>: valor de precipitación mensual del mes "i", (mm)

P<sub>pi</sub>: precipitación promedio mensual del mes

"i" de todos los años evaluados. (Mm/mes)

Este valor puede ser expresado en mm/mes, litros/m<sup>2</sup>, capaz de ser recolectado en la superficie horizontal del techo. Palacio (2010) menciona. "*la precipitación promedio expresada en mm, equivale a la precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado, pues se requiere de 1 mm de agua para mojar 1 m<sup>2</sup> de área*" (p.44).

**2.2.8 Modelo de cálculos.** Para elaborar el sistema de almacenamiento se necesita determinar la demanda de agua, la oferta vinculada con la precipitación de la extensión, el volumen de almacenamiento del agua lluvia y el interceptor de las aguas de lavado del techo.

Los pasos a seguir para el diseño del sistema de captación de agua de lluvia son:

**2.2.8.1 Determinación de la demanda.** A partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua necesaria para atender las necesidades de los estudiantes o docentes y personal a ser beneficiadas en cada uno de los meses.

$$Di = \frac{Nu * Nd * Dot}{1000} \quad (2)$$

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema.

Nd: número de días del mes analizado

Dot: dotación (L/personaxdía)

Di: demanda mensual (m<sup>3</sup>)

**2.2.8.2 Oferta mensual de agua lluvia.** Dado que los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de escorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes.

$$Ai = \frac{Ppi * Ce * Ac}{1000} \quad (3)$$

Ppi: precipitación promedio mensual (litros/m<sup>2</sup>)

Ce: coeficiente de escorrentía

Ac: área de captación (m<sup>2</sup>)

Ai: Oferta de agua en el mes "i" (m<sup>3</sup>)

**2.2.8.3 Determinación del volumen del tanque de abastecimiento.** Teniendo como base los valores obtenidos en la determinación de la demanda mensual de agua y oferta mensual de agua de lluvia, se procede a calcular el acumulado de cada uno de ellos mes a mes encabezado por el mes de mayor precipitación u oferta de agua.

A continuación se procede a calcular la diferencia de los valores acumulados de oferta y demanda de cada uno de los meses.

Las áreas de techo que conduzcan a diferencias acumulativas negativas en alguno de los meses del año se descartan porque no son capaces de captar la cantidad de agua demandada por los interesados.

El área mínima de techo corresponde al análisis que proporciona una diferencia.

El acumulado de la oferta y la demanda en el mes “i” podrá determinarse por:

$$Aai = Aa_{(i-1)} + \frac{Ppi * Ce * Ac}{1000} \quad (4)$$

$$Dai = Da_{(i-1)} + \frac{Nu * Nd * Ddi}{1000} \quad (5)$$

Aa1: oferta acumulado al mes “i”.

Da1: demanda acumulada al mes “i”.

$$Vi (m^3) = Ai (m^3) - Di (m^3) \quad (6)$$

Vi: volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes “i”.

Ai: volumen de agua que se captó en el mes “i”.

Di: volumen de agua demandada por los usuarios para el mes “i”.

Se seleccionara una serie de conceptos o variables y se medirá cada una de ellas independientemente de las otras, con el fin, precisamente de describirlas.

**2.2.8.4 Potencial de ahorro de agua potable.** El potencial de ahorro de agua potable se determina de acuerdo con el volumen de agua lluvia posible de ser recolectada y la demanda existente, en un mes, como se expresa en la siguiente ecuación (Ghisi & Ferreira, 2007):

$$PPWS = 100 * \frac{WR}{PWD} \quad (7)$$

PPWS: Potencial de Ahorro de Agua Potable (por sus siglas en inglés) (%)  
 WR: Volumen mensual de agua lluvia que puede ser recolectado (m<sup>3</sup>/mes)  
 PWD: Demanda mensual de agua potable (m<sup>3</sup>/mes).

La metodología planteada por el CEPIS (2004), menciona que el potencial se debe determinar con los volúmenes acumulados, es decir, la oferta de agua que puede ser recogida y captada, sobre la demanda acumulada.

**2.2.8.5 Dotación Diaria.** La dotación diaria se realiza según la fórmula que nos suministra el CEPIS, la oferta acumulada menos 1.0 m<sup>3</sup> de reserva por 1000 litros dividido por el número de días analizados en el año por el número de habitantes en la sede.

$$Dot = \frac{(Aai - 1.0 \text{ m}^3) * \left(\frac{1000 \text{ Lt}}{\text{m}^3}\right)}{Nd * Nu} \quad (8)$$

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema.

Nd: número de días en el año analizados

Dot: dotación (L/personaxdía)

Aai: Oferta de agua acumulada

**2.2.8.6 Interceptor de primeras aguas.** Éste artefacto tiene como función recolectar las primeras aguas lluvias que caen y lavan el techo, por lo tanto es necesario desviarlas para no ser almacenadas en el tanque. Su diseño, de acuerdo con los parámetros establecidos en la metodología del CEPIS, 2004, establece que se requiere un litro de agua lluvia para limpiar un metro cuadrado del techo, es decir que el volumen del tanque interceptor se calcula a partir de:

$$V_{int} = \frac{\left(1 \frac{\text{L}}{\text{M}^2} * A_{techo}\right)}{1000} \quad (9)$$

Donde,

V<sub>int</sub>: Volumen del interceptor (m<sup>3</sup>)

A<sub>techo</sub>: Área del techo a captar (m<sup>2</sup>)

**2.2.9 Análisis estadístico.** A continuación se describen las técnicas estadísticas que se realizarán para la sustentación de los resultados.

**2.2.9.1 Estadística Descriptiva.** Desarrolla un conjunto de técnicas cuya finalidad es presentar y reducir los diferentes datos observados. La presentación de los datos se realiza mediante su ordenación en tablas y su posterior representación gráfica. La reducción estadística consiste en utilizar solo un número reducido de los datos posibles para facilitar las operaciones estadísticas (Fernández et al., 2002).

**2.2.9.2 Prueba de normalidad.** Pruebas para determinar si un conjunto de datos se distribuyen de una manera que es consistente con una distribución normal (Manufacturing Terms, s.f.).

**2.2.9.3 Homogeneidad de Varianzas.** Esta prueba se utiliza para probar hipótesis acerca de la igualdad de varianza de una variable. La hipótesis nula para la prueba de homogeneidad de varianza es que la variable exhibe igual varianza dada frente a la alternativa de que la variable no exhibe igual varianza (Salgado Horta, s.f.).

**2.2.9.4 Prueba T de student.** Es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias.

Sus funciones se basan en establecer un intervalo, utilizando un nivel de confianza y los grados de libertad, obteniendo valores de una tabla dada con respecto a estas variables y aplicarla en la fórmula. Se utiliza para probar hipótesis y también para saber si dos muestras provienen de la misma población (Levine et al., 2006).

**2.2.9.5 Chi-Cuadrado.** Es el nombre de una prueba de hipótesis que determina si dos variables están relacionadas o no. Esta prueba de bondad de ajuste compara las frecuencias observadas y esperadas en cada categoría para contrastar que todas las categorías contengan la misma proporción de valores o que cada categoría contenga una proporción de valores especificada por el usuario.

Cuanto mayor sea el valor de  $X^2$ , menos verosímil es que la hipótesis nula (que asume la igualdad entre ambas distribuciones) sea correcta. De la misma forma, cuanto más se aproxima a cero el valor de chi-cuadrado, más ajustadas están ambas distribuciones (Orús Lacort, 2014).

¿Para que utilizamos una prueba de chi-cuadrado?

- Se usa para determinar si la muestra se ajusta o no se ajusta a una distribución teórica.
- Para saber si las muestras son homogéneas o no.
- Para determinar la dependencia e independencia de las variables a analizar.

## 2.3 MARCO LEGAL

En Colombia, hay gran cantidad de leyes, decretos, normas respecto al uso del agua como servicio y bien público, así mismo en tema ambiental existen también regulaciones para el uso adecuado, racional eficiente de este líquido. A continuación se enumeran algunos documentos de referencia:

- Ley 373 de 1997, en la cual se propende por el uso eficiente y ahorro del agua - Artículo 5. Reúso obligatorio de este líquido. 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.
- Ley 9 de 1979, Artículo 3. Para el control sanitario de los usos del agua se tendrán en cuenta las siguientes opciones, sin que su enunciación indique orden de prioridad: consumo humano, doméstico, preservación de la flora y fauna, agrícola y pecuario, recreativo, industrial y transporte.

Artículo 8. La descarga de residuos en las aguas deberá ajustarse a las reglamentaciones que establezca el ministerio de salud para fuentes receptoras.

Artículo 11. Antes de instalar cualquier establecimiento industrial, la persona interesada deberá solicitar y obtener del Ministerio de salud o de la entidad en quien éste delegue, autorización para verter residuos líquidos.

- Decreto 1575 de 2007, Artículo 1
- Decreto 1575 de 2007, Capítulo II, Artículo 3
- Decreto 3930 de 2010, por el cual se reglamenta 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 restringiendo la descarga de aguas residuales a cuerpos de aguas lluvias.

Para la construcción del sistema en un centro cultural también regulan decretos, leyes y resoluciones. A continuación se enumeran algunos documentos de referencia:

- Ley 1185 del 2008, Artículo 10. Debido a que la sede es un centro cultural la ley estipula ya sea por acción o por omisión, en la construcción, ampliación, modificación, reparación o demolición, total o parcial, de un bien de interés cultural, sin la respectiva licencia, se impondrán las sanciones previstas en el

artículo 66 de la Ley 9ª de 1989 y en los artículos 103 y 104 de la Ley 388 de 1997, o en las normas que las sustituyan o modifiquen, aumentadas en un ciento por ciento (100%), por parte de la entidad competente designada en esa ley.

- Ley 397 de 1997, artículo 11 (modificado por el artículo 7o de la Ley 1185 de 2008), establece el Régimen Especial de Protección de los Bienes de Interés Cultural y prevé que la declaratoria de un Bien de Interés Cultural (BIC) incorporará un Plan Especial de Manejo y Protección (PEMP), cuando se requiera; que el PEMP es el instrumento de gestión del patrimonio cultural por medio del cual se establecen las acciones necesarias para garantizar su protección y sostenibilidad en el tiempo y; que el PEMP indicará el área afectada, la zona de influencia, el nivel permitido de intervención, las condiciones de manejo y el plan de divulgación que asegurará el respaldo comunitario a la conservación de estos bienes.
- Decreto 1080 de 2015, estipula que para construcciones sobre centros culturales se requieren ciertas políticas para modificar, reparar o reformar según nivel permitido de intervención y condición de manejo. Según el artículo, el Nivel permitido de intervención son las pautas o criterios relacionados con la conservación de los valores del inmueble y su zona de influencia. Igualmente, define el tipo de obra que pueden acometerse en el área afectada y su zona de influencia, con el fin de precisar los alcances de la intervención.
- Resolución 127 de 2017, acuerda para construir sobre un inmueble cultural existen tres niveles de intervención según dicho artículo 2.4.1.1.7 del Decreto 1080 de 2015, el Nivel permitido de intervención son las pautas o criterios relacionados con la conservación de los valores del inmueble y su zona de influencia. Igualmente, define el (los) tipo (s) de obra que pueden acometerse en el área afectada y su zona de influencia, con el fin de precisar los alcances de la intervención, así:

1. Nivel 1. Conservación integral: Se aplica a inmuebles del grupo arquitectónico de excepcional valor, los cuales, por ser irremplazables, deben ser preservados en su integralidad. En estos, cualquier intervención puede poner en riesgo sus valores e integridad, por lo que las obras deben ser legibles y dar fe del momento en el que se realizaron. Si el inmueble lo permite, se podrán realizar ampliaciones, en función de promover su revitalización y sostenibilidad.

En relación con los inmuebles del grupo urbano debe garantizarse la preservación del trazado, manzanas, paramentos, perfiles, alturas, índices de ocupación, vías, parques, plazas y pasajes, entre otros. Se permite la modificación de los espacios internos del inmueble, siempre y cuando se mantenga la autenticidad de su estructura espacial: disposición de accesos, vestíbulos, circulaciones horizontales y verticales.

2. Nivel 2. Conservación del tipo arquitectónico. Se aplica a inmuebles del grupo arquitectónico con características representativas en términos de implantación predial (rural o urbana), volumen edificado, organización espacial y elementos ornamentales las cuales deben ser conservadas. Se permite la modificación de los espacios internos del inmueble, siempre y cuando se mantenga la autenticidad de su estructura espacial: disposición de accesos, vestíbulos, circulaciones horizontales y verticales.

3. Nivel 3. Conservación contextual. Se aplica a inmuebles ubicados en un sector urbano, los cuales, aun cuando no tengan características arquitectónicas representativas, por su implantación, volumen, perfil y materiales, son compatibles con el contexto.

De igual manera, se aplica para inmuebles que no son compatibles con el contexto, así como a predios sin construir que deben adecuarse a las características del sector urbano. Este nivel busca la recuperación del contexto urbano en términos del trazado, perfiles, paramentos, índices de ocupación y volumen edificado.

## 2.4 MARCO CONCEPTUAL

Durante la investigación encontramos términos fundamentales para llevar a cabo el desarrollo de esta, entre los más importantes podemos encontrar:

**Agua Cruda de lluvia:** Agua proveniente de las precipitaciones que no ha recibido tratamiento alguno, por lo que su composición química puede ser semejante a la que posee como recurso natural (IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014, 2015).

**Captación:** Consiste en recolectar y almacenar agua proveniente de diversas fuentes para su uso benéfico. El agua captada de una cuenca y conducida a estanques reservorios puede aumentar significativamente el suministro de ésta para el riego de huertos, bebederos de animales, la acuicultura y usos domésticos (CEPIS, 2004).

**Escorrentía:** La Escorrentía es la parte de la Precipitación que llega a alimentar a las corrientes superficiales, continuas o intermitentes, de una cuenca. Existen distintos tipos de escorrentías dependiendo de su procedencia: a) Escorrentía Superficial o Directa, b) Escorrentía Hipodérmica o Sub-superficial y c) Escorrentía Subterránea (Juncosa Rivera, 2015).

**Estrés Hídrico:** Sucede cuando la demanda de agua es más grande que la cantidad disponible durante un periodo determinado de tiempo o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad (Anónimo, 2008).

**Lluvia:** Es la precipitación en forma líquida que cae sobre la corteza terrestre y que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes (IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014, 2015).

**Precipitación:** La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución (es decir, precipita) (Cárdenas, marzo, 2014).

**Pluviómetro:** Un pluviómetro es un aparato que sirve para medir la cantidad de precipitación caída durante un cierto tiempo. La idea base de este dispositivo descansa en el hecho de que la lluvia se mide por la cantidad de milímetros que alcanzaría el agua en un suelo perfectamente horizontal, que no tuviera ningún tipo de filtración o pérdida (Sanz, s.f).

