

MEJORAMIENTO DEL SISTEMA RECOLECTOR DE  
AGUAS LLUVIAS EKOMURO H<sub>2</sub>O

JORGE ANDRÉS ROSAS ROSAS



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS  
BOGOTA, D.C.  
02/12/2019

**Mejoramiento Del Sistema Recolector De  
Aguas Lluvias Ekomuro H<sub>2</sub>O.**

**Jorge Andrés Rosas Rosas**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:  
Tecnólogo en Construcciones Arquitectónicas**

**Arq. José Alcides Ruiz Hernández**

**Docente**



Universidad La Gran Colombia

Facultad De Arquitectura

Programa de Tecnología en Construcciones Arquitectónicas

Bogotá D.C

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

Observaciones

---

---

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Firma Director Trabajo de Grado

\_\_\_\_\_  
Firma del presidente del jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del jurado

Bogotá D.C., Diciembre 2019

**Tabla de contenido**

Tabla de contenido .....	4
Lista de figuras.....	8
Lista de tablas.....	10
Resumen.....	12
Abstract .....	13
Introducción .....	14
1. Capítulo I: alcances y objetivos.....	15
1.1 Justificación.....	15
1.2 Formulación del problema .....	15
1.3 Formulación pregunta problema .....	16
2. Objetivos .....	17
2.1 Objetivo general .....	17
2.2 Objetivos específicos .....	17
2.3 Hipótesis.....	17
3. Metodología .....	18
3.1 Procedimiento .....	18
3.2 Enfoque .....	19
3.3 Alcance y limitaciones .....	19

# MEJORAMIENTO DEL SISTEMA RECOLECTOR DE AGUAS LLUVIAS EKOMURO H<sub>2</sub>O

	5
3.4 Técnicas.....	20
3.5 Instrumentos.....	21
3.6 Muestras .....	21
3.6.1 Unión.....	21
3.6.2 Medición del agua retenida en la cola de la botella .....	22
Cuantificación del agua retenida en la base de la botella.....	24
3.6.3 Cambio general .....	25
4 Capítulo II: conceptos previos.....	26
4.1 Marco teórico .....	26
4.1.1 Antecedentes .....	26
4.2 Marco conceptual.....	32
Concepto de lluvia.....	32
Concepto de ekomuro H <sub>2</sub> O .....	32
Concepto de captación de agua lluvia.....	32
4.3 Tipos de botellas PET .....	33
4.4 Ficha técnica botellas PET.....	33
4.5 Características de las botellas PET.....	34
4.6 Referente .....	34
4.6.1 RainDrops .....	34
4.6.2 Modelos de RainDrops.....	36

MEJORAMIENTO DEL SISTEMA RECOLECTOR DE  
AGUAS LLUVIAS EKOMURO H<sub>2</sub>O

	6
5 Capítulo III: propuesta ekomuro H <sub>2</sub> O – estrategias de estudio .....	37
5.1 Separación de los elementos .....	37
5.1.1 Definición límite de la propuesta .....	37
5.1.2 Escala y Proporción de la propuesta .....	37
5.1.3 Funcionalidad de la propuesta.....	38
5.1.4 Usos de la propuesta.....	38
5.2 Datos climatológicos en Bogotá.....	39
5.2.1 Lluvia acumulada en los últimos 7 días .....	39
5.2.2 Lluvias diarias del 01 al 07 de Sept.....	41
5.2.3 Lluvias diarias del 08 al 14 de Sept.....	43
5.2.4 Lluvias en tiempo real.....	44
5.3 Datos climatológicos en Pandi, Cundinamarca.....	45
5.3.1 Lluvia acumulada en los últimos 7 días .....	45
5.3.2 Lluvias diarias del 01 al 07 de Sept.....	47
5.3.3 Lluvias diarias del 08 al 14 de Sept.....	49
5.4 Análisis del costo .....	51
5.4.1 Memoria de cantidades .....	51
5.4.2 A.P. U del prototipo .....	52
5.4.3 Presupuesto del prototipo.....	53
5.4.4 Cálculo del porcentaje y ahorro de la propuesta .....	54

MEJORAMIENTO DEL SISTEMA RECOLECTOR DE  
AGUAS LLUVIAS EKOMURO H<sub>2</sub>O

	7
5.4.5 Grafica del porcentaje de la propuesta vs sistema actual .....	55
6 Capítulo IV: prácticas de la propuesta .....	56
6.1 Toma tiempo: montaje del módulo .....	56
Modelo en escala real.....	57
6.2 Toma tiempo: llenado del módulo .....	57
6.3 Cálculo capacidad de flujo y resultado del caudal .....	58
7. Capítulo V: Conclusiones.....	59
7.1 Conclusiones .....	59
8. Lista de referencias .....	60
9. Anexos.....	62

**Lista de Figuras**

Figura 1. Detalle unión en la base de las botellas PET .....	16
Figura 2.Unión actual del Ekomuro.....	21
Figura 3. Medición del agua retenida en botella de 1.75 litros.....	22
Figura 4. Medición del agua retenida en botella de 1.5 litros.....	22
Figura 5. Medición del agua retenida en botella de 2.0 Litros.....	23
Figura 6. Medición del agua retenida en botella de 2.5 Litros.....	23
Figura 7.Medición del agua retenida en botella de 3.0 Litros.....	24
Figura 8. Grafica del agua retenida.....	25
Figura 9. Cambio general que tendrá el prototipo (Propuesta).....	25
Figura 10. Instalación del sistema octo.....	28
Figura 11 .Esquema Bloque B .....	30
Figura 12. Medidas cubierta aeropuerto internacional el dorado.....	31
Figura 13. Sistema RainDrops .....	35
Figura 14. Funcionamiento del Sistema RainDrops .....	35
Figura 15. Sistema RainDrops con grifo incorporado y ajustable a tuberías.....	36
Figura 16.Sistema RainDrops con grifo incorporado y ajustable a tuberías.....	36
Figura 17. Sistema RainDrops con grifo incorporado y ajustable a tuberías.....	36
Figura 18. Proporción de la Propuesta.....	37
Figura 19. Descripción funcional de la propuesta.....	38
Figura 20..Porcentajes del Sistema Ekomuro H <sub>2</sub> O vs Propuesta .....	55
Figura 21 . Paso a paso de la construcción del modelo.....	56
Figura 22. Modelo en escala real .....	57

MEJORAMIENTO DEL SISTEMA RECOLECTOR DE  
AGUAS LLUVIAS EKOMURO H<sub>2</sub>O

	9
Figura 23. Ingreso de los datos de la tubería de 1/2" .....	58
Figura 24. Resultados de los datos ingresados de la tubería y caudal de la unión propuesta .....	58

**Lista de Tablas**

Tabla 1. cuantificación del agua retenida.....	24
Tabla 2. Consumo de agua por estratos en Bogotá .....	29
Tabla 3. Tipos de botellas .....	33
Tabla 4. Ficha Técnica.....	33
Tabla 5. Organización de imágenes referente.....	36
Tabla 6. Usos del agua lluvia de la propuesta.....	38
Tabla 7. Organización de la pluviometría del 25 al 31 de Agosto de Bogotá D.C. ....	39
Tabla 8. Organización de la pluviometría del 25 al 31 de Agosto de Bogotá D.C. ....	40
Tabla 9. Organización de la pluviometría del 01 al 07 de Sept de Bogotá D.C.....	41
Tabla 10. Organización de la pluviometría del 01 al 07 de Sept de Bogotá D.C.....	42
Tabla 11. Organización de la pluviometría del 08 al 14 de Sept de Bogotá D.C.....	43
Tabla 12. Organización de la pluviometría del 08 al 14 de Sept de Bogotá D.C.....	44
Tabla 13. Organización de la pluviometría del 25 al 31 de Agosto de Pandi, Cundinamarca.....	45
Tabla 14. Organización de la pluviometría del 25 al 31 de Agosto de Pandi, Cundinamarca.....	46
Tabla 15. Organización de la pluviometría del 01 al 07 de Sept de Pandi, Cundinamarca .....	47
Tabla 16. Organización de la pluviometría del 01 al 07 de Sept de Pandi, Cundinamarca .....	48
Tabla 17. Organización de la pluviometría del 08 al 14 de Sept de Pandi, Cundinamarca .....	49
Tabla 18. Organización de la pluviometría del 08 al 14 de Sept de Pandi, Cundinamarca .....	50