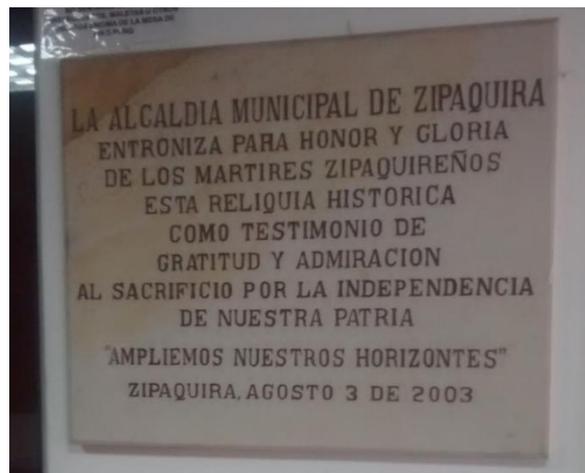
### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

Este proyecto se enfoca en una investigación de metodología mixta de tipo cualitativa descriptiva ya que para la recolección de información se aplicarán técnicas de observación, trabajo de campo y recopilación de datos de fuentes externas para la determinación promedio del clima en el municipio, esta investigación cualitativa se realiza con el fin de identificar el nivel de captación pluvial en la Universidad para actividades no aptas para consumo humano. Así mismo, la investigación tendrá también un enfoque cuantitativo ya que en el proceso donde se realiza la recolección de información en campo se realizarán unas mediciones para determinar los balances hídricos según formulas obtenidas por el CEPIS, cuantificación y costo de los materiales, cantidad de agua lluvia captada, costos de la implementación del sistema y cantidad de precipitación pluvial en el municipio.

#### 3.1 ZONA DE ESTUDIO

El proyecto va dirigido a la Universidad de Cundinamarca en la extensión Zipaquirá, dado a su alta precipitación basada en datos históricos por el IDEAM. La Universidad extensión Zipaquirá está constituida dentro de un centro de patrimonio cultural (100 años de antigüedad), Campos (2016) menciona que esta fue fundada aproximadamente en los años 1907, y que dentro de la casa está ubicada una placa que da honor a la puerta de los seis mártires que es reliquia histórica del municipio (Ver Figura 7), donde fueron fusilados seis mártires que lucharon en contra de la corona española y se convirtieron en iconos de la historia de Zipaquirá y aporte a la causa de la independencia.

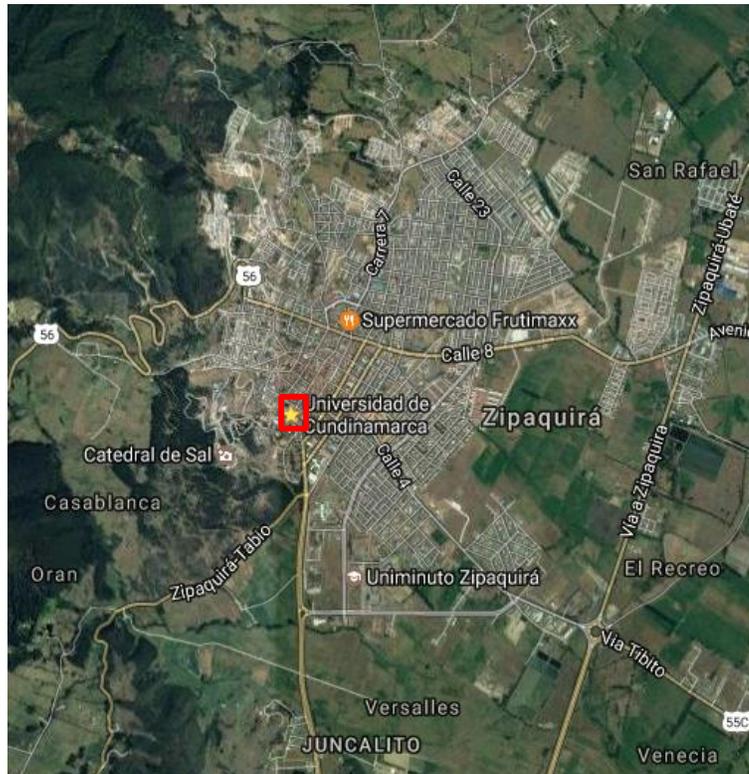
**Figura 7. Placa homenaje a los mártires. Ubicada en la Sede Zipaquirá de la Universidad de Cundinamarca.**



Fuente Propia.

La Sede de Zipaquirá dicta el programa de música y está ubicada cerca al monumento a los mineros y a 5 cuadras del parque principal de Zipaquirá (Ver Figura 8).

**Figura 8. Localización de la sede. Se aprecia una imagen del municipio de Zipaquirá, ubicando en el recuadro rojo a la extensión Zipaquirá de la Universidad de Cundinamarca.**



Fuente: Google Mapas 2017.

Esta extensión actualmente cuenta con 300 estudiantes y 20 personas entre profesores y empleados de planta, consta de tres pisos (Ver Tabla 2), Además cuenta con servicios de agua potable, alcantarillado y electricidad.

En total la extensión cuenta con un área de 1091.66 m<sup>2</sup> y un área provechosa de techos para la captación de aguas lluvias de 603.34 m<sup>2</sup>.

**Tabla 2. Distribución de áreas de la sede.**

<b>SECCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
Aulas	33
Sala de Profesores	1
Auditorios	2
Sala de sistemas	2
Cuarto de Aseo	1
Oficinas Administrativas	4
Oficina del Director	1
Patio para Recreación	1
Cocina	1
Sala de Juntas Directivas	1
Baños de chicas estudiantes	2
Baños de chicos estudiantes	2
Orinales	2
Baños Administrativos	2

Fuente Propia.

### **3.2 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA**

Basándose en las precipitaciones del municipio se realizaron los cálculos para el diseño de almacenamiento de aguas lluvias. Con el propósito de realizar el análisis de la información recolectada en el municipio de Zipaquirá, está fue adquirida del instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) y de esta manera identificar los meses menos lluviosos y los meses de temporada de lluvia. A fin de determinar la información pluviométrica y realizar la toma de muestras con los pluviómetros implementados para comparar y confirmar la información.

Se debe agregar que, los datos recolectados corresponden a los años 2006 hasta el 2015, periodo mínimo que se debe conocer para analizar los datos pluviométricos según lo menciona el CEPIS. Así mismo, con los pluviómetros (Ver Figura 9) se realizaron análisis para obtener datos propios de la información pluviométrica del sector y se compararon con los que muestra el IDEAM a fin de corroborar la temporada seca y de lluvia. Se ubicaron tres pluviómetros en distintas coordenadas dentro de la Extensión, cada uno sobre un punto plano y se procedió a medirlas dos veces por semana durante cuatros horas al día.

Dicho lo anterior, los estudios de precipitación fueron analizados comparando los datos que se hicieron con los pluviómetros los cuales fueron tomados del segundo semestre entre los meses con menor pluviosidad como julio y agosto y los más

lluviosos octubre y noviembre, dado que se tomó como muestra 8 días de cada mes. Con base a estos datos se realizó una guía para identificar las comparaciones de los cuatro meses que se midieron con los pluviómetros (Ver Anexo 1).

**Figura 9. Pluviómetro**



Fuente Propia

### **3.3 INFRAESTRUCTURA DE LA EXTENSIÓN**

Para poner en marcha el sistema de almacenamiento de aguas lluvias se requirió de un análisis previo de amenazas, potencialidades o riesgos que puedan afectar el bien en términos de paisaje, ambientes e infraestructura en la extensión, para ello se hizo una lista de chequeo (Ver Anexo 2), evidenciando en qué condición se encuentra la Universidad para aplicar lo mencionado anteriormente. Al comparar estas evidencias con ayuda de la lista se proyectó un resultado si el diseño es viable para la implementación del sistema en el municipio de Zipaquirá.

### **3.4 SELECCIÓN DE MATERIALES Y CRITERIOS DE DISEÑO**

Con el fin de construir en un inmueble cultural se escogió el nivel de intervención más apropiado según tipo de obra. Respecto a este proyecto el adecuado para la construcción del sistema es el número 2 (conservación del tipo arquitectónico) estipulado en el decreto 1080 de 2015 (Artículo 2.4.1.1.7). Debido a que la sede es patrimonio histórico se escogieron los materiales adecuados que no afecten el buen estado del centro cultural.

**3.4.1 Selección de materiales.** Para la selección de los materiales se contemplaron modelos y leyes (Ley 1185 de 2008 y la ley 397 de 1997) de los cuales se tuvieron en cuenta para la implementación del sistema en una casona cultural.

Se determinó una matriz de ponderación con base en los criterios durabilidad, costos y calidad (Ver Tabla 3).

**Tabla 3. Matriz de Ponderación.**

CLASIFICACIÓN	PONDERACIÓN
Excelente	9 a 10
Bueno	6 a 8,9
Regular	3,6 a 5,9
Malo	2,1 a 3,5
Muy malo	1 a 2

Fuente: Elaboración propia a partir de matriz de ponderación para la selección y evaluación de proveedores del estado. José Artigas (2014).

**3.4.2 Criterios de diseño.** La aplicación del proyecto se contempló en la selección de materiales y los principales componentes del sistema, desde el área de captación, recolección y conducción, almacenamiento y otros componentes como el interceptor de primeras aguas y los filtros para hojas, también estudiando los parámetros de calidad como los pluviómetros, las válvulas, brindando información suficiente para definir el uso eficiente del recurso y determinando la cantidad de agua de lluvia captada con ayuda de las fórmulas que fueron suministradas por el CEPIS.

**3.4.2.1 Modelo de cálculos.** Los criterios primordiales que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del diseño fueron los siguientes:

- Número de personas en la extensión (Nu)= Personas entre estudiantes, docentes y personal administrativo.
- Coeficiente de escurrimiento (Ce)= Ver Tabla 1 (CEPIS, 2004)
- Tipo de material del área de captación
- Dotación (L/personaxdía) (Dot)= La dotación diaria se realizó según la fórmula 8 que nos suministra el CEPIS, la oferta acumulada menos 1.0 m<sup>3</sup> de reserva por 1000 litros dividido por el número de días analizados en el año por el número de habitantes en la sede (Ver Ecuación 8).
- Área de captación (Ac)= (área necesaria para recoger el agua).
- Número de días del mes analizado

La determinación de la precipitación promedio mensual, la demanda (total y acumulada), la oferta (total y acumulada), el volumen de almacenamiento y el potencial de ahorro de agua potable fueron calculados siguiendo las ecuaciones 1 a 9, mencionadas en el marco teórico.

### **3.5 INSTRUMENTOS.**

Con la guía de recolección de datos (Ver Anexo 1) se procedió a tomar los resultados arrojados por los pluviómetros teniendo en cuenta las coordenadas y modelos de cálculos para determinar el balance hídrico.

Para el procesamiento de los datos se utilizó el SPSS para la aplicación del chi-cuadrado y prueba T. (Ver Anexo 4)

Se realizó una animación respecto al diseño del sistema de captación pluvial y respectivos planos de la extensión (Ver Anexo 3) contemplada en Sketchup programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la implementación del sistema de almacenamiento de aguas lluvias.

De igual manera se muestran los cálculos para cada uno de los componentes del sistema, de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

**4.1.1 Modelo de Cálculos.** Dados los estudios realizados en el municipio de Zipaquirá, mediante pluviómetros y la información recolectada por el IDEAM se contempló un resultado satisfactorio para disponer del agua lluvia presente en el municipio.

Los criterios primordiales que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del diseño fueron los siguientes:

- Número de personas en la extensión (Nu)= 320 Personas entre estudiantes, docentes y personal administrativo.
- Coeficiente de esorrentía (Ce)= 0.8 (Ver Tabla 1)
- Tipo de material del área de captación= Tejas de arcilla
- Dotación (L/personaxdía) (Dot)= 4,77 ~ 5 L/personaxdía (Ecuación 8)
- Área de captación (Ac)= 603.34 m<sup>2</sup> (área necesaria para recoger el agua).
- Número de días del mes analizado= 8 días (cálculos comparativos) y 365 días (cálculos volumen del tanque)

Para las deducciones de la demanda de agua se tuvo en cuenta que no en todos los meses del año se toma por 320 personas, en enero, junio, julio y diciembre los cálculos se realizaron por 20 personas, ya que es el personal aproximado que se encuentra durante épocas de vacaciones de los estudiantes.

Los valores de gasto de agua potable en la Universidad se recolectaron de recibos públicos para evaluar su costo y consumo de agua (Ver Tabla 4).

**Tabla 4. Valores de consumo y costo de agua potable en la Universidad de Cundinamarca Extensión Zipaquirá.**

PERIODO	CONSUMO AGUA (m <sup>3</sup> )	COSTO POR CONSUMO DE AGUA \$	COSTO DEL AGUA POR m <sup>3</sup>
SEP-OCT 2015	136	\$ 137.050,00	1007,72
NOV-DIC 2015	111	\$ 111.020,00	1000,18
ENE-FEB 2016	74	\$ 77.704,00	1050,05
MAR-ABR 2016	113	\$ 113.040,00	1000,35
MAY-JUN 2016	70	\$ 74.080,00	1058,29
JUL-AGO 2016	29	\$ 39.018,00	1345,45
			<b>1077,01</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información recolectada por recibos públicos de la Universidad.

Con el propósito de un mejor análisis de información se tuvo presente si durante el periodo contemplado se presentaron fenómenos meteorológicos extremos que pudieron modificar o intervenir directamente sobre la disponibilidad de agua lluvia (Ver Tabla 5).

**Tabla 5. Fenómenos intervinientes en la lluvia entre 2006 y 2011**

Fenomeno	Inicia	Finaliza
Niño	ago-06	dic-06
Niña	jul-07	dic-07
Niña	ene-08	feb-08
Niño	ago-09	dic-09
Niño	ago-10	dic-10
Niña	ene-11	feb-11

Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. José Edgar Montealegre (2014).

**4.1.1.1 Información Pluviométrica.** De acuerdo con la ecuación 1 expuesta en el marco teórico del trabajo. Los valores obtenidos para los 10 años de precipitación en el municipio de Zipaquirá según el IDEAM se muestran en la Tabla 6, como complemento se realiza una estadística descriptiva para determinar su media y así realizar sus respectivos cálculos (Ver Tabla 7).

**Tabla 6. Valores de precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado para los 10 años analizados**

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<b>AÑO</b>												
2006	15,3	7,75	39,35	52,4	60,85	42,9	16,35	16,35	4,15	25,3	112,21	17,25
2007	5,25	9,15	14,75	54,35	28,85	28,35	16,9	24,8	20,3	74,855	25,35	28,35
2008	23,35	25,85	20,85	25,9	72,855	21,4	20,35	20,85	10,8	32,9	42,4	10,8
2009	5,25	30,35	22,85	28,9	18,35	13,3	21,4	21,9	11,35	43,855	27,8	15,3
2010	0	8,25	10,8	69,9	42,9	21,9	52,4	25,35	15,3	62,355	65,355	23,35
2011	10,8	22,3	50,4	66,4	64,855	25,85	19,4	11,35	15,3	47,35	69,4	10,8
2012	6,85	1,65	40,4	40,35	23,9	7,75	13,85	10,25	16,35	29,8	18,85	10,8
2013	7,2	23,9	27,85	23,9	32,9	13,85	4,7	13,3	13,3	46,4	54,9	4,15
2014	4,7	10,8	23,9	23,35	35,9	8,3	4,15	10,25	10,8	47,4	44,9	10,8
2015	7,2	15,25	23,9	44,9	10,8	16,35	33,4	16,35	7,2	28,4	35,4	8,3

Fuente Propia

**Tabla 7. Precipitación promedio anual (2006 – 2015)**

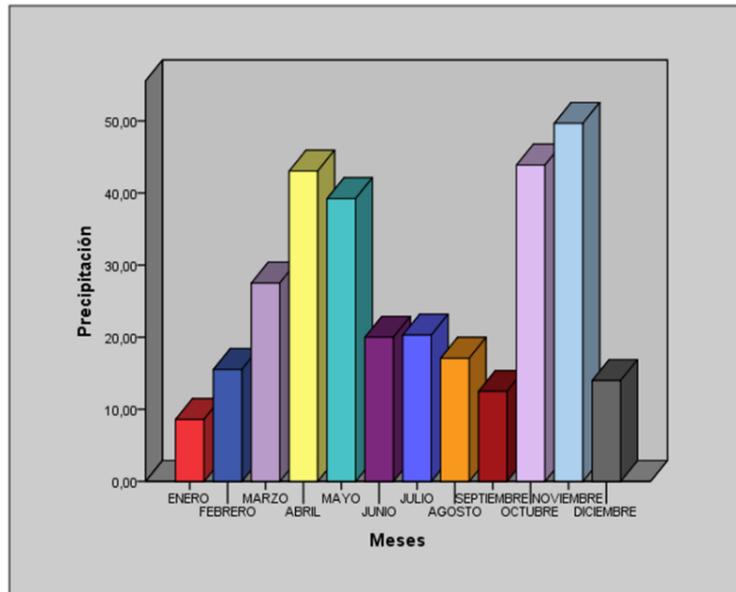
Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
ENERO	10	0,00	23,35	8,59	6,55
FEBRERO	10	1,65	30,35	15,53	9,49
MARZO	10	10,80	50,40	27,51	12,31
ABRIL	10	23,35	69,90	43,04	17,45
MAYO	10	10,80	72,86	39,22	20,83
JUNIO	10	7,75	42,90	20,00	10,63
JULIO	10	4,15	52,40	20,29	14,05
AGOSTO	10	10,25	25,35	17,08	5,84
SEPTIEMBRE	10	4,15	20,30	12,49	4,68
OCTUBRE	10	25,30	74,86	43,86	15,76
NOVIEMBRE	10	18,85	112,21	49,66	27,63
DICIEMBRE	10	4,15	28,35	13,99	7,27

Fuente: Analizada por software SPSS (Statistical Package for the social Sciences).

Según los resultados obtenidos en la Tabla 7 se basaron los cálculos de la media para compararlo con los derivados por los pluviómetros.

Además, se realizó una gráfica con la media mostrando el comportamiento de la precipitación por meses durante los años analizados desde el 2006 hasta el 2015 y así verificar las temporadas de lluvia y las secas (Ver gráfica 1) y de esta manera poder compararlas con los pluviómetros.

**Gráfica 1. Precipitación promedio mensual durante 10 años.**



Fuente: Analizada por software SPSS (Statistical Package for the social Sciences).

Según la gráfica 2 durante 10 años en promedio el mes más lluvioso del año es noviembre con valores superiores a 49 mm, además, se evidencia que donde más se referencian lluvias en el año son los meses abril, mayo, octubre y noviembre. De igual manera el mes más seco es enero con valores entre 0 a 8 mm.

**4.1.1.2 Datos recolectados pluviómetros caseros.** A partir de los tres pluviómetros que se ubicaron por georreferenciación (Ver Tabla 8) se determinaron los datos para validar la temporada seca y de lluvia evidenciados en la Tabla 9 con su respectiva estadística por temporadas.

**Tabla 8. Ubicación de los pluviómetros en la extensión.**

Coordenadas Pluviómetros Caseros		
Pluviómetro	Coordenadas	
	Norte	Oeste
1	5°1'18,5448"	74°0'20,4084"
2	5°1'18,8076"	74°0'20,3976"
3	5°1'18,7572"	74°0'20,3004"

Fuente Propia

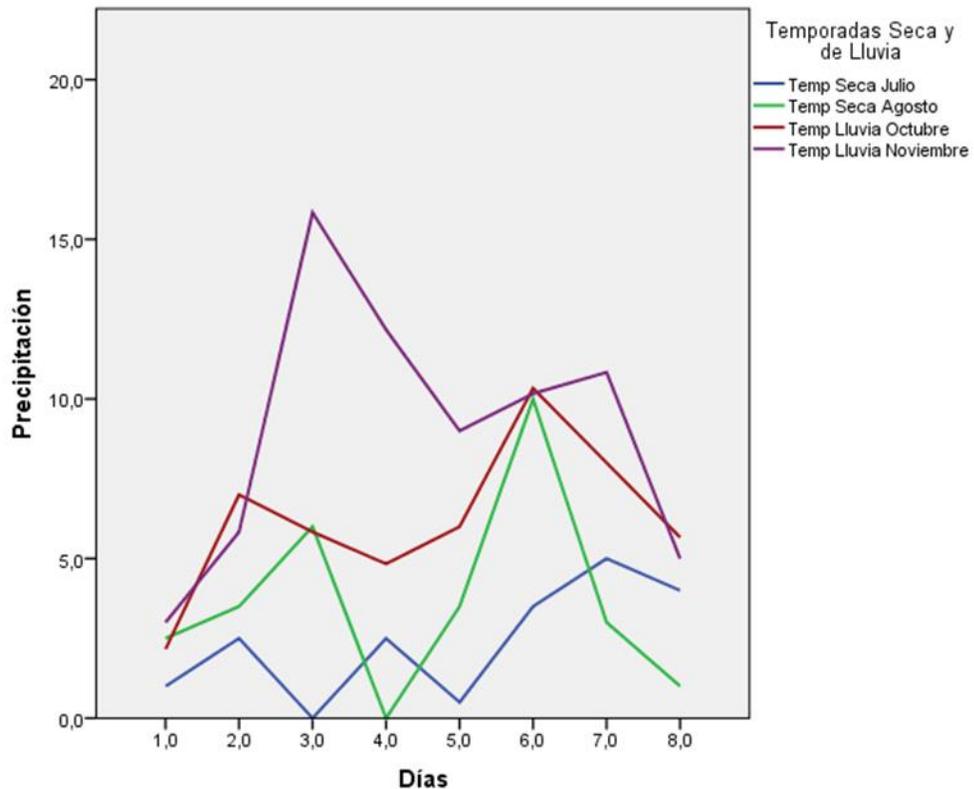
**Tabla 9. Estadísticos Descriptivos Temporada de lluvia y temporada seca tomada por los pluviómetros.**

<b>TEMPORADA SECA</b>				<b>TEMPORADA DE LLUVIA</b>			
<b>Julio</b>		<b>Agosto</b>		<b>Octubre</b>		<b>Noviembre</b>	
Media	2,38	Media	3,69	Media	6,23	Media	8,98
Error típico	0,63	Error típico	1,10	Error típico	0,84	Error típico	1,48
Mediana	2,5	Mediana	3,25	Mediana	5,92	Mediana	9,58
Desviación estándar	1,77	Desviación estándar	3,12	Desviación estándar	2,38	Desviación estándar	4,20
Varianza de la muestra	3,13	Varianza de la muestra	9,71	Varianza de la muestra	5,65	Varianza de la muestra	17,64
Curtosis	-1,26	Curtosis	1,85	Curtosis	1,22	Curtosis	-0,55
Coficiente de asimetría	0,04	Coficiente de asimetría	1,21	Coficiente de asimetría	0,07	Coficiente de asimetría	0,14
Rango	5	Rango	10	Rango	8,17	Rango	12,83
Mínimo	0	Mínimo	0	Mínimo	2,17	Mínimo	3,00
Máximo	5	Máximo	10	Máximo	10,33	Máximo	15,83
Suma	19	Suma	29,5	Suma	49,83	Suma	71,83
Cuenta	8	Cuenta	8	Cuenta	8	Cuenta	8

Fuente: Analizada por software SPSS (Statistical Package for the social Sciences).

Ahora, según la tabla 9 se contempló que en temporada seca del segundo semestre lo máximo que se evidenció fue 10 l/m<sup>2</sup> determinando un rango de 5 a 10 l/m<sup>2</sup> y en temporada de lluvia lo máximo fue 15.83 l/m<sup>2</sup> estableciendo el rango entre 8.17 a 12.83 l/m<sup>2</sup>. Los resultados resaltados se graficaron ilustrando los meses menos y más lluviosos del segundo semestre, analizados cada uno por 8 días del mes (Ver Gráfica 2).

**Gráfica 2. Resultados toma de muestras del segundo semestre 2016.**



Fuente: Analizada por software SPSS (Statistical Package for the social Sciences).

En lo que respecta la gráfica 2 y los resúmenes estadísticos presentados en la tabla 9, se observa que en los meses de julio y agosto a pesar de ser temporada seca se identificó pluviosidad evidenciando picos muy altos en el día 3 y 6 del mes de agosto se observa que en los meses octubre y noviembre siendo los más lluviosos, se refleja que a pesar de que hay picos en los meses de octubre son menores al mes de noviembre en el que se obtienen los picos más altos.

De igual modo, se debe tener en cuenta que las temporadas secas y de lluvia pueden alterarse debido a fenómenos meteorológicos que se presenten en el momento. Tal es el caso como en el mes de agosto registrado por los pluviómetros se determinó una alta pluviosidad debido al comportamiento de los vientos en niveles cercanos a la superficie durante el año 2016, pues se observó una alternancia de vientos del este y oeste sin una plena definición de los vientos del este, típicos de una niña. Sin embargo, el IDEAM estableció que en el 2016 la niña se mantendría hasta comienzos del año 2017 con una probabilidad del 59% (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2016).

**4.1.1.3 Validación de la información.** De esta manera, se realizó una comparación con los datos del IDEAM y los datos obtenidos por los pluviómetros (Ver Tabla 10) para enlazar la precipitación promedio mensual.

**Tabla 10. Comparación de los datos pluviométricos del IDEAM contra los pluviómetros.**

MES	Pluviómetros Ppi (L/m <sup>2</sup> )	IDEAM Ppi (L/m <sup>2</sup> )
Noviembre	71,83	49,66
Octubre	49,83	43,86
Julio	19	17,08
Agosto	29,5	20,29

Fuente Propia

Se escoge la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk (Ver Anexo 4) dado que los datos son menores a 50 indica que se comportan normalmente ya que el IDEAM (Datos 10 años atrás) tiene un valor de  $p= 0.241$  y los pluviómetros (Dato año 2016) tiene un valor  $p= 0.800$  estos valores mayores a 0.05.

Según la homogeneidad de varianzas el valor de "F" es de 0.50 y es mucho mayor que el valor crítico para F (0.11) se contempla que los resultados de las pruebas son significativos. Finalmente, se procede a realizar la prueba T de student para verificar si hay diferencias en las medias. (Ver Anexo 4)

La prueba T indica que no hay diferencias significativas entre los datos históricos del IDEAM con los datos tomados en el año 2016 en los mismos meses por los pluviómetros, en vista de que el nivel de significancia es mayor a 0.05 con un valor de  $p= 0.111$ ;  $gl= 3$ ;  $t= -2.242$ . Por lo cual se concluye que las temporadas seca y de lluvia no han cambiado y se siguen tomando por los mismos meses.

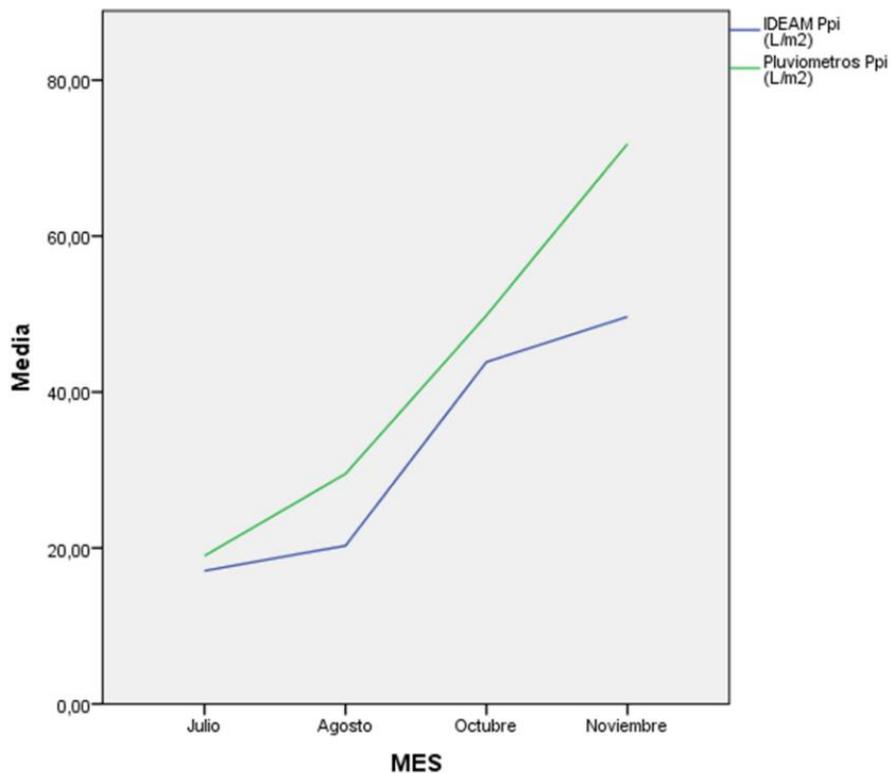
Sin embargo, para conocer si existe relación entre los datos de precipitación tomados experimentalmente con los del IDEAM se aplicó la prueba Chi-cuadrado de Pearson (Ver Anexo 4) y así verificar si los datos pluviométricos se relacionan con los datos del IDEAM.

Con un nivel de significancia del 5% con grados de libertad de 9 según la tabla de valores de chi-cuadrado se contempló un valor límite de 16.9190, y según el análisis realizado se obtuvo un valor  $\chi^2 = 12.000$ . Donde se logró concluir que dentro de un rango de 0 – 16.9190 el resultado está entre la zona de aceptación con un valor de 12.000. Se puede demostrar que las dos variables si están relacionadas y que la

información se validó correctamente para las temporadas seca y de lluvia del segundo semestre del año.

Comparando los datos con el IDEAM los valores son aproximados con los pluviómetros caseros, por ese motivo se muestra la comparación por cada mes (Ver gráfica 3).