MEJORAMIENTO DEL SISTEMA RECOLECTOR DE  
AGUAS LLUVIAS EKOMURO H<sub>2</sub>O

	11
Tabla 19. Memoria de cantidades de obra .....	51
Tabla 20. A.P.U del prototipo.....	52
Tabla 21. Presupuesto final del prototipo.....	53
Tabla 22. Cálculo del Porcentaje y Ahorro de la Propuesta .....	54

### **Resumen**

El Ekomuro H<sub>2</sub>O es un sistema de recolección de aguas lluvias que se encuentra instalado en las zonas de bajos recursos y colegios públicos en Bogotá D.C, La presente monografía se basó en la unión que este novedoso sistema posee para unir las botellas de tereftalato de polietileno (PET) para así conformar un módulo de seis (6) botellas con diferentes volúmenes, la unión que se plantea es una Semiartesanal con el cual se conforma de cinco (5) elementos los cuales son. 2 tubos 2.5 cm, 2 adaptadores hembra y un niple PVC.

Específicamente para la implementación de esta propuesta en el sistema se debe analizar la presión que presenta el módulo donde se almacena el agua y la hermeticidad de la unión que posee, con la finalidad de que no se desperdicie el agua recolectada y mejorar el proceso de montaje y mantenimiento garantizando un mejor uso del agua lluvia.

Teniendo en cuenta a las amas de casa consultadas que fueron cuatro (4) estas lo usan para: vertimiento en el sanitario, lavado de ropa y juegos de cama, riego de plantas y aseo del hogar. De esta manera se puede dar una aproximación a la implementación de esta propuesta del sistema recolector y se genera una mejoría en la vida de estas personas y así ser autosuficientes ahorrando el agua.

Ya que al darse la implementación de esta propuesta se dará el uso correcto de esta fuente de abastecimiento recolectándola, almacenándola y utilizándola para los fines caseros mencionados anteriormente y no desperdiciándola como frecuentemente se hace con las bajantes que se emplean en las cubiertas.

**Palabras Claves:** Captación de Aguas Lluvias, Sistema de Recolección, Hermeticidad, Botellas de Tereftalato de polietileno, Módulo, Unión.

**Abstract**

The Ekomuro H<sub>2</sub>O is a rainwater collection system that is installed in low-income areas and public schools in Bogota D.C. This monograph was based on the union that this innovative system has to join the polyethylene terephthalate (PET) bottles to form a module of six (6) bottles with different volumes, the union that is proposed is a Semiartesanal with which is made up of five (5) elements which are. 2 tubes 2.5 cm, 2 female adapters and a nipple.

Specifically, for the implementation of this proposal in the system must analyze the pressure presented by the module where the water is stored and the tightness of the union it has, in order not to waste the collected water and improve the assembly process and maintenance ensuring better use of rainwater.

Taking into account the housewives consulted, there were four (4), they use it for: flushing in the toilet, washing clothes and bedding, watering plants and cleaning the home.

In this way it is possible to give an approximation to the implementation of this proposal of the collecting system and generates an improvement in the life of these people and thus be self-sufficient saving water.

When this proposal is implemented, the correct use of this source of supply will be given by collecting it, storing it and using it for the homemade purposes mentioned above and not wasting it as is frequently done with the downpipes that are used on the roofs.

**Keywords:** Rainwater Collection, Collection System, Hermeticity, Polyethylene Terephthalate Bottles, Module, Union.

### **Introducción**

En la presente investigación se desarrolla el mejoramiento del sistema recolector de aguas lluvias cuyo nombre es Ekomuro H<sub>2</sub>O donde en el capítulo I que abarca desde la justificación hasta los instrumentos que se emplean en él trabajo donde se busca dar soporte a la problemática identificada, continuando en el capítulo II que se inicia con el marco teórico hasta el referente que se utiliza para desarrollar la propuesta para tener una idea de lo que existe en el mercado, para el capítulo III se establece el desarrollo de la propuesta que inicia desde la definición del límite de la misma pasando por las precipitaciones de los casos de estudio que son en clima frío y cálido y para finalizar el capítulo se desarrolla el presupuesto que se determina el costo final del prototipo, prosiguiendo en el capítulo IV se pone a prueba el prototipo desarrollado realizando unas tomas de tiempo de montaje y llenado del módulo donde se da viabilidad para su implementación y que al finalizar la investigación en el capítulo V se den las conclusiones.

## **1. Capítulo I: Alcances Y Objetivos**

### **1.1 Justificación**

En el 2013 se crea el sistema Ekomuro H<sub>2</sub>O, que ha sido abundantemente utilizado en 50 colegios del territorio nacional y local de Bogotá D.C también en el sector de Altos de Cazuca, el Ekomuro presenta dos problemas y lo que busca es brindar una solución a estos problemas que afectan la modularidad del sistema recolector y la salud de los beneficiarios.

Teniendo en cuenta lo mencionado en el anterior párrafo, sus dos problemas se establece que su unión es fija y la base de la botella es donde se retiene el agua recolectada y no se puede hacer un cambio de esta y tocaría cambiar todo el módulo, al cambiar la posición de la botella la retención del líquido se eliminará completamente.

Para que la calidad de vida de estas comunidades periféricas y académicas mejoren positivamente y por consiguiente puedan acceder al auto suministro de aguas lluvias con este sistema recolector puesto que en estas zonas no hay un acueducto para esta población periférica ya que tienen inconvenientes legales con sus terrenos que no están legalizados, para que este sistema llegue a sus viviendas o la comunidad académica, además que en estas zonas se incentive la importancia del ahorro del líquido.

### **1.2 Formulación del problema**

En el contexto local, se detecta que el sistema Ekomuro H<sub>2</sub>O posee una unión fija y el agua se queda estancada en la base de las botellas a emplear por ende al tratarse del almacenamiento de un líquido este se puede retener en una pequeña parte (ver figura 1) porque sus botellas de 3 litros posee una base de 2 cm de altura y se presenta la unión en donde estos tres (3) elementos son sencillos y fijos, por lo tanto, no se está utilizando toda la capacidad de la

botella y la unión, no se desmontaría fácilmente en el caso de presentarse un fallo al sistema o para hacerle mantenimiento será necesario retirar todo el módulo para realizar esta actividad.

También la cantidad de agua que almacena, son 18 litros, influye su capacidad total, porque a medida que se cargue y descargue el módulo la retención de agua sube.

Finalmente se pretende mejorar la unión actual y cambiar la posición de la botella para que no se corra con el evento de la retención del agua, y se pueda usar el 100% de la botella.



*Figura 1.* Detalle unión en la base de las botellas PET.