**Gráfica 3. Datos Comparativos Precipitación por 8 días de cada mes según Pluviómetros VS IDEAM.**



Fuente: Analizada por software SPSS (Statistical Package for the social Sciences).

En lo que respecta la gráfica 3 se evidencian picos más altos con los pluviómetros teniendo en cuenta que en el año 2016 el IDEAM aseguro una alta probabilidad del fenómeno de la niña. No obstante, el único mes que se sobredimensiona es el mes de noviembre con una precipitación experimental de 71,83 L/m<sup>2</sup>.

**4.1.1.4 Cálculo volumen del tanque de agua lluvia.** A continuación, se realizaron los cálculos de las ecuaciones (2 a 7) relacionadas en el marco teórico a fin de establecer el volumen de agua lluvia disponible para diseñar el tanque de almacenamiento del sistema de captación de agua (Ver Tabla 11) de este modo se toman los meses julio y agosto como menos lluviosos, octubre y noviembre como los más lluviosos.

**Tabla 11. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, demanda y oferta acumulada, volúmenes de almacenamiento y potencial de ahorro de agua potable.**

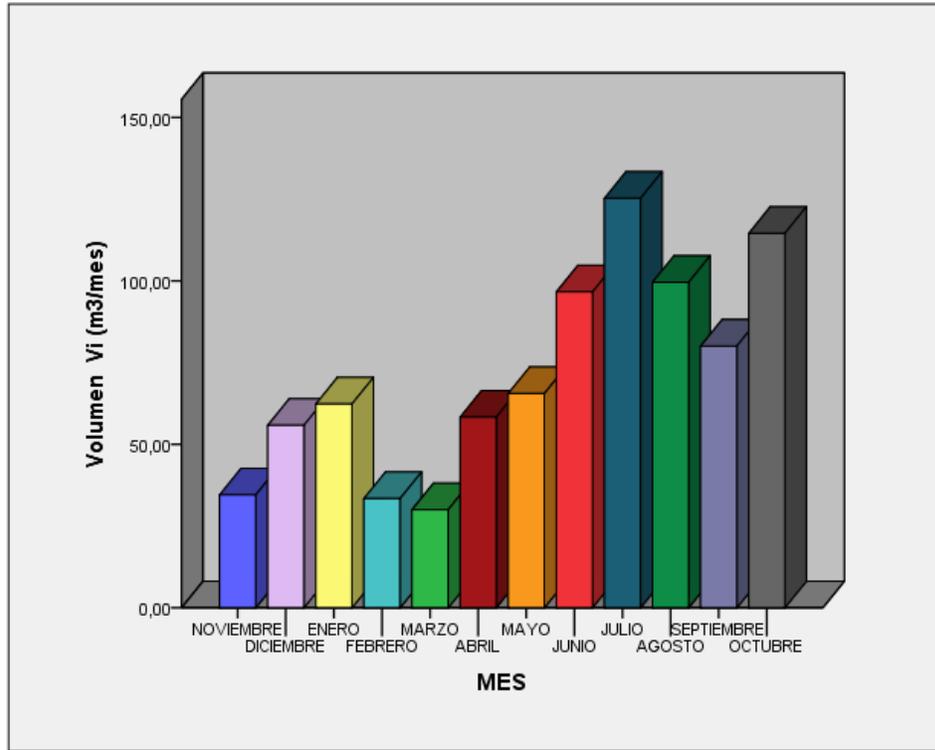
MES	Días	Ppi (L/m <sup>2</sup> )	Abastecimiento m <sup>3</sup>		Demanda m <sup>3</sup>		Vi (m <sup>3</sup> /mes)	PPWS (%)
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado		
NOVIEMBRE	30	171	82,54	82,54	48,00	48,00	34,54	171,95
DICIEMBRE	31	50,48	24,37	106,90	3,10	51,10	55,80	209,20
ENERO	31	19,97	9,64	116,54	3,10	54,20	62,34	215,02
FEBRERO	28	32,90	15,88	132,42	44,80	99,00	33,42	133,76
MARZO	31	95,66	46,17	178,59	49,60	148,60	29,99	120,18
ABRIL	30	158,16	76,34	254,93	48,00	196,60	58,33	129,67
MAYO	31	117,73	56,82	311,75	49,60	246,20	65,55	126,63
JUNIO	30	70,60	34,07	345,83	3,00	249,20	96,63	138,77
JULIO	31	65,75	31,73	377,56	3,10	252,30	125,26	149,65
AGOSTO	31	49,56	23,92	401,48	49,60	301,90	99,58	132,99
SEPTIEMBRE	30	58,97	28,46	429,95	48,00	349,90	80,05	122,88
OCTUBRE	31	174,25	84,10	514,05	49,60	399,50	114,55	128,67
							<b>PROMEDIO</b>	<b>148,28</b>

Fuente: Elaboración propia (los datos de precipitación son tomados por el IDEAM).

Con respecto a el volumen del tanque los cálculos se basaron tomando los 365 días del año. Además, se evidenció que se puede cubrir el total de la demanda de todos los meses del año debido a que ningún mes obtuvo un resultado negativo para el almacenamiento pluvial. Afirmando así, que en primera medida el proyecto es viable para un ahorro considerado de agua potable.

De acuerdo con la tabla 11 se realizó el volumen de almacenamiento por mes y así verificar si el proyecto es viable para un ahorro de agua potable (Ver Gráfica 4). Con el fin de obtener adecuadamente el volumen de almacenamiento de agua lluvia, fue necesario seguir la metodología del CEPIS. La oferta de agua lluvia se calculó teniendo en cuenta como base un área de 603.34 m<sup>2</sup> restándole su área total de 1091.66 m<sup>2</sup> de modo que se obtiene un 55.27 % en captación. Con respecto a la demanda, sus cálculos se realizaron con una dotación de 5 litros por persona al día.

**Gráfica 4. Volumen de almacenamiento de aguas lluvias por mes.**



Fuente: Analizada por software SPSS (Statistical Package for the social Sciences).

En la gráfica anterior representa los diversos volúmenes para cada uno de los meses. Por consiguiente, en el mes de marzo se presenta el volumen más bajo  $29.99 \text{ m}^3$  y julio indica la mayor captación  $125.26 \text{ m}^3$ . Según los parámetros definidos el volumen del tanque de almacenamiento es el valor más alto. Aunque, si la dimensión del depósito es muy grande y no se logra instalar dado que la casa es pequeña para el volumen del tanque se debe tomar el valor máximo y dividirlo por el número de meses calculados (CEPIS, 2004). Aprovechando que la demanda es alta el cálculo aproximado para comprar el tanque es de  $10 \text{ m}^3$ .

## 4.2 INFRAESTRUCTURA

Como seguimiento del análisis en la lista de chequeo (Ver Anexo 2) se tiene en cuenta que es una casa de patrimonio cultural y con respecto a eso se realizó un diagnóstico donde se evaluaron aspectos con el fin de validar si el proyecto es viable para implementar el sistema en la extensión de Zipaquirá. A continuación se muestran los resultados para el análisis de infraestructura y así, determinar los materiales adecuados para la implementación del SCAPT dentro de un bien cultural:

La sede no cuenta con planos ni en medio físico ni magnético. Por ende, se realizó la respectiva investigación en la alcaldía y en la oficina de planeación del municipio de Zipaquirá y no se encontraron planos de la casa, razón por la cual se elaboraron para diseñar el sistema adecuado de almacenamiento de aguas lluvias y de esta manera aportarlo como una guía para la extensión (Ver Anexo 3).

Considerando que, no se pueden realizar modificaciones significativas por ejemplo como romper, según la Ley 1185 (2008) estipula en el artículo 10 numeral 2 que se incurre a una falta grave si ya sea por acción o por omisión, en la construcción, ampliación, modificación, reparación o demolición, total o parcial, de un bien de interés cultural, sin la respectiva licencia, se impondrán las sanciones previstas. Sin embargo, el decreto 1080 (2015) y el (Ministerio de Cultura, s.f.) Reglamenta que si se pueden realizar intervenciones mínimas que no requieren autorización previa tales como: (i) reparaciones locativas, (ii) reforzamiento estructural, (iii) restauración, (iv) modificación o ampliación, (v) adecuación funcional, (vi) entre otros, siempre y cuando se tenga en cuenta el nivel de intervención y se garantice la preservación de sus características. Es por eso que se decide que para la implementación del sistema este debe ser totalmente superficial y no se puede realizar ningún tipo de modificación que interceda con la estructura colonial del municipio (Ver Figura 10).

Acorde al diagnóstico realizado se concluyó que, el tanque no puede ser subterráneo, sino que se debería instalar a nivel del terreno. Las ventajas de este sistema de almacenamiento son: (i) Los tanques superficiales conservan parte de la energía potencial del agua lluvia (entregan agua a presión) y son de fácil mantenimiento, (ii) se pueden detectar posibles fugas con gran facilidad. Y algunas de sus desventajas: (i) Ocupan gran espacio, están expuestos a la intemperie lo que afecta las cualidades del agua lluvia (temperatura alta).

**Figura 10. Infraestructura de la Extensión**



Fuente Propia

**4.2.1 Selección de materiales.** Con respecto al componente recolección y conducción (canaletas) del SCAPT se hizo una selección y evaluación (Ver Tabla 12) por medio de criterios, con el fin de escoger el material más óptimo basado en la ley general de cultura y según matriz de ponderación de la Tabla 3 referenciada en la metodología la cual se expone a continuación:

**Tabla 3. Matriz de Ponderación.**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>PONDERACIÓN</b>
Excelente	9 a 10
Bueno	6 a 8,9
Regular	3,6 a 5,9
Malo	2,1 a 3,5
Muy malo	1 a 2

Fuente: Elaboración propia a partir de matriz de ponderación para la selección y evaluación de proveedores del estado. José Artigas (2014).

**Tabla 12. Selección de materiales recolección y conducción.**

<b>SELECCIÓN DE MATERIALES (SCAPT)</b>			
<b>RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN (CANALETAS)</b>			
<b>Tipo de Material</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>		
	<b>Raingo Policloruro de vinilo (PVC)</b>	<b>Metálicas Láminas galvanizada</b>	<b>Bambú</b>
<b>DURABILIDAD</b>	35 Años ó Mas	35 Años ó Mas	4 - 5 Años
<b>COSTO</b>	3 metros cada una \$41.200 \$618.000 45 metros ( no incluye bajantes) 1. económicas	3 metros cada una \$26.500 \$397.500 ( no incluye bajantes)	6 metros \$ 25.000 \$ 187.500 ( no incluye bajantes)
<b>CALIDAD</b>	1. Livianas 2. Su instalación es fácil y rápida. 3. Son fáciles de limpiar. 4. Resistentes a la corrosión.	1. No son livianas. 2. Si las paredes no son lo suficientemente fuertes se enfrentara a problemas como el arroyo de la pared o desgaste del techo. 3. Resistentes a la humedad pero no al tiempo de calor duro.	1. La utilización de bambú en gran escala no tiene consecuencias ecológicas desastrosas 2. Comparado con otros materiales de construcción, el bambú es barato para comprar, procesar y mantener. 3. Excesivo humedecimiento y secado, ataques de hongos y de insectos, impacto físico y desgaste.

<b>SELECCIÓN DE MATERIALES</b>			
<b>RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN (CANALETAS)</b>			
<b>CRITERIOS</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>		
	<b>Raingo Policloruro de vinilo (PVC)</b>	<b>Metálicas Láminas galvanizada</b>	<b>Bambú</b>
<b>DURABILIDAD</b>	10	10	7
<b>COSTO</b>	8	8	10
<b>CALIDAD</b>	10	6	4
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>24</b>	<b>21</b>

Fuente: Datos suministrados por [www.homecenter.com](http://www.homecenter.com) y [www.guaduabambucolombia.com](http://www.guaduabambucolombia.com).

Según el resultado, el elemento más óptimo que se debe implementar en la sede dado los puntajes del cuadro de ponderación es el material Raingo PVC por estar hecho de un material liviano y fácil de unir entre sí. Aunque su costo es el más alto es un material que impide fugas y no requiere de soldaduras ni selladores.

Para el componente de almacenamiento (tanque de agua) del SCAPT se encontraron varios diseños en el cual aconsejan que el tanque sea por debajo del terreno en Ferro cemento, dicho lo anterior se escoge cambiar la implementación del tanque por encima del terreno con la intención de no afectar el inmueble cultural

del municipio según lo menciona la ley 1185 (2008). Con la finalidad de escoger el material más óptimo para el tanque se realizó un cuadro (Ver Tabla 13) conforme a los criterios de selección, adicional a esto también se comparó con el tanque hecho en ferro cemento.

**Tabla 13. Selección de materiales almacenamiento.**

<b>SELECCIÓN DE MATERIALES (SCAPT)</b>			
<b>ALMACENAMIENTO (TANQUE)</b>			
<b>Tipo de Material</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>		
<b>CRITERIOS</b>	<b>POLIETILENO</b>	<b>METALICO</b>	<b>FERROCEMENTO</b>
<b>DURABILIDAD</b>	35 Años ó Mas	35 Años ó Mas	20 - 30 Años
<b>COSTO 10 m3</b>	\$ 5'466.900	\$ 13'000,000	\$ 30'000.000
<b>CALIDAD</b>	1. No se corroen 2. Fácil mantenimiento, se pueden detectar posibles fugas. 3. No generan algas ni lama. 4. Están expuestos a la intemperie. (Temperaturas altas)	1. Fácil mantenimiento. 2. Se pueden detectar posibles fugas. 3. Pueden corroerse con el tiempo. 4. Pueden generar algas y lama.	1. Difícil de detectar fugas. 2. No son flexibles y dado de desastre natural puede romperse con facilidad o generar una grieta. 3. Su instalación debe ser subterránea.

<b>SELECCIÓN DE MATERIALES (SCAPT)</b>			
<b>ALMACENAMIENTO (TANQUE)</b>			
<b>CRITERIOS</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>		
	<b>POLIETILENO</b>	<b>METALICO</b>	<b>FERROCEMENTO</b>
<b>DURABILIDAD</b>	10	10	7
<b>COSTO 10 m3</b>	10	8	5
<b>CALIDAD</b>	9	8	5
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>26</b>	<b>17</b>

Fuente Propia

Respecto al material de almacenamiento se escoge el polietileno, aunque ocupa más espacio es la mejor opción, Álvarez (2011) menciona que, hoy en día se recomiendan tanques de agua fabricados en polietileno, ya que este material evita la corrosión, el paso de la luz, aparte de que no genera algas o lama y facilita su limpieza; además, el color es clave, los azules son para agua potable y los negros para uso séptico, explican expertos de Pavco. Aconsejando que los que estén hechos en polietileno, para el almacenamiento del líquido, son la novedad.

Además, el metálico puede corroerse y con el tiempo será más difícil hacer un adecuado mantenimiento de este. El ferro cemento se omite la opción no solo porque no se puede instalar por debajo del terreno sino por su alto costo de

instalación y que si es subterráneo para la extracción del agua se necesita de sistema de bombeo.

Por último, los aspectos de este diagnóstico arrojan como resultado que el proyecto es viable para instalar el sistema de almacenamiento en la sede de Zipaquirá considerando algunos cambios en el sistema, el tanque no se realizará subterráneo como lo aconseja el CEPIS sino que se llevará a cabo sobre el nivel del terreno, se debe agregar que los sistemas estudiados en el marco teórico se determinaron con tanques subterráneos y de esta manera, se planteó un nuevo diseño con un tanque de polietileno a nivel de terreno para mayor facilidad de implementación y mantenimiento.

### 4.3 DISEÑO DEL SISTEMA

**4.3.1 Componentes del sistema.** Los componentes que se utilizaron para el desarrollo de este sistema son los descritos en el marco teórico, no se va a usar filtro pues este sistema no es para que el agua lluvia sea potable sino exclusivamente para usos no potables de los antes mencionados.

La descripción de estos componentes se detalla a continuación:

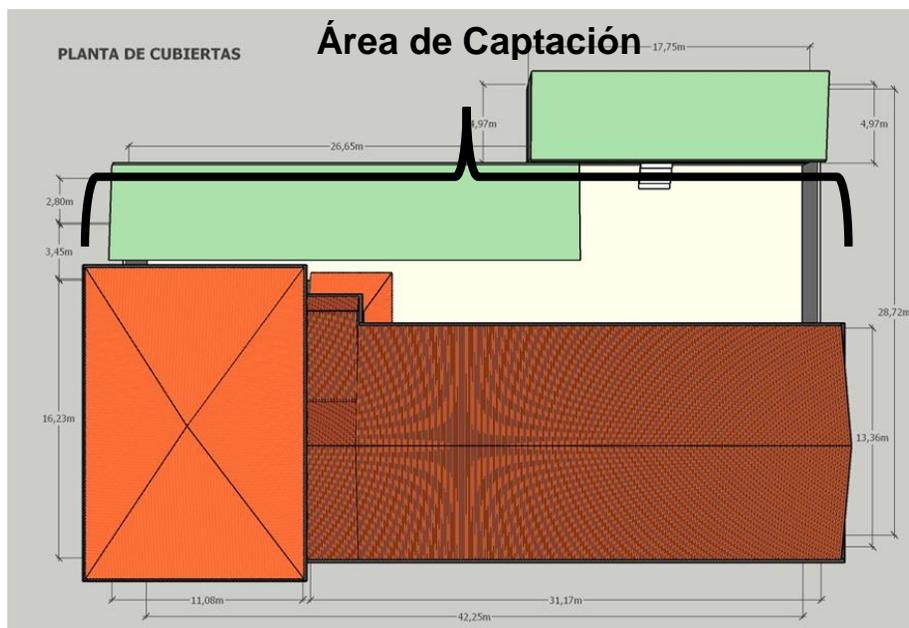
**4.3.1.1 Captación.** La captación se realizó en determinados techos de la extensión Zipaquirá y así obtener un mejor coeficiente de escorrentía se captará solo en el edificio donde están las tejas de arcilla teniendo en cuenta que el techo del bloque B no cuenta con la pendiente ni con el material adecuado para realizar la instalación de las canaletas (Ver Figura 11), sin embargo la casa cultural cuenta con la pendiente adecuada que facilita el deslizamiento del agua lluvia a dos aguas y en el tercer piso a cuatro aguas aprovechando al máximo el área de captación y conducirlo hacia el sistema de recolección (Ver Figura 12).

**Figura 11. Techo del Edificio Bloque B**



Fuente Propia

**Figura 12. Área de Captación del techo en la Universidad de Cundinamarca – Extensión Zipaquirá.**



Fuente: Elaboración propia por medio de Sketchup.

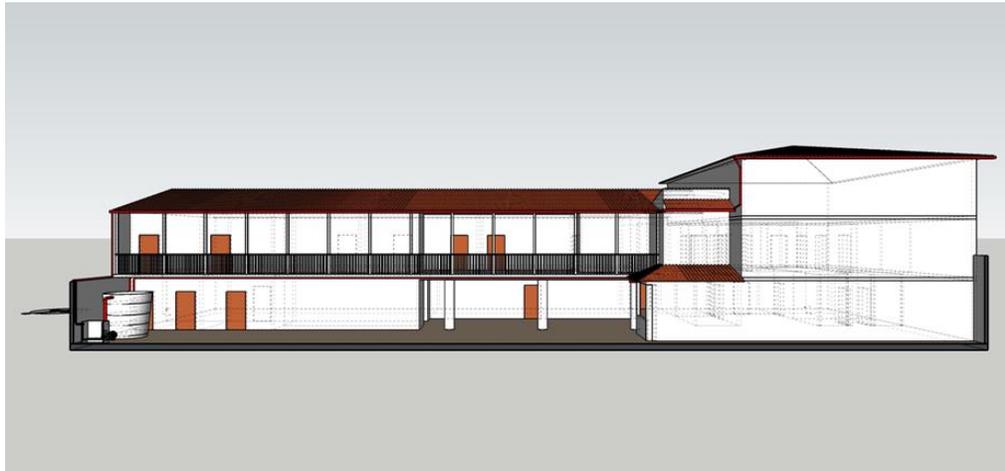
**4.3.1.2 Recolección y conducción.** La extensión Zipaquirá no cuenta con las canaletas en el edificio donde están ubicadas las tejas de arcilla (Ver Figura 13) por lo tanto se tendrá en cuenta en este diseño la instalación con canaletas y bajantes tipo Raingo PVC que son durables, livianas y económicas en Pavco, que recolectan y conducen el agua lluvia por gravedad hacia el tanque de almacenamiento (Ver Figura 14). Añadido a esto se instalará una malla que retenga los sólidos tipo hojas, palos, entre otros ([Ver Ficha Técnica Canaletas](#)).

**Figura 13. Techo de la extensión sin canaletas instaladas.**



Fuente Propia

**Figura 14. Techo de la extensión con canaletas instaladas.**

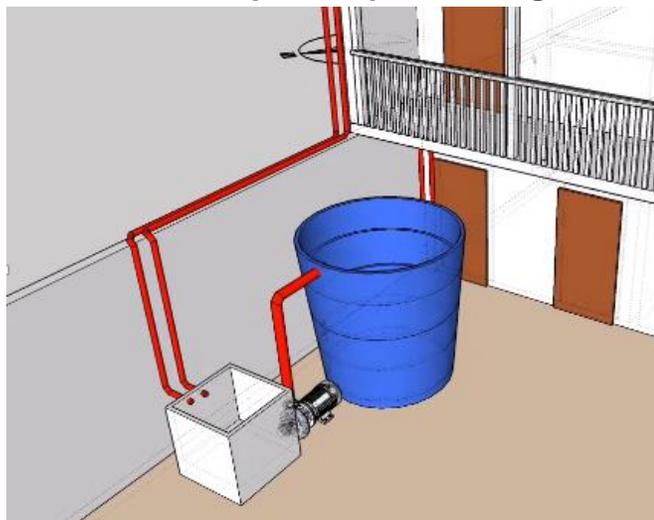


Fuente Propia

**4.3.1.3 Interceptor de primeras aguas.** El interceptor de primeras aguas se diseña con unas dimensiones determinadas mucho menor al tanque de almacenamiento al cual entrará el agua por medio de un bajante unido a las canaletas.

Cabe considerar, por otra parte, que el interceptor es solo para evitar las impurezas que van acompañadas del agua lluvia para que no tape el tanque como hojas, basura, entre otros. Teniendo en cuenta la ecuación 9 para determinar el volumen de captación en el interceptor se concluye que este será de  $0,06 \text{ m}^3$  (Ver Figura 15).

**Figura 15. Ubicación del interceptor de primeras aguas.**

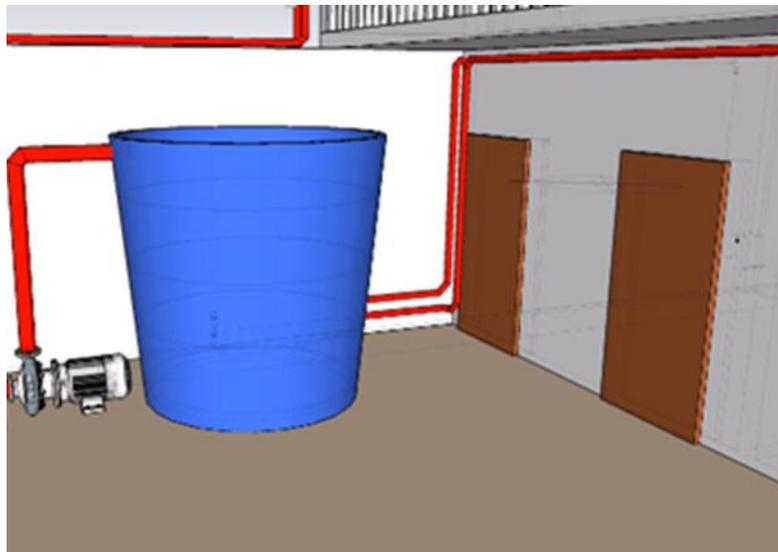


Fuente Propia

**4.3.1.4 Almacenamiento.** El tanque de almacenamiento estará ubicado en la parte posterior de la Extensión al lado de la casa cultural (Ver Figura 16) ya que es el lugar más adecuado para instalar el sistema; se estipuló comprar un tanque con una capacidad de almacenamiento (10 m<sup>3</sup>) de agua lluvia con el propósito de determinados usos que no sean aptos para consumo humano.

Para efectos constructivos se determinó el tanque en polietileno en PVC de 2.73 metros de altura y 2.52 metros de diámetro. Además, para un respectivo uso del sistema se debe realizar un mantenimiento preventivo ([Ver Ficha Técnica Almacenamiento](#)).

**Figura 16. Ubicación del tanque de almacenamiento.**

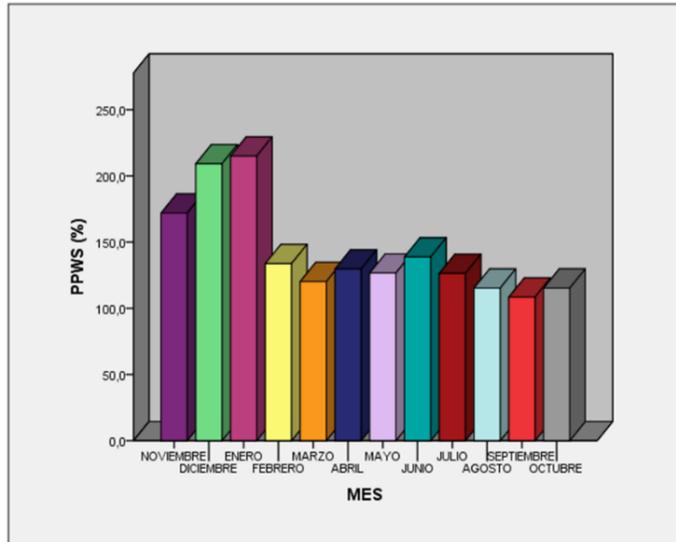


Fuente Propia

Con esta finalidad el manual técnico de Pavco facilita una guía de instalación del tanque recomendando que: *"Los tanques deben ser instalados sobre una superficie plana, firme y nivelada para su correcta funcionalidad; por su bajo peso son de fácil manejo e instalación"* (PAVCO, 2014, p.81).

**4.3.1.5 Potencial de ahorro agua potable.** El potencial de ahorro indica que porcentaje de la demanda será cubierto con el agua lluvia y en qué meses será necesario complementar el consumo con agua potable (Ver Gráfica 5).

**Gráfica 5. Potencial de ahorro agua potable (PPWS%).**



Fuente: Analizada por software SPSS (Statistical Package for the social Sciences).

Según la tabla 11 y la gráfica anterior los resultados plantean que durante los 12 meses del año la demanda estará totalmente cubierta (promedio 148.28%) por el agua lluvia para uso de cisternas, lavado de techos y pisos cumpliendo con el objetivo del proyecto.

**4.3.2 Materiales y presupuesto.** Para efectuar la construcción del sistema se presenta un presupuesto aproximado del valor del proyecto (Ver Tabla 14). Como complemento a estos cálculos que se realizaron se puede concluir que los costos no son muy altos con respecto a los beneficios ambientales y económicos que estos puedan generar al implementar el sistema de almacenamiento de captación de aguas lluvias. El valor aproximado tal como lo ilustra la siguiente tabla es de \$9'337.729.

**Tabla 14. Cotizaciones Materiales y Presupuesto.**

<b>Costo construcción para las canaletas y bajantes</b>				
<b>Material</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cant</b>	<b>p unitario</b>	<b>precio total</b>
canaleta raingo (PAVCO)	Canal completamente resistente a la corrosión del óxido. C/U 3 metros canaleta.	46	\$ 41.200	\$ 1.895.200
union de canal a bajante	Unión para bajantes , resistente a la corrosión del óxido y a la exposición de los rayos ultra violeta.	2	\$ 19.300	\$ 38.600
union canal	Unión para bajantes, resistente a la corrosión del óxido y a la exposición de los rayos ultra violeta.	6	\$ 14.300	\$ 85.800
bajante	Las uniones se ajustan perfectamente con sólo la presión de la mano sin requerir soldadura ni selladores.	3	\$ 58.500	\$ 175.500
codo bajante pavco	Diseñado para la union de canaletas a 90° .	4	\$ 6.100	\$ 24.400
soporte de canal	Soporte para canales en pvc, resistente y durable.	10	\$ 6.200	\$ 62.000
union esquina exterior	Unión esquina, color blanco, elaborado en material de alta resistencia y más alta duración.	4	\$ 8.400	\$ 33.600
union esquina interior	Unión esquina, elaborado en material de alta resistencia,más alta duración, sencilla instalación, alta calidad.	4	\$ 8.400	\$ 33.600
lubricante de silicona	Lubricante de silicona, productos que facilita la instalación de canales.	10	\$ 1.950	\$ 19.500
<b>Herramientas Necesarias</b>				
marco con segeta			\$ 10.200	\$ 10.200
nivel de gota	Nivelador resistente, exacto, con escala de medida inferior, ventana superior trasera.		\$ 14.900	\$ 14.900
destornillador de estrella	barra metálica sujeta a un mango y terminada en un extremo que se adapta a la cabeza del tornillo.		\$ 7.500	\$ 7.500
taladro con broca 1/4 "	Diseño ergonómico y compacto que permite al usuario trabajar en espacios reducidos.		\$ 265.000	\$ 265.000
cimbra	medidor de lineas		\$ 12.300	\$ 12.300
pinzas	permite el manejo adecuado de cortes.		\$ 55.000	\$ 55.000
martillo de bola	Martillo de alta calidad, con mango de fácil agarre y antideslizante.		\$ 17.400	\$ 17.400
lapiz			\$ 1.000	\$ 1.000
flexometro	graduación en ml y pulgadas, con recubrimiento de pvc para resistir la humedad, manilla de rebobinado rápido.		\$ 13.300	\$ 13.300
total			\$ 560.950	\$ 2.764.800
<b>Costo construcción para el tanque</b>				
<b>Material</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cant</b>	<b>P unit</b>	<b>precio total</b>
Tanque 10.000 Lt	Donde se almacenara el agua lluvia	1	\$ 5.466.900	\$ 5.466.900
Valvula Cheque	Permite al fluido fluir en una dirección pero cierra automáticamente para prevenir flujo en la dirección opuesta.	1	\$ 82.900	\$ 82.900
Valvula de flotador	Controlar el llenado de depósitos e interrumpirlo cuando se alcance el nivel máximo, y evitar el desbordamiento.	1	\$ 37.655	\$ 37.655
Kit tanque plastico	El kit contiene entrada tanque plastico, salida tanque plastico y	1	\$ 15.291	\$ 15.291
Valvula de corte	Controlar el suministro de agua en el tanque		\$ 20.583	\$ 20.583
Manquera flexible	Estas van conectadas a la tubería que conduce a los sanitarios acompañada de las valvulas cheques.	4x60 mt	\$ 299.600	\$ 299.600
<b>Herramientas Necesarias</b>				
Mano de obra	Oficial plomero y ayudante plomero	2	\$ -	\$ 450.000
Interceptor primeras aguas			\$ -	\$ 200.000
total				\$ 6.572.929
<b>TOTAL APROXIMADO</b>				<b>\$ 9.337.729</b>

Fuente: Datos suministrados por la empresa PAVCO. Lista de precios base de pavco a sus clientes. IVA incluido. Pesos colombianos al 2016.