Nota: En esta imagen se observa la unión actual del sistema Ekomuro H<sub>2</sub>O, del sistema recolector de aguas lluvias en la cual es fija y no permite un desacoplamiento individual de los elementos que la conforman. “Eko Group H<sub>2</sub>O +” por Eko Group H<sub>2</sub>O+, 2018. Recuperado de: <https://bit.ly/2uROXic>

### **1.3 Formulación Pregunta Problema**

¿Cómo crear un prototipo de Ekomuro H<sub>2</sub>O cuya unión se pueda cambiar fácilmente y no retenga el agua en las botellas?

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo General

Crear un prototipo Ekomuro que permita mejorar y optimizar su proceso constructivo y tener un flujo continuo del agua recolectada.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Analizar el funcionamiento actual del sistema recolector de aguas lluvias e identificar los elementos que lo componen para brindar una propuesta mejorada.
- Estudiar los referentes determinando sus ventajas y desventajas para que se implementen en el prototipo.
- Analizar el funcionamiento del prototipo en dos climas diferentes para determinar su variación.
- Diseñar un prototipo teniendo en cuenta la solución de las falencias identificadas en el sistema actual.

### 2.3 Hipótesis

Será posible implementar el prototipo dando una mejora en el montaje y desmontaje del sistema recolector de aguas lluvias, eliminando la retención del líquido en la base de la botella, optimizando el tiempo de instalación de este, así cualquier persona lo pueda ejecutar por sí mismo, por consiguiente, este prototipo de costo medio-bajo incentivará el ahorro del agua potable o generando una fuente de auto abastecimiento para las actividades cotidianas.

### 3. Metodología

#### 3.1 Procedimiento

En esta investigación se va a implementar el auto conocimiento, analizando este sistema recolector de aguas lluvias Ekomuro H<sub>2</sub>O y tomando como base los objetivos específicos, cada uno se analizará y ejecutará de manera individual para tener un orden, una claridad y un proceso de las actividades que se deben ejecutar. El método que se utilizará es inductivo para dar como resultado una propuesta para que posteriormente sacar las conclusiones, también se fundamentará en el enfoque mixto, es decir, cuantitativa y cualitativamente en el cual se trabajan diferentes características y su alternativa para este sistema que es novedoso hoy en día.

El procedimiento que se realizará para lograr el cumplimiento de los objetivos específicos son los siguientes:

- Ejecutar el modelo original del Ekomuro donde se entenderá el ensamblaje de este para analizar puntualmente su funcionamiento y posteriormente diseñar la propuesta.
- Análisis comparativo de los referentes determinando sus ventajas y desventajas para aplicarlo al prototipo.
- Diseñar el prototipo a partir de los referentes analizados.
- Instalar el prototipo en dos viviendas con clima variable para que posteriormente se analicen los resultados obtenidos.

### **3.2 Enfoque**

Para el enfoque se va a utilizar de forma mixta que es cuantitativa y cualitativamente inicialmente de forma cuantitativa realizando un análisis de eficiencia teniendo en cuenta:

- Cálculo y resultado del caudal que pasa por la unión
- Toma del tiempo que se toma al ejecutarlo
- Medición del agua retenida en la base de la botella
- Cuantificación del agua retenida en la base de la botella

Ahora de forma cualitativa se va a implementar el prototipo haciendo énfasis en:

- El conocimiento empírico del instalador
- El punto de vista del usuario beneficiado
- Proyección a futuras réplicas del prototipo

### **3.3 Alcance y limitaciones**

Lograr por medio de la propuesta desarmable y práctica que se va llevar a cabo garantice un proceso fácil y económico a la hora de montar y desmontar el Sistema Recolector de Aguas Lluvias Ekomuro H<sub>2</sub>O.

Las limitaciones se emplean principalmente en las variaciones climatológicas de ambos casos de estudio.

### **3.4 Técnicas**

Las técnicas que se van a utilizar son la de:

- **Escala**
- **Experimento**
- **Encuesta**

➤ **Escala:** Escala es una sucesión ordenada de cosas distintas, pero de la misma especie como por ejemplo la escala de colores. También, es la importancia o extensión que tiene un plan, situación o negocio, por ejemplo: juegos didácticos a escala infantil y juvenil. La palabra escala es de origen latín “scala”. (Significados, 2015, párr. 1)

➤ **Experimento:** De la misma manera que Julián Pérez Porto y María Merino (2010) “Del latín experimentum, experimento es la acción y efecto de experimentar (realizar acciones destinadas a descubrir o comprobar ciertos fenómenos). El procedimiento es muy habitual en el marco de la labor científica para tratar de ratificar una hipótesis.” (párr. 1)

➤ **Encuesta:** puesto que (Significados, 2017) una encuesta está constituida por una serie de preguntas que están dirigidas a una porción representativa de una población, y tiene como finalidad averiguar estados de opinión, actitudes o comportamientos de las personas ante asuntos específicos.

La encuesta se va a aplicar al instalador en la vivienda de clima cálido para saber su punto de vista con respecto a la instalación y funcionamiento del prototipo en este caso de estudio, para el caso de la vivienda de clima frío se va a tener en cuenta a los amigos y familiares. Que es el anexo 1.

### **3.5 Instrumentos**

#### **➤ Escala**

El tipo de escala que se va a utilizar es la **likert** ya que este tipo de escala definirá el nivel de los individuos a evaluar y esta va a estar incluida en la encuesta.

#### **➤ Experimento**

En el experimento se hará una serie de manipulaciones al material a emplear que dará como resultado la creación del modelo a ESC 1:1 de la propuesta.

### **3.6 Muestras**

Para dar complemento metodológico a lo anteriormente mencionado en el planteamiento del problema y la figura 1, se presentan en las siguientes muestras que se enumeradas del 2 al 7:

#### **3.6.1 Unión**



*Figura 2.* Unión actual del Ekomuro

Nota: como se evidenció en la figura 1 esta unión es la que hoy día se utiliza en el sistema limitándolo al no desarmado de este elemento.

Elaboración Propia

**3.6.2 Medición del agua retenida en la cola de la botella**



*Figura 3.* Medición del agua retenida en botella de 1.75 litros  
Nota: en esta figura nos da gráficamente la información que se toma con una escuadra y tomada la fotografía desde el teléfono móvil.  
Elaboración Propia



*Figura 4.* Medición del agua retenida en botella de 1.5 litros  
Nota: en esta figura nos da gráficamente la información que se toma con una escuadra y tomada la fotografía desde el teléfono móvil.  
Elaboración Propia



*Figura 5.* Medición del agua retenida en botella de 2.0 Litros  
Nota: en esta figura nos da gráficamente la información que se toma con  
una escuadra y tomada la fotografía desde el teléfono móvil.

Elaboración Propia



*Figura 6.* Medición del agua retenida en botella de 2.5 Litros  
Nota: en esta figura nos da gráficamente la información que se toma con  
una escuadra y tomada la fotografía desde el teléfono móvil.

Elaboración Propia



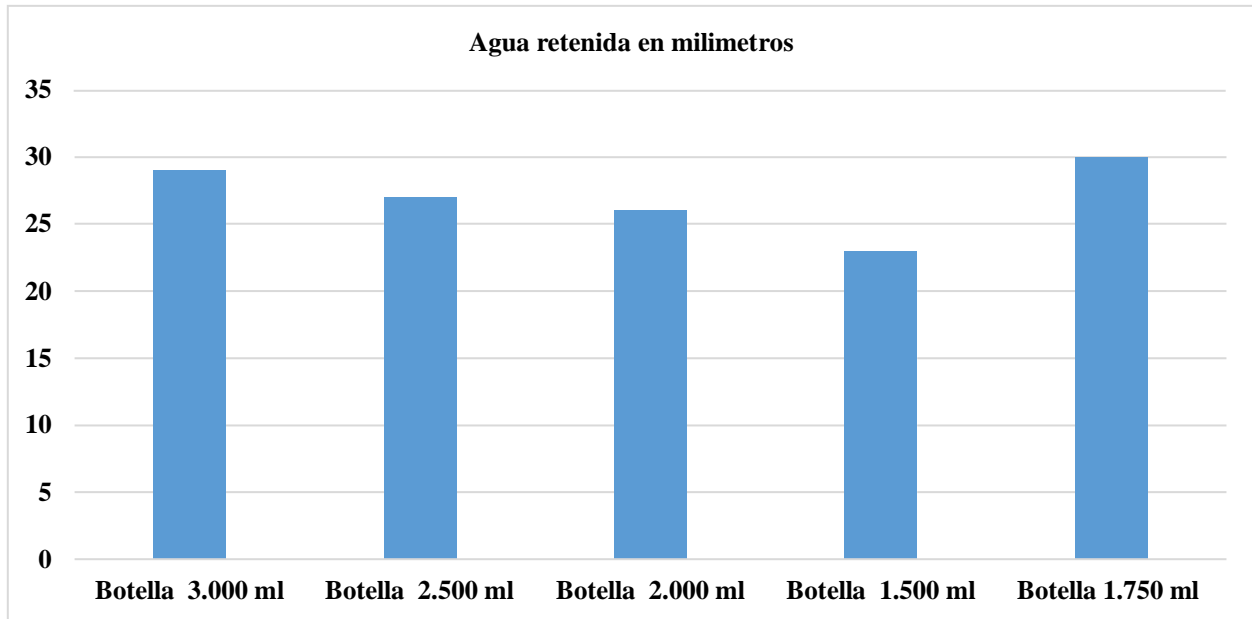
*Figura 7.* Medición del agua retenida en botella de 3.0 Litros  
 Nota: en esta figura nos da gráficamente la información que se toma con una escuadra y tomada la fotografía desde el teléfono móvil.  
 Elaboración Propia

**Cuantificación del agua retenida en la base de la botella**

En la presente tabla 1 se presenta la cuantificación de las anteriores figuras 3 a 7.

*Tabla 1.* cuantificación del agua retenida.

Tipo de botella	Capacidad total del sistema en litros	Fórmula	Agua retenida del sistema en litros
3.000 ml	18	18 / 29 ml	0.62
2.500 ml	18	18 / 27 ml	0.66
2.0000 ml	18	18 / 26 ml	0.69
1.500 ml	18	18 / 23 ml	0.78
1.750 ml	18	18 / 30 ml	0.6
Nota: Elaboración propia a partir del procedimiento realizado en las anteriores figuras donde se determinó la cantidad de agua retenida.			



*Figura 8.* Grafica del agua retenida.

Nota: en esta figura se representa gráficamente lo mencionado en la tabla 1.  
Elaboración Propia

### 3.6.3 Cambio General



*Figura 9.* Cambio general que tendrá el prototipo (Propuesta)

Nota: en esta figura se relaciona la aproximación real de cómo se conformará el módulo, la fotografía fue tomada desde el teléfono móvil.

Elaboración Propia

#### **4. Capítulo II: Conceptos Previos**

##### **4.1 Marco teórico**

En este marco teórico se incluye la puntualización de las teorías y referentes consultados en los trabajos de grado que ya se encuentran en la vida real prefiriendo los más acordes para dar el enfoque en esta investigación y concebir los factores que favorecen al medio ambiente generando un mejor aprovechamiento del agua lluvia recolectada proporcionando una contestación correcta desde la tecnología en la construcción arquitectónica dando nuevos ejemplos para el perfeccionamiento de los sistemas de recolección de aguas lluvias.

La proveniencia de las bases teóricas que posee plantea el proceso para la elaboración de este marco partiendo que estos sistemas se desarrollan año tras año y lograr entender la problemática que estos sistemas de recolección de agua lluvia abordando desde el análisis teórico para que posteriormente se comprenda su funcionamiento, a través de la categorización de cada uno con sus diferentes variables pero que da la solución a un problema fundamental como es el mínimo vital de agua.

##### **4.1.1 Antecedentes**

Para el estudio de los antecedentes cuya finalidad es la de analizar las bases teóricas de los anteriores trabajos de grado que se aplicaron en diferentes puntos de la ciudad de Bogotá D.C, pero inicialmente partiendo del año 4.000 A.c donde se crearon los primeros sistemas de recolección de aguas lluvias que estaba ubicado en los límites de Israel y Jordania que es el desierto de negev, referenciando a Suárez, García, y Mosquera (2000) estos sistemas consistían en el desmonte de lomeríos los cuales permitían aumentar la esorrentía superficial los cuales la canalizaban para los cultivos en zonas más bajas.

Siguiendo referenciando a los anteriores autores, el imperio romano que fue en los siglos III y IV A.c, la ciudad de roma en su gran parte conformada por viviendas unifamiliares que se llamaban “domus”, del latín casa romana el cual lo definía el nivel socioeconómico, estas viviendas contaban con un espacio a cielo abierto llamado “atrio”, que era una sala principal de estas viviendas que bordea a las habitaciones. la función de este atrio era abastecer a un estanque de almacenamiento que se llama “impluvium”.

Continuando en centroamérica más específicamente en México, según los autores se conoce el caso de los mayas donde sus reyes sostenían a su pueblo mediante construcciones de proyectos públicos al sur de la ciudad de Oxkutzcab lo que hoy día es el estado de Yucatán en la falda de la montaña Puuc, para el siglo X A.c la tecnología que ellos utilizaban para recolectar el agua lluvia eran en áreas de 100 a 200 m<sup>2</sup> y posteriormente almacenadas en cisternas que se llamaban “Chultuns” cuyo diámetro aproximado era de 5 metros ya que estas cisternas eran subterráneas y por ende las impermeabilizaban con yeso.

Desde el siglo XI hasta el XIII la recolección de agua lluvia decreció debido a que se estaba imponiendo métodos más actuales para la época que era la utilización de agua superficial y subterránea en la península de Yucatán porque los españoles en el siglo XIV colonizaron ese territorio para introducir otros sistemas agrícolas, animales domésticos, plantas y procesos constructivos europeos dejando a un lado los métodos tradicionales.

Ahora nos vamos a introducir al proyecto de una estudiante de la pontificia universidad javeriana sede Bogotá donde ella de basa en el Informe de Objetivos de Desarrollo del Milenio 2012 de la Organización de naciones unidas (ONU) donde este documento en su objetivo 7 que se titula *Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente* (Programa de las naciones unidas para el desarrollos, 2012) donde la estudiante identifica la carencia de la falta de agua potable como un problema del desarrollo del ser humano, la propuesta que ella propone es desarrollado por Narváez, (2012) llamado OCTO es un novedoso recolector de aguas lluvias que recolecta el agua de abajo hacia arriba llenando las botellas de 2.5 litros para el almacenaje.

Además, utiliza botellas de tamaño personal para darle rigidez, es decir que es auto portante y cuya capacidad total de almacenaje es de aproximadamente 220 litros que se encuentra instalado en el barrio de mochuelo bajo en la localidad de ciudad bolívar y cuya finalidad es generar una fuente de abastecimiento de agua potable a la comunidad, ahora veremos en la siguiente figura 10 la propuesta de esta estudiante.



*Figura 10.* Instalación del sistema octo.