**4.3.3 Análisis costo-beneficio.** Con respecto a el análisis costo-beneficio se retomaron los cálculos del IDEAM esta vez el análisis precedente se realizó por los días completos de cada mes (Ver Tabla 15). Y así obtener un ahorro aproximado en beneficio a la Universidad.

**Tabla 15. Precipitación y oferta por días completos de cada mes.**

MES	Días	Ppi (L/m <sup>2</sup> )	Abastecimiento m <sup>3</sup>	
			Parcial	Acumulado
NOVIEMBRE	30	171	82,54	82,54
DICIEMBRE	31	50,48	24,37	106,90
ENERO	31	19,97	9,64	116,54
FEBRERO	28	32,90	15,88	132,42
MARZO	31	95,66	46,17	178,59
ABRIL	30	158,16	76,34	254,93
MAYO	31	117,73	56,82	311,75
JUNIO	30	70,60	34,07	345,83
JULIO	31	65,75	31,73	377,56
AGOSTO	31	49,56	23,92	401,48
SEPTIEMBRE	30	58,97	28,46	429,95
OCTUBRE	31	174,25	84,10	514,05

Fuente Propia

De acuerdo con la tabla 15 la oferta acumulada da como resultado un total de 514.05 m<sup>3</sup> esto es lo que aproximadamente el sistema de almacenamiento abastecería al año teniendo en cuenta que anualmente la Universidad gasta aproximadamente 600 m<sup>3</sup>. Respecto a esto el sistema ahorraría en la extensión anualmente el 85.67% en agua potable.

De esta manera, el valor por metro cúbico es de 1077.01 pesos según valores de la tabla 4, considerando que en promedio la extensión paga aproximadamente 600.000 pesos anuales según datos suministrados por los recibos públicos, poniendo en marcha el sistema de almacenamiento de aguas lluvias se tendría que hacer una inversión alta, de acuerdo con los costos de construcción en la tabla 14, lo que indica que en el primer año se debe pagar el costo del proyecto más el valor de agua potable que no alcanza a cubrir el sistema por un valor total de \$9'430.297, es decir, que para realizar el proyecto el periodo de recuperación de inversión inicial es de 16 años y 1 mes.

A pesar de que la inversión es alta, pueden existir varias opciones para que se permita la implementación del sistema, de manera que es una casa cultural la Alcaldía de Zipaquirá podría financiar el trabajo, patrocinando este tipo de proyectos ambientales como principio de educación ambiental en el municipio y facilitando su implementación empezando por centros culturales e instituciones educativas.

**4.3.4 Plan de Mantenimiento.** Una de las partes primordiales para que este sistema funcione consiste en realizar medidas de limpieza y mantenimiento por parte del beneficiario a su sistema, esto se debe hacer para que no se formen algas ni lama en el tanque.

En el sistema de captación y aprovechamiento de agua lluvia este plan de mantenimiento se basa en la prevención y en mantener una buena calidad del agua.

**Área de captación.** El techo es el primer lugar donde va a caer la lluvia por eso es importante:

- Quitar hojas, basura y objetos del techo para que se capte más limpia el agua.
- Durante la época de lluvias limpiar el techo una vez por semana con una escoba.

**Área de recolección y conducción.** El mantenimiento de las canaletas se debe realizar una vez por semana manteniéndolas limpias y despejadas de hojas, basura, etc., para evitar que se obstruya el paso de agua.

- Se deberá humedecer un trapo con agua y jabón haciendo limpieza de los canales, quitando todas las incrustaciones que se encuentran pegadas en las canaletas esto se debe hacer una vez por mes.
- Para la limpieza de las canaletas no se deben usar cepillos. Ya que estos pueden dañar la estructura.
- Se deben revisar las uniones de las canaletas y bajantes para que no existan fugas que puedan ocasionar una pérdida significativa del agua.

**Filtro de hojas.** Es una malla que evita que entren hojas o basuras al tanque.

- Si la malla se empieza a romper o está muy sucia, se deberá cambiar.
- Revisa cotidianamente el filtro para que siempre este limpio y despejado.

**Desvió al drenaje.** Él desvió permite elegir si se quiere aprovechar el agua o tirarla.

- Cuando el tanque está lleno desviarlo al drenaje para no acumular contaminantes.

**Interceptor de primeras aguas.** El separador se llena con lo primero que cae de agua lluvia. Es el que separa la parte más sucia de cada aguacero para que no entre al tanque.

- Drenarlo por lo menos cada tres días para que haga su función separando los primeros minutos del siguiente aguacero.

- El separador se vacía automáticamente por la manguera de drenado. Se debe verificar que la manguera nunca se tape por eso se debe limpiar con un alambre una vez a la semana en temporada de lluvia y en temporada seca una vez al mes.
- Lavar el interceptor una vez al año con agua y cloro, dejarlo reposar una hora y después drenarlo.

**Almacenamiento.** Es aquí donde se almacena el agua para que se use todo el año.

- El tanque debe permanecer cerrado por completo para que no entre tierra, polvo, insectos o animales.
- Cuando el tanque este vacío, se debe lavar por dentro con agua, cloro, trapos y escobas para sacar la tierra que se junte en el fondo.
- Es importante poner cloro en el tanque para que el agua no genere algas ni lama y así mismo para eliminar bacterias. Se debe adicionar 1 litro de cloro por cada 10.000 litros de agua lluvia.
- El tanque se debe lavar al menos una vez al año antes de que comience la época de lluvias.
- Revisar el funcionamiento de las válvulas cheques.

## 5. CONCLUSIONES

- Los resultados de la investigación confirman que se puede implementar una alternativa de ahorro de agua dentro de un centro cultural por medio de la captación pluvial como una solución viable ante la contaminación y escasez del recurso hídrico potable aprovechándola en actividades que no intervengan en consumo humano para beneficio de toda la comunidad universitaria de la extensión Zipaquirá.
- De acuerdo con los resultados obtenidos el municipio cuenta con una alta precipitación para conseguir abastecer completamente los sanitarios, lavado de pisos y techos cumpliendo a cabalidad con el objetivo general aprovechando al máximo el uso de agua lluvia durante los 12 meses del año.
- Los resultados afirman que la información de precipitación por los pluviómetros en temporada seca y de lluvia se validaron con los datos brindados por el IDEAM y fueron satisfactorios respecto a las pruebas estadísticas que se realizaron confirmando que tienen relación.
- Se determinó que respecto a la ley general de cultura si se puede realizar una construcción en un centro cultural que no afecte con los pasillos, vestíbulos y exterior de la casa.
- El periodo de recuperación de la inversión realizada por la Universidad de Cundinamarca extensión Zipaquirá en la construcción del tanque es de 15 años, dado que la inversión es muy alta, volvería inaccesible el proyecto si no se cuenta con la adecuada financiación externa para desarrollar el sistema.

## 6. RECOMENDACIONES

- Este proyecto plantea únicamente el diseño de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, por lo tanto, al implementar el proyecto se sugiere estudiar la red de distribución hidráulica de la casa debido a que se recolectó poca información y así obtener mayor precisión en la instalación hidráulica sin necesidad de romper o afectar el centro cultural.
- Se recomienda si se va construir dentro de un patrimonio cultural basarse en las diferentes normas de intervención y las condiciones de manejo estipuladas en la Ley general de cultural y la resolución 127 de 2017.
- Para el adelanto de nuevas investigaciones referentes al tema, se debe tener presente los fenómenos hidrológicos presentados en el país y la precipitación durante los últimos 10 años, como mínimo, para obtener resultados reales y claros, de igual manera si se desea realizar con pluviómetros se recomienda se realice con más de dos pluviómetros para que sus resultados sean más sesgados.
- Si se requiere instalar las canaletas en el bloque b se debe adecuar el techo que contenga una pendiente mínima a 28°. De igual manera si requiere establecer un tanque de mayor volumen se debe realizar una replantación del proyecto, además de escoger otra ubicación de la extensión propuesta por este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adler, I., Carmona, G., & Bojalil, J. A. (2008). *Manual de captación de aguas de lluvia para centros urbanos*. Mexico: International Renewable Resources Institute Mexico.
- Agudelo, R. M. (2 de junio de 2005). El agua recurso estrategico del siglo XXI. *Facultad Nacion de Salud Pública, I(23)*.
- Aguilera, L. (12 de Enero de 2016). *El Tiempo Zona*. Obtenido de Cundinamarca, sin agua por falta de prevision: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16478541>
- Alcaldía de Zipaquira. (2015). *Diagnostico plan de desarrollo*. Documento base para la formulación del plan de desarrollo en el municipio de Zipaquira., Zipaquira.
- Alcaldía de Zipaquira Cundinamarca. (03 de 12 de 2014). <http://www.zipaquira-cundinamarca.gov.co>. Obtenido de [http://www.zipaquira-cundinamarca.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.zipaquira-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml)
- Alvarez, G. (7 de agosto de 2011). *Claves para preservar el agua limpia en tanques*. Obtenido de Portafolio: <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/claves-preservar-agua-limpia-tanques-124202>
- Anaya, M. (2009). *Antecedentes de la captación del agua de lluvia*. Mexico.
- Anónimo. (23 de Octubre de 2008). *Ecología Verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/estres-hidrico-agua-en-peligro/>
- Aquino, T. C. (2006). Captación de agua de lluvia y almacenamiento en tanques ferrocemento. Mexico: Instituto politecnico nacional.
- Arango, C., Dorado, J., D., G., & Ruiz, J. F. (2012). *Grupo de Modelamiento de Tiempo, Clima y Escenarios de Cambio Climático*. IDEAM.
- Arango, C., Dorado, J., Guzmán, D., & Ruíz, J. (2013). *Variabilidad Climática de la Precipitación en Colombia asociada al ciclo El Niño, La Niña - Oscilación del sur (ENSO)*. Bogotá: Subdirección de Meteorología - IDEAM.
- Armao, H., & Luzardo, E. (2011). *Diseño de un sistema de aprovechamiento de aguas de lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable*. Tesis de Pregrado, Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo.
- Artigas, J. (2014). *Matriz de Ponderación para la selección y evaluación de proveedores del estado*. Montevideo.

- Ballen, J. A., Galarza, M., & Ortiz, R. O. (2006). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. *VI SEREA Seminario iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento urbano de agua*.
- Banco de Desarrollo de América Latina (CAF). (2015). *El futuro de los servicios de agua y saneamiento en América Latina*. Corporación Andina de Fomento.
- Banco Mundial. (1988). *Información y Capacitación en Abastecimiento de Agua y Saneamiento de Bajo*. CEPIS.
- Banco Mundial. (2014). *Promedio detallado de precipitaciones (mm anuales)*. Obtenido de <http://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.PRCP.MM?view=map&year=2014>
- Beleño, I. (13 de febrero de 2011). El 50% del agua potable es de mala calidad. *UNperiodico*, pág. 14.
- Bonilla, P. A. (24 de mayo de 2016). *Minas de sal de zipaquirá*. Obtenido de Patrimonio de Colombia: <http://minasdesalcol.blogspot.com.co/>
- Cambindo, K. A. (2014). *Propuesta de diseño de un sistema de captación de agua de lluvia y tratamiento de aguas*. Tesis Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Esmeraldas.
- Campos Aranda, D. (1998). *Procesos del ciclo hidrológico*. México: Universitaria Potosina.
- Campos, M. L. (29 de Julio de 2016). *Extrategia, Los sucesos de la verdad*. Obtenido de <http://www.extrategiamedios.com/noticias/cultura/1124-la-puerta-de-los-seis-martires-patrimonio-zipaquireno>
- Cárdenas, S. J. (marzo,2014). *Guía para realizar el monitoreo de la precipitación: midiendo la cantidad de precipitación*. Lima: GlobePerú.
- CEPIS, C. P. (2004). *Guía de diseño para captación del agua lluvia*. Lima: Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente.
- Climate*. (2015). Obtenido de <http://es.climate-data.org/location/49898/>
- Colombia, C. d. (12 de marzo de 2008). *Ley general de cultura. Ley 1185 de 2008*. Diario Oficial: 46929.
- Comité Técnico Asesor Sud América - SAMTAC. (2000). *Agua para el siglo XXI para América del Sur*. Bogotá D.C: Tiempo Nuevo.