Nota: Imagen tomada de Narváez Arango (2012) octo: diseño de un sistema para el aprovechamiento de aguas lluvias en la comunidad del mochuelo bajo como fuente alternativa de agua potable, instalación del cuerpo. Recuperado de: <https://bit.ly/2k1ftUw>

Continuando con los antecedentes más recientes de esta investigación nos encontramos de los estudiantes de la universidad la gran Colombia cuyo título se denomina *mejoramiento al sistema de recolección de aguas lluvias (scall)* desarrollado por Martínez y Mestizo, (2018) donde estos estudiantes analizaron los consumos de una familia promedio en Bogotá D.C en la localidad de Engativá donde ellos exponen en la siguiente tabla 1 de su autoría los diferentes consumos que se presentan.

*Tabla 2. Consumo de agua por estratos en Bogotá.*

<i>Estrato</i>	<i>Ducha</i>	<i>Baños</i>	<i>Grifo</i>	<i>Lavadora</i>
<i>1</i>	<i>15 L</i>	<i>20 L</i>	<i>41 L</i>	<i>24 L</i>
<i>2</i>	<i>15 L</i>	<i>25 L</i>	<i>40 L</i>	<i>19 L</i>
<i>3</i>	<i>17 L</i>	<i>24 L</i>	<i>39 L</i>	<i>20 L</i>
<i>4</i>	<i>18 L</i>	<i>32 L</i>	<i>32 L</i>	<i>18 L</i>
<i>5</i>	<i>19 L</i>	<i>32 L</i>	<i>31 L</i>	<i>18 L</i>
<i>6</i>	<i>18 L</i>	<i>32 L</i>	<i>33 L</i>	<i>16 L</i>

Nota: Elaboración de Martínez y Mestizo, (2018) de acuerdo con los datos El tiempo “Salvar el agua de Bogotá” 2014. Donde se realizó un estudio local de algunas familias que habitan en la ciudad de Bogotá. Recuperado de: <https://bit.ly/2RmkoOk>

De acuerdo con la tabla anterior, se representó el estudio de familias que viven en Bogotá, clasificándolas por el estrato al que pertenecen; para determinar qué cantidad de agua potable gasta cada una al momento de realizar las actividades del hogar. Para que posteriormente realicen los cálculos correspondientes con base a las precipitaciones que había en el aeropuerto internacional el dorado para poder ejecutar la propuesta a una vivienda del sector de las ferias ubicado en la localidad de Engativá canalizando el agua recolectada a tres puntos de la vivienda los cuales fueron: la alberca, la lavadora y finalmente el sanitario ya que el sistema que ellos proponen funciona por gravedad y que según sus conclusiones les genero un ahorro en la factura de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá ( EAAB) siempre y cuando el tanque este ocupando los 1.000 litros de agua lluvia.

Según Sastoque, (2014) estudiante de la universidad libre de Colombia ella en su facultad de ingeniera pretende implementar un sistema recolector y potabilización del agua lluvia en su universidad en la sede de bosque popular en el bloque P donde ella ve una ventana de concientizar a la comunidad universitaria en fomentar el uso del agua lluvia ahorrando el agua potable realizando una variedad de ensayos de laboratorio los cuales son:

- Análisis y pruebas del agua lluvia
- Análisis bacteriológico
- Análisis de la acidez o pH
- Análisis de turbiedad
- Entre otros

También ella realiza pruebas con filtros de arena, filtro lento de arena y filtro rápido de arena, osmosis inversa y filtros de caucho para finalizar su trabajo de grado en las conclusiones indica que los estudiantes de la universidad saben reconocer la importancia y el correcto uso del agua potable y demuestran su preocupación por la situación actual que se presenta por el calentamiento global y ellos adquieren hábitos de ahorro en diferentes aspectos de la vida cotidiana, ahora observamos en la siguientes figura su propuesta con respecto a su investigación.



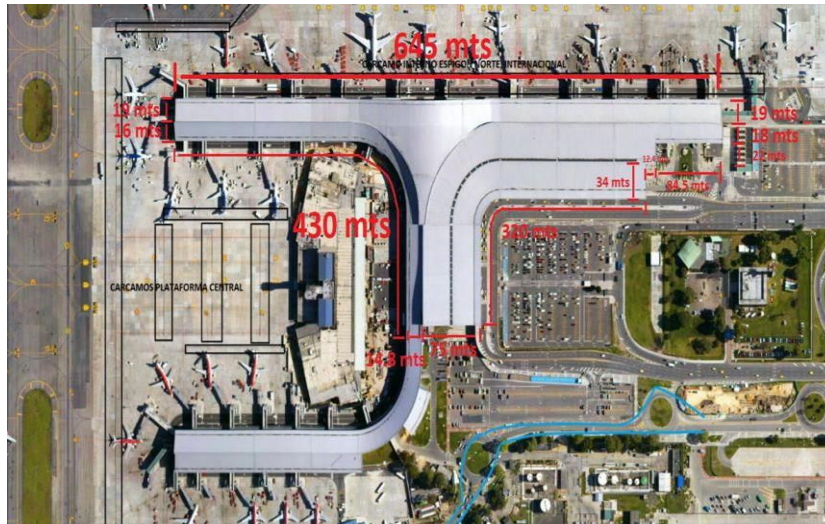
*Figura 11* .Esquema Bloque B.

Nota: Correa Sastoque (2014) diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de aguas lluvias como alternativa de ahorro de agua potable en la universidad libre de Colombia, sede bosque popular, bloque p y cafetería, Sistema de captación de aguas lluvias y tubería de distribución Bloque P.

Recuperado de: <https://bit.ly/2k1mFQw>

Puesto que Melo, (2018), este estudiante de la universidad de la Salle también ingeniero plantea una evaluación sobre la recolección de aguas lluvias que se presentan en el aeropuerto internacional el dorado cuyo sistema se denomina *sistema sifónico QuickStream* ya que es un sistema de evacuación de grandes superficies que se canaliza tradicionalmente, es decir canales y bajantes, hasta el tanque subterráneo de almacenamiento donde le realizan su tratamiento para potabilizarla y así poder suministrarla a los diferentes puntos hidráulicos que posee el aeropuerto donde en su trabajo de grado anexa las medidas que tiene la cubierta del terminal aéreo las cuales se presentan en la siguiente figura 11 que son de son suministradas por el consorcio de OPAIN

S.A



*Figura 12.* Medidas cubierta aeropuerto internacional el dorado.

Nota: Melo Niño (2018) evaluación del sistema de captación y aprovechamiento del agua lluvia implementado en el aeropuerto internacional el dorado de Bogotá, Plano de medidas cubierta Aeropuerto Internacional el Dorado.

Recuperado de: <https://bit.ly/2kyHKSz>

Cuya área de aprovechamiento total según su trabajo es de aproximadamente 50.107 m<sup>2</sup>

Ya para finalizar el estudiante concluye que se le realice un adecuado y periódico mantenimiento a los tanques disipadores que están en el subsuelo de la terminal aérea.

## **4.2 Marco conceptual**

### **Concepto de Lluvia**

De acuerdo con Edgar De los Santos (2018) es un fenómeno muy común en el medio ambiente y es uno de los más extraordinarios en términos científicos ya que es una precipitación del agua presente en el suelo que por medio de la evaporación esta sube gaseosamente a las nubes para que posteriormente vuelva a caer a la tierra después de hacer un proceso de condensación del vapor de agua y por consiguiente cae por gravedad por su propio peso. (párr. 1)

### **Concepto de Ekomuro H<sub>2</sub>O**

Como Ekomuroh2o (2013), el sistema recolector de agua lluvia en el cual está elaborado con botellas PET de 3 litros o garrafas de 20 litros de capacidad que se interconectan con un tubo de PVC y forman un depósito vertical, compacto y resistente a las presiones del líquido que ocupa un mínimo de espacio satisfaciendo las necesidades y ahorrando agua.






### **Concepto de captación de agua lluvia**

Puesto que Raúl Mannise (2011), la recuperación del agua pluvial consiste en filtrar el agua lluvia captada en una superficie determinada que generalmente es la cubierta o azotea para que posteriormente se almacene en un depósito. De este modo, el agua se recoge mediante canalones o sumideros en un tejado o una terraza que se conduce por las bajantes para que se almacene en el depósito elegido.

### **4.3 Tipos de botellas PET**

A continuación, observamos los diferentes tipos de botellas que cotidianamente se usan en el día a día en el cual se evidencia en la siguiente tabla 3.

*Tabla 3. Tipos de botellas.*

<b>Botella de 1.75 litros</b>	<b>Botella de 1.5 litros</b>	<b>Botella de 2 litros</b>	<b>Botella de 2.5 litros</b>	<b>Botella de 3 litros</b>
				
Imagen Propia	Imagen Propia	Imagen Propia	Imagen Propia	Imagen Propia

Nota: Para esta tabla 3 se describe gráficamente los diferentes tipos de botellas existentes en el mercado y que día a día las consumimos dándole una universalidad al sistema recolector que podemos utilizar este tipo de botellas para conformar un ekomuro propio. Elaboración Propia

### **4.4 Ficha técnica botellas PET**

A continuación, observamos en la tabla 4 la ficha técnica de las botellas mencionadas en la anterior tabla 3 con sus respectivos datos.

*Tabla 4. Ficha Técnica.*

	<b>Capacidad en Lts</b>	<b>Diámetro Externo cm</b>	<b>Diámetro Interno cm</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Espesor cm</b>	<b>Peso Gramo</b>
1	1.75	7,5	7,4	28,1	0,1	30
2	1,5	29,5	29,4	27,4	0,1	31
3	2	35	34,9	30	0,1	70
4	2,5	35	34,9	34	0,1	20
5	3	36	35,9	33	0,1	70

Nota: Con esta ficha técnica de cada una de las botellas enseñadas en la anterior tabla 3 nos da las cifras numéricas a tener en cuenta para cuando instalemos el prototipo nos ocupe un mínimo espacio vertical y que soporte la cantidad de agua que va a almacenar. Elaboración Propia

#### **4.5 Características de las Botellas PET**

Las principales características de las botellas PET aplicadas al prototipo son:

- Permite el almacenamiento de productos oxidables
- Impide la liberación del oxígeno contenido
- Permite la aplicación de diferentes colores
- Es irrompible
- Es liviano
- Es impermeable
- No es toxico
- Resistente a los esfuerzos permanentes y al desgaste de este
- 100% reciclable

#### **4.6 Referente**

##### **4.6.1 RainDrops**

Conforme EcoInventos, (2014) el sistema de Rain Drops cuyo creador es Evan Gant que se trata el mismo principio del Ekomuro H<sub>2</sub>O, pero sus diferencias son:

- La botella esta inclinada a 45°
- Accesorio tipo gota (color azul claro)
- Accesorio tipo tapa de shampoo (color verde lima)

Como se muestra en las siguientes figuras 13 y 14 y su proceso de purificación se hace por el método SODIS (desinfección solar de agua) el cual consiste en desinfectar el agua recolectada utilizando la luz del sol y el empleo de botellas transparentes y es recomendado por la OMS (Organización Mundial de la Salud).

### Sistema de RainDrops

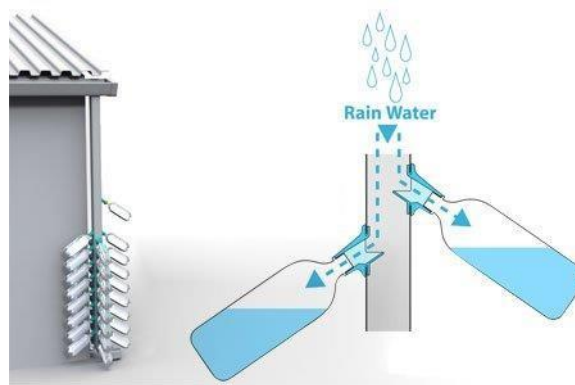


*Figura 13.* Sistema RainDrops

Nota: en esta figura se da gráficamente los componentes que se requieren para conformar este sistema recolector de agua lluvia que es totalmente diferente al Ekomuro H<sub>2</sub>O en su parte estética pero funcionalmente es el mismo principio.

“Rain Drops, o como embotellar agua de lluvia”, Ecoinventos ,2014, Recuperado de: <https://bit.ly/2YfPsRa>

### Funcionamiento del sistema de RainDrops



*Figura 14.* Funcionamiento del Sistema RainDrops

Nota: en esta figura se da gráficamente los componentes que se requieren para conformar este sistema recolector de agua lluvia que es totalmente diferente al Ekomuro H<sub>2</sub>O en su parte estética pero funcionalmente es el mismo principio.

“Rain Drops, o como embotellar agua de lluvia”, Ecoinventos ,2014, Recuperado de: <https://bit.ly/2Pe6jQj>

#### **4.6.2 Modelos de RainDrops**

En proporción EcoInventos, (2018) hoy día este sistema tiene dos (2) modelos el primero es el que se evidenció en las anteriores figuras 13 y 14, ahora en las figuras 15, 16 y 17 que se organizan en la siguiente tabla 4 se observa su otro modelo.

*Tabla 5. Organización de imágenes referente.*



*Figura 15.* Sistema RainDrops con grifo incorporado y ajustable a tuberías.



*Figura 16.* Sistema RainDrops con grifo incorporado y ajustable a tuberías.



*Figura 17.* Sistema RainDrops con grifo incorporado y ajustable a tuberías.

*Nota: En esta tabla se organiza gráficamente el otro modelo del sistema RainDrops que es totalmente diferente a los que se mencionaban en las anteriores figuras 12 y 13 ya que cambia el almacenamiento y la salida del agua recolectada para usar como se expone en la figuras 15, 16 y 17.*

“Raindrop; el recolector de agua lluvia con grifo incorporado y ajustable a tuberías”, Enoinventos, 2018, Recuperado de: <https://bit.ly/2WV3LZR>

La diferencia que hay entre uno y otro es que el segundo modelo hace parte de un estudio holandés que se especializa en el diseño de productos Bas Van Der Veer que se presentó en el 2018 con esa propuesta que se ajusta directamente a tuberías entre los 50 y 80 milímetros que en centímetros son 5 y 8 respectivamente, también esta propuesta incorpora una jarra en caucho europeo que recibe el agua que baja por la tubería y para su uso se incorpora en la parte inferior un grifo que permite una universalidad con otros complementos para cualquier uso que el usuario le dé.

## 5. Capítulo III: Propuesta Ekomuro H<sub>2</sub>O – Estrategias de estudio

### 5.1 Separación de los Elementos

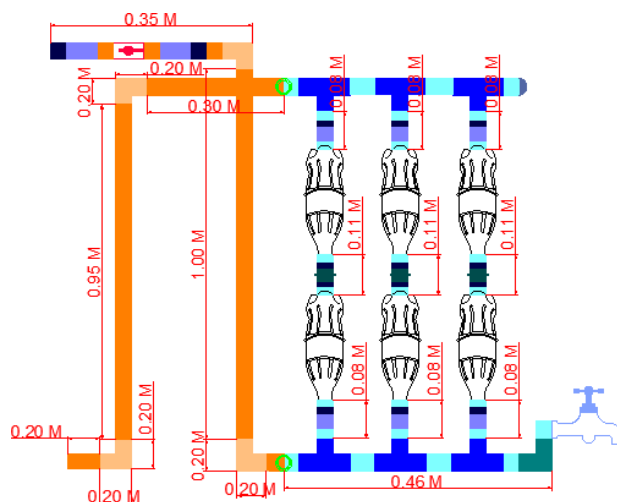
#### 5.1.1 Definición límite de la Propuesta

La propuesta se limitará a la ciudad de Bogotá D.C y al municipio de Pandi, Cundinamarca ya que en las viviendas donde se instalará cuenta con la infraestructura adecuada para hacer la instalación del prototipo y la tubería requerida para dar cumplimiento a los usos que se le dará al agua recolectada.