- Congreso de Colombia. (12 de marzo de 2008). Artículo 10 N° 2, Ley General de Cultura. *Ley 1185 de 2008*. Diario Oficial: 46929.
- DANE. (2005). *Boletín censo general 2005*. Zipaquirá.
- Díaz Pulido, A. P., Chingate, N., Muñoz, D. P., Olaya, W., Perilla, C., Sánchez, F., & Sánchez, K. (2009). *Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia*. Bogotá.
- Earthgonomic. (25 de Febrero de 2017). *ECOOSFERA*. Obtenido de <http://ecoosfera.com/2017/02/el-agua-uno-de-los-recursos-mas-importantes-y-el-menos-valorado/>
- EcoPuma. (16 de julio de 2014). *HemisferioMx*. Obtenido de <http://www.sabersinfin.com/estoes/?tag=medio-ambiente&paged=2>
- Estupiñán, J. L., & Zapata García, H. O. (2010). *Requerimientos de infraestructura para el aprovechamiento sostenible del agua lluvia en el campus de la pontificia universidad javeriana, sede Bogotá*. Tesis Magister, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Evenary, M., Shanan, L., & Tadmor, N. (1968). Runoff farming in the Neguev desert. *Agron.*
- Fayanas, E. (7 de Enero de 2011). *Nueva Tribuna*. Obtenido de <http://www.nuevatribuna.es/articulo/medio-ambiente/la-crisis-del-agua-en-la-india/20110107141748040047.html>
- Fernández Pérez, I. (2009). *Aprovechamiento de aguas pluviales*. Barcelona.
- Fernández, S., Cordero, J. M., & Córdoba, A. (2002). *Estadística descriptiva*. Madrid: ESIC.
- Figuerola, N., & Guaraglia, M. (2014). *Mecanismos de ahorro de agua potable en edificios*. Universidad de la República, Montevideo.
- Fortuño, M. (01 de marzo de 2017). *El Blog Salmon*. Obtenido de <https://www.elblogsalmon.com/economia/la-economia-del-agua-cada-vez-sera-mas-importante>
- Ganeri, A. (1987). *El clima y el tiempo*. Londres: Usborne Publishing Ltd.
- García, A. (24 de abril de 2006). *Manual El Medio Ambiente en Colombia Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)*. Obtenido de Biblioteca virtual Luis Angel Arango :

<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/tesis-articulos-academicos/ingenierias>

- Garduño, M. A. (1998). *Sistema de captación de aguas lluvia para usos doméstico en América latina y el caribe*. Mexico: Agencia de Cooperación Técnica IICA-Mexico.
- Ghisi, E., & Ferreira, D. (2007). Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. *Building and Environment*(7), 42.
- Giraldo Ruiz, S. E. (2016). *Propuesta de diseño sistema de captación de aguas pluviales para la Universidad de Cundinamarca Extension Soacha*. Soacha.
- Giraldo, F. (2016). *Diseño y construcción de un sistema recolector de aguas lluvias para el modulo ecosostenible de la fundacion KYRIOS*. Pereira.
- Gobernacion de Cundinamarca. (2014). [www.cundinamarca.gov.co](http://www.cundinamarca.gov.co). Obtenido de <http://www.cundinamarca.gov.co/>
- González Villareal, F. (Junio de 2014). Sistemas de captación agua de lluvia. *Periodico digital de divulgación de la red de agua UNAM*.
- González, L., Aragon, A., & Moreno, R. (2015). *Determinar la vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico del paramo gerrero y establecer las posibles medidas de adaptación y mitigación*. Especializacion en recursos hídricos, Bogotá.
- Gonzalez, M. C., Saldarriaga, G., & Jaramillo, O. (2010). Estimación de la demanda de agua. En IDEAM, *Estudio Nacional del Agua 2010* (pág. 418). Bogota D.C: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Hernandez, F. M. (2005). *Captación de Aguas Lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Manual de capacitación para la participación comunitaria*. Marco Hernandez.
- Herrera Monroy, L. A. (2010). *Estudio de alternativas para el uso sustentable del agua lluvia*. Mexico.
- Hiram, G. V. (2012). *Sistema de captación y aprovechamiento pluvial para un ecobarrio de la CD. de Mexico*. Tesis de Maestria, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico.
- IDEAM. (2010). *Instituto de Hidrologia, Metereologia y estudios Ambientales*.
- IDEAM. (2010). Inventario de gases de efecto invernadero de Colombia.

- IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogota D.C.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2016). *Comunicado Especial N° 005 "Se mantiene la probabilidad de ocurrencia de la niña hacia final del 2016"*. Bogotá. Obtenido de [http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/boletines-fenomeno-de-la-nina?p\\_p\\_id=110\\_INSTANCE\\_RSHMphb97qfo&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&\\_110\\_INSTANCE\\_RSHMphb97qfo\\_struts\\_action=%2Fdocument\\_library\\_displ](http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/boletines-fenomeno-de-la-nina?p_p_id=110_INSTANCE_RSHMphb97qfo&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_110_INSTANCE_RSHMphb97qfo_struts_action=%2Fdocument_library_displ)
- Jaurilaritza, E. (1993). *Educación Ambiental: principios de enseñanza y aprendizaje*. Bilbao, España: Los libros de la catarata.
- Jouravlev, A. (2001). *Administración del agua en América Latina y el Caribe en el umbral del siglo XXI*. Santiago de Chile: CEPAL ECLAC.
- Juncosa Rivera, R. (2015). *Hidrología 1: Ciclo Hidrológico*. La Coruña: Universidad de la Coruña - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2000). *Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia, Experiencia en América Latina*. Santiago.
- Lambertini, M. (16 de Enero de 2017). *World Economic Forum*. Obtenido de <https://www.weforum.org/es/agenda/2017/01/nuestro-planeta-esta-en-un-momento-critico-pero-no-es-tarde-para-salvarlo/>
- León Romero, L. (2016). *Aprovechamiento sostenible de recursos hídricos pluviales en zonas residenciales*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Levine, D., Berenson, M., & Krehbiel, T. (2006). *Estadística para administración*. Pearson Educación.
- Ley N° 48. (26 de Julio de 2017). Congreso de la República de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Maderey Rascón, L. E. (2005). *Principios de Higeogeografía Estudio del Ciclo Hidrológico*. México: Serie Textos Universitarios. doi:970-32-2812-7
- Manufacturing Terms. (s.f.). *Manufacturing Terms*. Obtenido de <http://www.manufacturingterms.com/Spanish/Normality-Tests.html>
- Ministerio de Cultura. (24 de Enero de 2017). Resolución 127 . Bogotá, Colombia.

- Ministerio de Cultura. (s.f.). *MINCULTURA*. Obtenido de <http://www.mincultura.gov.co/areas/patrimonio/patrimonio-cultural-inmueble/patrimonio-arquitectonico/Paginas/Tr%C3%A1mites-y-servicios.aspx>
- Molina, L. F. (2015). Gestión urbana del recurso pluvial: Aproximación Histórica. *Revista de Investigación*, 174-187.
- Montealegre, J. E. (20 de Agosto de 2014). *Actualización del componente Meteorológico del modelo*. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología y Meteorología y estudios ambientales, IDEAM. Obtenido de INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM.
- Naciones Unidas. (2015). Agua para Todos, Agua para la vida. *Informe de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*, 4.
- Navarro, O. E. (2004). Representación social del agua y de sus usos. *Psicología desde el Caribe*, 222.
- Ojeda, A. (2013). *Agua y vida para saciar la sed de desarrollo*.
- Organización Panamericana de la salud - OPS. (2001). *Guía de diseño para captación del agua lluvia*. Obtenido de <http://www.aguasinfronteras.org/PDF/AGUA%20DE%20LLUVIA.pdf>
- Orús Lacort, M. (2014). *Estadística Descriptiva e Inferencial - Esquemas de Teoría y Problemas Resueltos* (Primera ed.). Lulu.com.
- Ospina, O., & Ramirez, H. (2014). Evaluación de la calidad del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en Ibagué. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 125-138. Obtenido de doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.812>
- Palacio, N. (2010). *Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia*. Tesis de Especialización, Universidad de Antioquia, Medellín.
- PAVCO. (mayo de 2014). *Manual técnico tubosistemas construcción*. Bogotá: Mexichem.
- Ramírez, M. F., & Yépes, M. J. (2011). Geopolítica de los recursos estratégicos: conflictos por agua en América Latina. *Revista de relaciones internacionales, estrategia y seguridad*.
- Redacción Bogotá. (18 de Septiembre de 2014). Polémica por la recolección de agua lluvia. *El Espectador*.

- Rendon, K. S., & Leboreiro Guerrero, P. (s.f). *Aprovechamiento de Agua Pluviales*. Mexico: XXI Congreso de Investigación.
- Rodríguez Loucel, R., Badía Serra, E., Porras, J., Viera, R. E., Orantes, B. R., & Vidal Vidales, A. C. . (2010). *Modelo de aprovechamiento de aguas lluvias en zonas de pobreza extrema*. El Salvador.
- Rodriguez, J., Garcia , C., & Garcia, J. (2016). Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia. *Revista de salud pública*, 738-745.
- Rodriguez, M., & Ardila, C. E. (1999). *Impacto socioeconómico y ambiental de la pequeña minería del carbon en los municipios de Zipaquirá, Nemocon, Suesca, Tausa, Sutatausa, Cucunuba y Lenguazaque*. Bogota D.C.
- Rojas Valencia, M. N., Gallardo Bolaños, J. R., & Martínez Coto, A. (2012). Implementación y caracterización de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 1(15), 16-23. Recuperado el 12 de Mayo de 2017, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-888X2012000100002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2012000100002&lng=es&tlng=es)
- Salgado Horta, D. (s.f.). *Estadística con Dago*. Obtenido de [http://www.estadisticacondago.com/images/estadistica\\_inferencial/Prueba%20de%20homogeneidad%20de%20la%20varianza.pdf](http://www.estadisticacondago.com/images/estadistica_inferencial/Prueba%20de%20homogeneidad%20de%20la%20varianza.pdf)
- Sanabria, J. A., & Perez, F. A. (2012). *Diseño de un sistema de captación de aguas lluvias para la utilización eficiente del recurso, en el estadio 1° de marzo en la Universidad industrial de Santander*. Bucaramanga.
- Sanz, E. (s.f.). ¿Qué es un Pluviómetro y cómo mide la lluvia? *Muy Interesante, Preguntas y Respuestas*.
- Suarez, P. (2010). *PlanetaBeta*. Obtenido de <http://planetabeta.com/la-importancia-de-ahorrar-el-agua>
- TodaColombia. (24 de abril de 2006). *TodaColombia*. Obtenido de <http://www.todacolombia.com/geografia-colombia/clima-colombiano.html>
- UNESCO. (2003). *Agua para todos, agua para la vida*. Paris: Primer Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos.

## ANEXOS

### Anexo 1. Guía del informe recolección de datos.

#### Guía del Informe recolección de datos.

Fecha: 5/Jul/2016 Realizada por: Rosa Sandra - Henry Ramos

#### 1. Ubicación Geográfica

Departamento: Cordillamarca Municipio: Tiroqueña  
 Altitud: 2,650 m

#### 2. Sistema para la Captación de Agua Lluvia.

- Fecha de implementación del sistema: 2017 - II
- Dimensiones del área de captación (Techos) (16,23 x 42,75)
- Dimensiones del tanque.
- Levantamiento de planos.

#### 3. Registros pluviométricos a nivel de la Extensión

Periodo 2016- II. Toma de medidas dos veces por semana.

Pluviómetros	Julio				Agosto				Octubre				Noviembre				Total
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	1	0	0	5	1	5	6	3	2	6	6	8	3	0	16	9	11
2	1	0	0	5	2	5	6	3	2	5	6	8	3	0	16	9	11
3	1	0	0	5	2	5	6	3	2	5	6	8	3	0	16	9	11

- Comparación de los datos de los pluviómetros con los del IDEAM. (10 AÑOS)

Años	Julio	Agosto	Octubre	Noviembre	Total
2006	16,35	16,35	25,3	112,21	

2007	16,9	24,8	74,8	25,35	
2008	20,35	20,85	32,9	42,4	
2009	21,4	21,9	43,8	27,8	
2010	52,4	25,35	62,3	65,3	
2011	19,4	11,35	47,3	69,4	
2012	13,85	10,25	29,8	18,85	
2013	4,7	13,3	46,4	54,9	
2014	4,15	10,25	47,4	44,9	
2015	33,4	16,35	28,4	35,4	

#### 4. Materiales y costos

Material	Descripción	Cantidad	P. unitario	P. total
(Anclajes) Plástico	Rango PVC	33x3mt	\$41.200	\$1.359.600
Metálico	(Anclajes) 33x3mt	33x3mt	\$16.500	\$874.500

#### 5. Balance Hídrico

Identificación del uso de agua de lluvia captada.

Determinación y cálculo del volumen del tanque.

Uso consumo mensual. (Recibos Públicos) ✓

## Registros pluviométricos.

MES	SEMANAS	DIA	HORA	PLUVIOMETRO 1 MM	PLUVIOMETRO 2 MM	PLUVIOMETRO 3 MM	PROMEDIO MM (H2O)
julio	1	martes	9:00am-1:00pm	1,0	1,0	1,0	1,0
		jueves	10:00am-1:00pm	2,5	2,5	2,5	2,5
	2	martes	9:00am-12:00pm	0,0	0,0	0,0	0,0
		viernes	9:00am-2:00pm	2,5	2,5	2,5	2,5
	3	lunes	11:00am-3:00pm	0,5	0,5	0,5	0,5
		miércoles	10:00am-2:00pm	3,5	3,5	3,5	3,5
	4	miércoles	10:00am-2:00pm	5,0	5,0	5,0	5,0
		viernes	11:00am-4:00pm	4,0	4,0	4,0	4,0
agosto	1	lunes	9:00am-1:00pm	2,5	2,5	2,5	2,5
		viernes	10:00am-2:00pm	3,5	3,5	3,5	3,5
	2	miércoles	9:00am-1:00pm	6,0	6,0	6,0	6,0
		sábado	10:00am-1:00pm	0,0	0,0	0,0	0,0
	3	lunes	9:00am-1:00pm	3,5	3,5	3,5	3,5
		jueves	10:00am-2:00pm	10,0	10,0	10,0	10,0
	4	miércoles	10:00am-2:00pm	3,0	3,0	3,0	3,0
		viernes	9:00am-2:00pm	1,0	1,0	1,0	1,0
octubre	1	jueves	9:00am-2:00pm	2,0	2,0	2,5	2,2
		sábado	10:00am-3:00pm	7,0	7,0	7,0	7,0
	2	miércoles	9:00am-2:00pm	6,0	5,5	6,0	5,8
		viernes	10:00am-3:00pm	4,5	5,0	5,0	4,8
	3	martes	9:00am-2:00pm	6,0	6,0	6,0	6,0
		sábado	10:00am-4:00pm	10,0	10,0	11,0	10,3
	4	miércoles	9:00am-2:00pm	8,0	8,0	8,0	8,0
		viernes	10:00am-2:00pm	5,5	5,5	6,0	5,7
noviembre	1	miércoles	9:00am-3:00pm	3,0	3,0	3,0	3,0
		sábado	10:00am-4:00pm	6,0	5,5	6,0	5,8
	2	martes	9:00am-2:00pm	16,0	16,0	15,5	15,8
		jueves	9:00am-2:00pm	12,0	12,0	12,5	12,2
	3	lunes	9:00am-3:00pm	9,0	9,0	9,0	9,0
		sábado	10:00am-4:00pm	10,5	10,0	10,0	10,2
	4	lunes	9:00am-2:00pm	11,0	11,0	10,5	10,8
		miércoles	9:00am-4:00pm	5,0	5,0	5,0	5,0

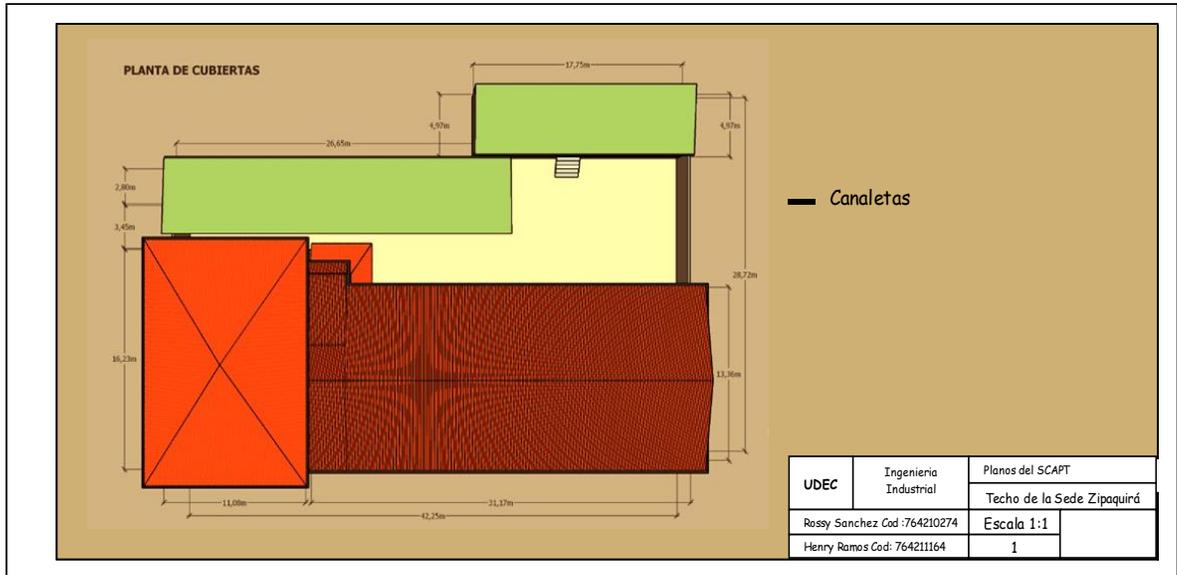
## Anexo 2. Lista de chequeo, Análisis de infraestructura.