#### 5.1.2 Escala v Proporción de la propuesta

La escala que se va a utilizar es 1:1 es decir escala real ya que la proporción que se manejará se presenta en la siguiente figura 18 que son 6 botellas por cada módulo, esto varía según la altura que posea el espacio a instalar.

#### Proporción de la propuesta



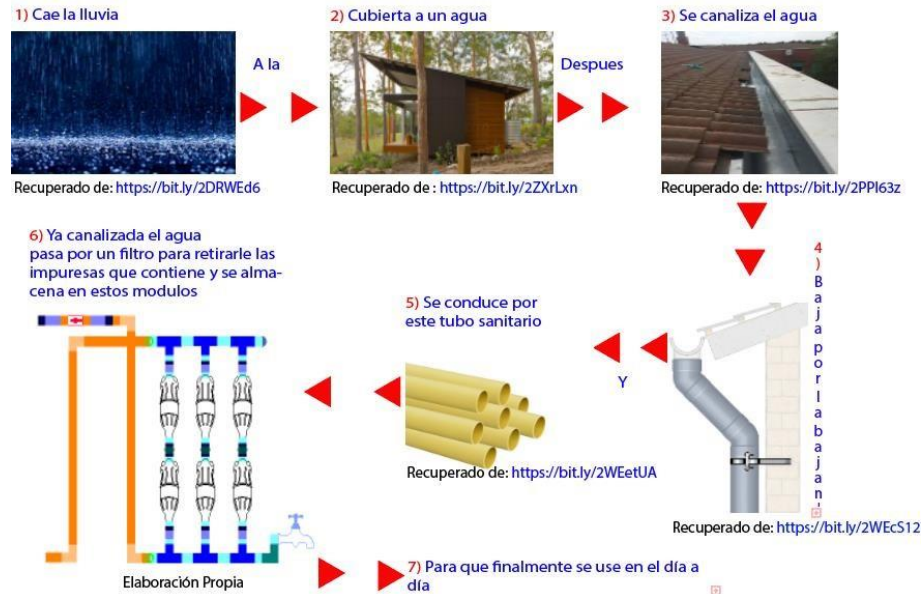
*Figura 18.* Proporción de la Propuesta

*Nota:* En esta figura se da la proporción del prototipo para una altura máxima dependiendo el tipo de botella empleada que se detalló en las anteriores tablas 3 y 4.

Elaboración Propia en AutoCAD

**5.1.3 Funcionalidad de la propuesta**

A continuación, en la siguiente figura 19 se describe el paso a paso de la funcionalidad de la propuesta.



*Figura 19.* Descripción funcional de la propuesta.

Nota: en esta figura se describe gráficamente la funcionalidad del prototipo previamente instalado en el espacio definido  
Elaboración Propia

**5.1.4 Usos de la propuesta**

A la propuesta se le darán los siguientes usos que se exponen en la siguiente tabla 6:

*Tabla 6.* Usos del agua lluvia de la propuesta.

Lavado de zonas comunes	Riego de plantas	Lavado de Ropa
<p>Recuperado de: <a href="https://bit.ly/2H5pWaq">https://bit.ly/2H5pWaq</a></p>	<p>Recuperado de: <a href="https://bit.ly/2DPYqLL">https://bit.ly/2DPYqLL</a></p>	<p>Recuperado de: <a href="https://tmdo.co/2H3E43J">https://tmdo.co/2H3E43J</a></p>

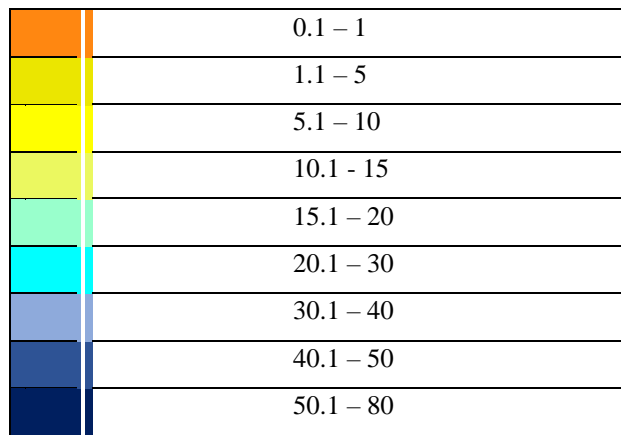
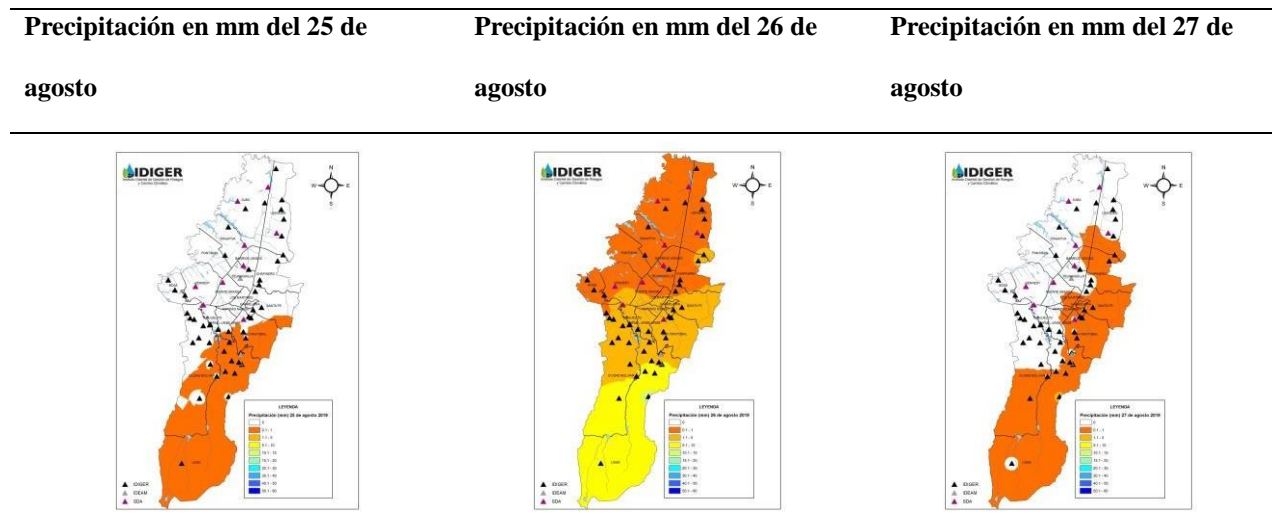
Nota: En esta tabla se menciona textual y gráficamente los usos puntuales a los que se dará uso el agua recolectada, ahorrando agua potable.  
Elaboración Propia