	FORMATO				
	LISTA DE CHEQUEO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA EXTENSIÓN ZIPAQUIRA			VERSIÓN: 01	
	PROCESO GESTION PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS.			FECHA: 03-09-16	
			PÁGINA 1 de 1		
FECHA DE VISITA: 03 de enero del 2017		MUNICIPIO: Zipaquira			
INSTITUCION EDUCATIVA: Universidad de Cundinamarca					
Encargados del Diagnostico:: RossyMaribel Sanchez, Henry Alexander Ramos					
ASPECTO EVALUADO	DESCRIPCION	CUMPLE SI NO NA			OBSERVACIONES
Entorno y Terreno	¿La zona de ubicación de La Universidad De Cundinamarca tiene riesgo de derrumbes, avalanchas, inundaciones u otras situaciones riesgosas?	X			El municipio cuenta con un mapa de riesgos. Es vulnerable a terremotos según su antigüedad y tipo de material (adobe)
	¿La Universidad De Cundinamarca está ubicada cerca de canales abiertos, vías férreas o vías de alta velocidad?		X		
	¿El terreno de la Universidad De Cundinamarca no presenta elementos de riesgo como líneas de alta tensión, canales abiertos, pozos abiertos y antenas de telefonía celular?		X		
	¿El entorno de la Universidad De Cundinamarca, tiene terrenos formados por procesos geológicos lentos e ininterrumpidos que se caracterizan por una superficie suavemente inclinada o cambios repentinos de la topografía que indican un movimiento irregular de la tierra (desde el punto de vista geológico), como los causados por erosión producida por aguas en rápido movimiento?		X		
Planta Fisica	¿La Extensión cuenta con planos en medio fisico o magnetico?		X		Se realizan los planos de la sede.
	¿Las Instalaciones(electricas, gas y agua) de la Universidad De Cundinamarca está en buen estado de conservación?	X			
	¿La estructura de los pisos esta en buen estado?	X			Donde se colocara el tanque el piso es en cemento y esta un buen en estado para soportar el peso del tanque.
	Al momento de instalar el sistema de almacenamiento se puede romper para hacer un tanque subterráneo?		X		Según la Ley 1185 del 2008 en el artículo 10 esta prohibido construir, ampliar, modificar, reparar o demoler, total o parcial, de un bien de interés cultural, sin la respectiva licencia.
	¿Para la instalación de las canaletas la estructura de los techos esta en buen estado?	X			
	¿Para la instalación de los bajantes la estructura de los muros esta en buen estado?	X			Algunas grietas visibles en los muros por el adobe.
	¿Según el material del piso resiste para la instalacion del tanque superficial?	X			Debido a que es cemento si se puede superficial mas no subterráneo.
	¿Los servicios higiénicos para uso del personal docente y administrativo y del personal de servicio se encuentran en recintos separados de uso de los alumnos?	X			
Cimentaciones	¿ Los materiales estan acopiados de forma estable y separados de bordes para el diseño a realizar?	X			
	¿ En la universidad de Cundinamarca se ha implementado protección a los bordes de conexión entre vigas?	X			
	El techo presenta buenas condiciones sin rajaduras y limpio		X		Se hace un constante mantenimiento del techo.
	¿ Se han adecuado los accesos con pasarelas y escaleras provistas de barandilla y rodapiés en las instalaciones de la Universidad De Cundinamarca?	X			

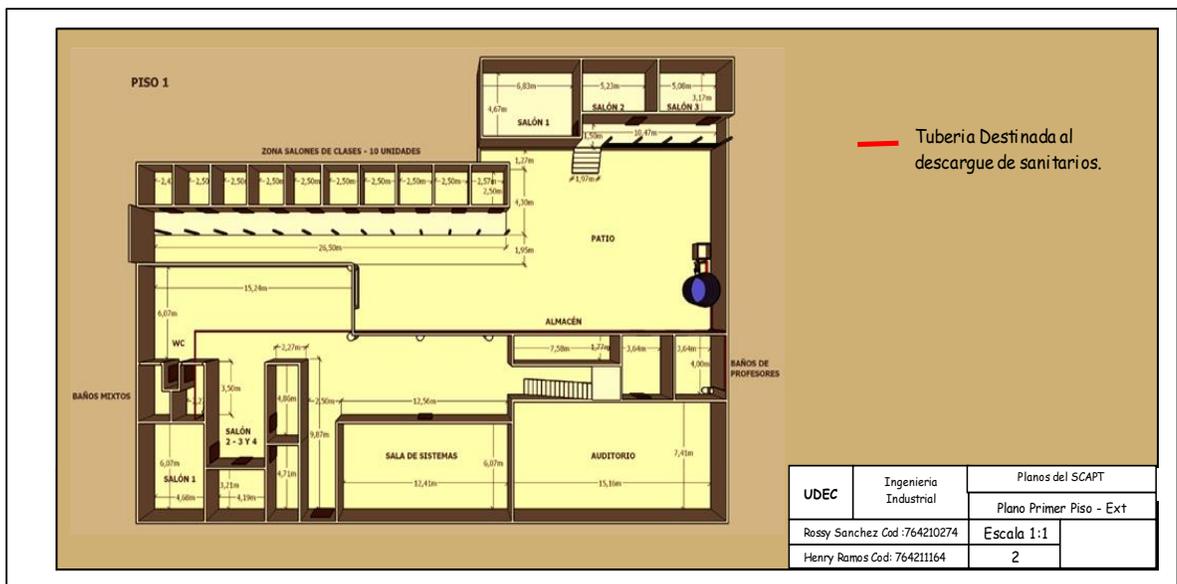
Fuente propia

## Anexo 3. Planos de la Extensión Zipaquirá

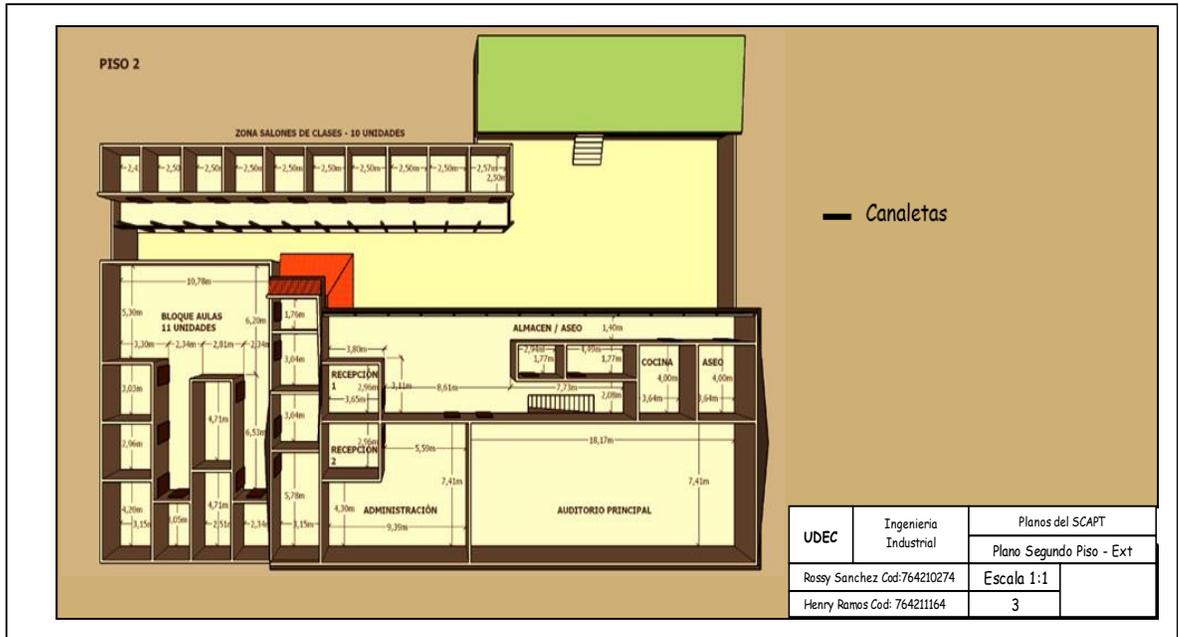
### Cubierta



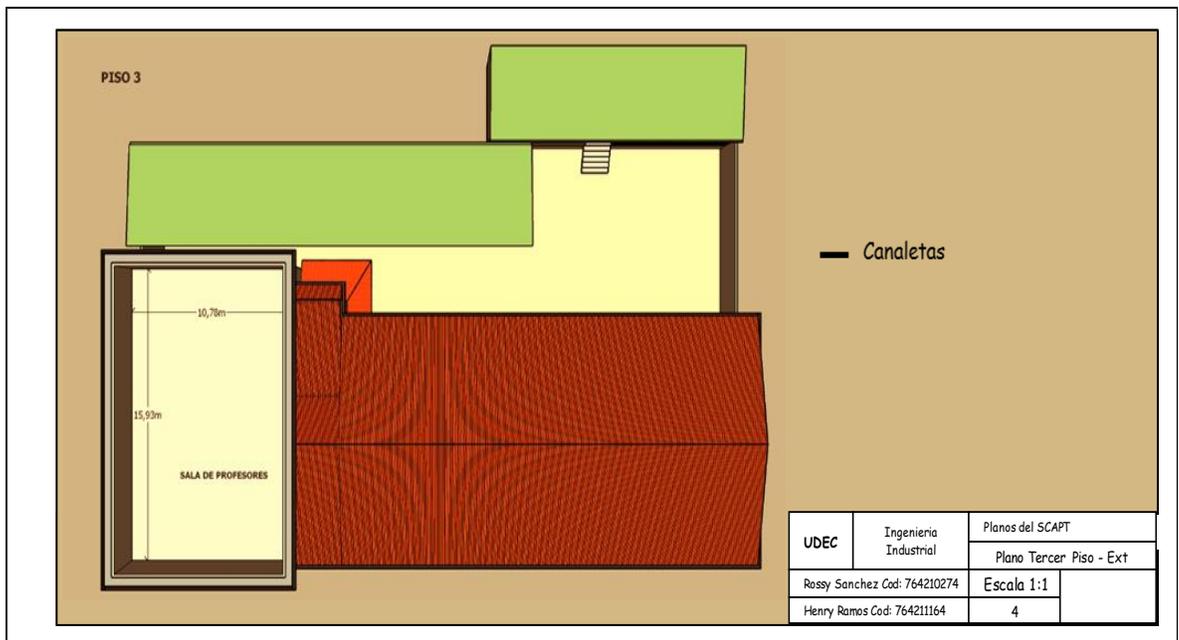
### Primer Piso



## Segundo Piso



## Tercer Piso



[Planos del SCAPT en la extensión Zipaquirá.](#)

## Anexo 4. Análisis Estadístico.

### Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
IDEAM Ppi (L/m2)	,275	4		,855	4	,241
Pluviómetros Ppi (L/m2)	,212	4		,963	4	,800

### Homogeneidad de Varianzas

Descriptivos				
		Estadístico	Error estándar	
Pluviómetros Ppi (L/m2)	Media	42,5416	11,67421	
	95% de intervalo de confianza para la	Límite inferior	5,3890	
		Límite superior	79,6941	
	Media recortada al 5%	42,2221		
	Mediana	39,6667		
	Varianza	545,149		
	Desviación estándar	23,34842		
	Mínimo	19,00		
	Máximo	71,83		
	Rango	52,83		
	Rango intercuartil	44,71		
	Asimetría	,537	1,014	
	Curtosis	-1,442	2,619	
	IDEAM Ppi (L/m2)	Media	32,7208	8,21710
95% de intervalo de confianza para la		Límite inferior	6,5703	
		Límite superior	58,8712	
Media recortada al 5%		32,6491		
Mediana		32,0758		
Varianza		270,083		
Desviación estándar		16,43420		
Mínimo		17,08		
Máximo		49,66		
Rango		32,58		
Rango intercuartil		30,33		
Asimetría		,074	1,014	
Curtosis		-5,207	2,619	

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Pluviómetros Ppi (L/m2)	4,00	170,17	42,54	545,15
IDEAM Ppi (L/m2)	4,00	130,88	32,72	270,08

ANÁLISIS DE VARIANZA

Prueba F para varianzas de dos muestras		
	IDEAM Ppi (L/m2)	Pluviómetros Ppi (L/m2)
Media	32,72	42,54
Varianza	270,08	545,15
Observaciones	4,00	4,00
Grados de libertad	3,00	3,00
F	0,50	
P(F<=f) una cola	0,29	
Valor crítico para F (una cola)	0,11	

Prueba T de student.

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	IDEAM Ppi (L/m2)	32,7208	4	16,43420	8,21710
	Pluviómetros Ppi (L/m2)	42,5416	4	23,34842	11,67421

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	IDEAM Ppi (L/m2) - Pluviómetros Ppi (L/m2)	-9,82083	8,75965	4,37983	-23,75939	4,11773	-2,242	3	,111

## Chi cuadrado.

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	12,000 <sup>a</sup>	9	,213
Razón de verosimilitud	11,090	9	,270
N de casos válidos	4		

a. 16 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,25.