**5.2 Datos climatológicos en Bogotá**

**5.2.1 Lluvia acumulada en los últimos 7 días**

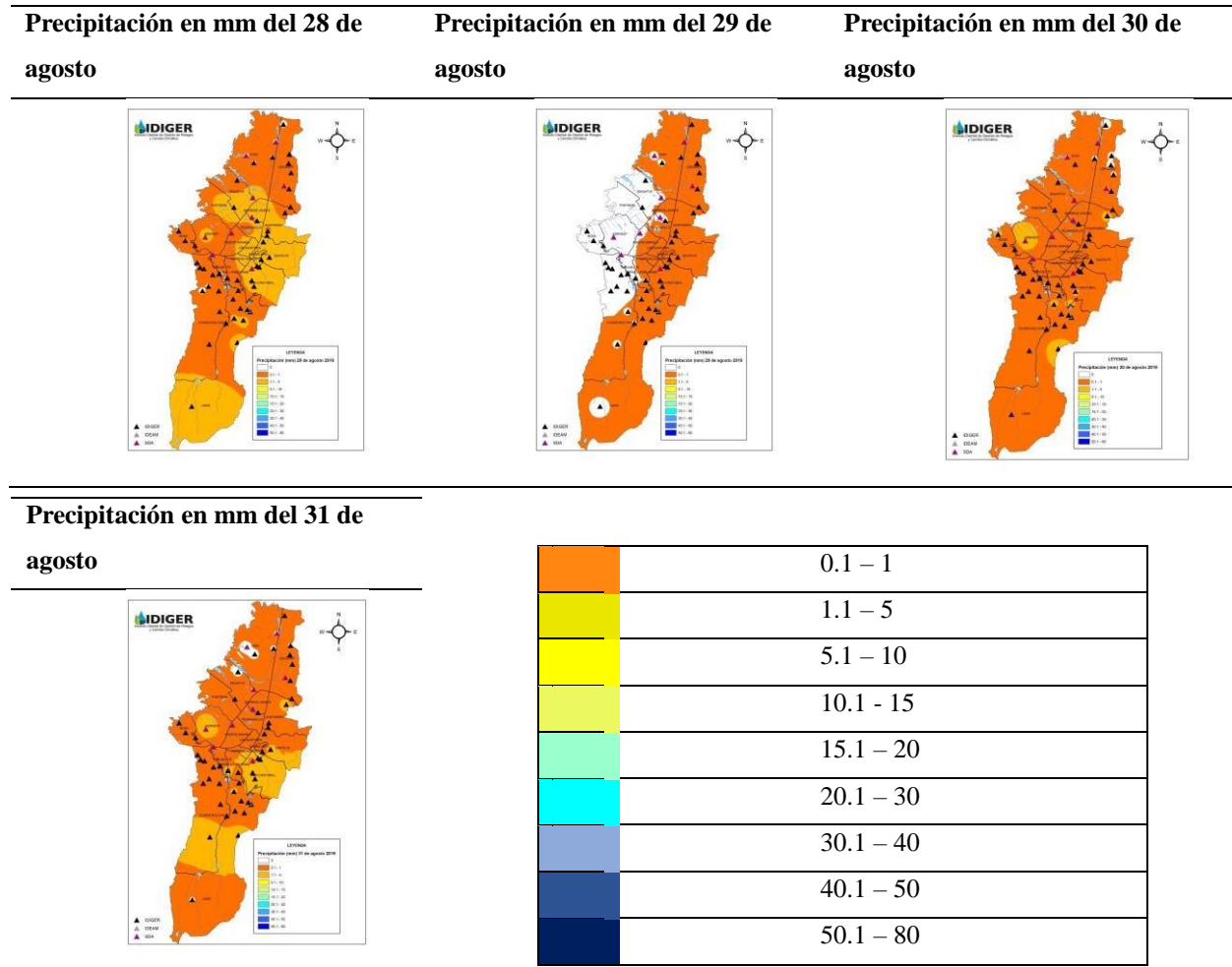
Conforme el Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático, (2019) , se presentan en las tablas 7 y 8 los 7 días desde el 25 de agosto hasta el 31 de agosto de 2019.

*Tabla 7. Organización de la pluviometría del 25 al 31 de agosto de Bogotá D.C.*



Nota: la tabla donde se encuentran los colores especificados es la misma para las tres imágenes. Recuperado de: <https://bit.ly/2Pfe4AI> Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático [IDIGER]→Sistema de Alertas de Bogotá →Lluvia Diaria y Acumulada Últimos días

*Tabla 8. Organización de la pluviometría del 25 al 31 de agosto de Bogotá D.C.*

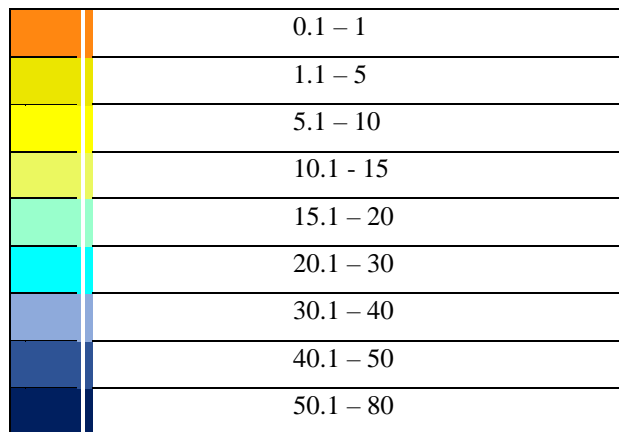
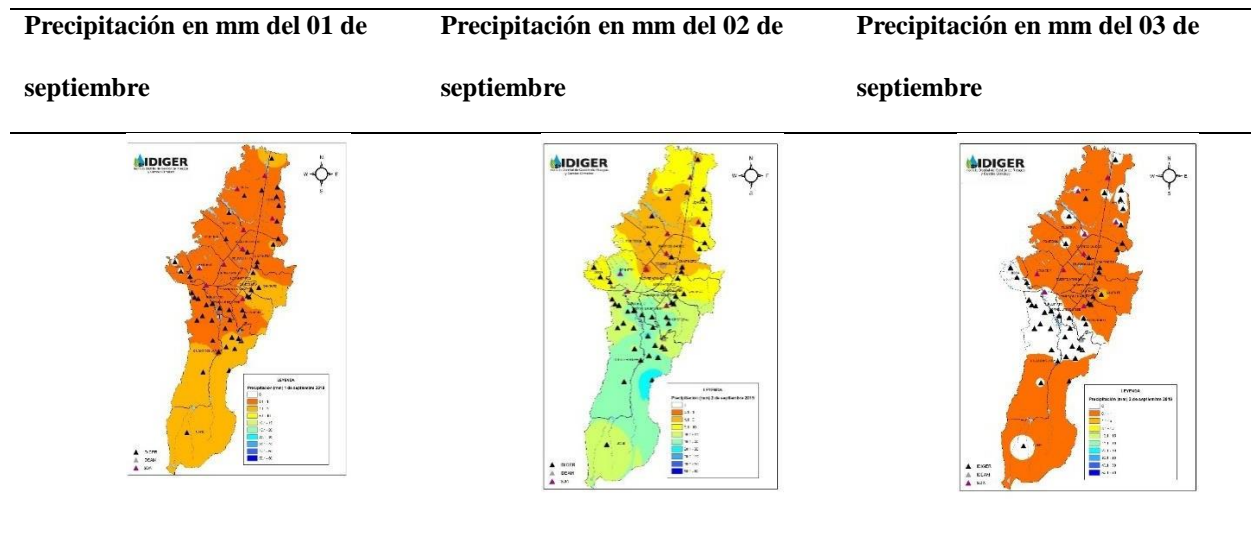


Nota: la tabla donde se encuentran los colores especificados es la misma para las cuatro imágenes  
 Recuperado de: <https://bit.ly/2Pfe4AI> Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático  
 [IDIGER]→Sistema de Alertas de Bogotá →Lluvia Diaria y Acumulada Últimos Días

**5.2.2 Lluvias diarias del 01 al 07 de Septiembre**

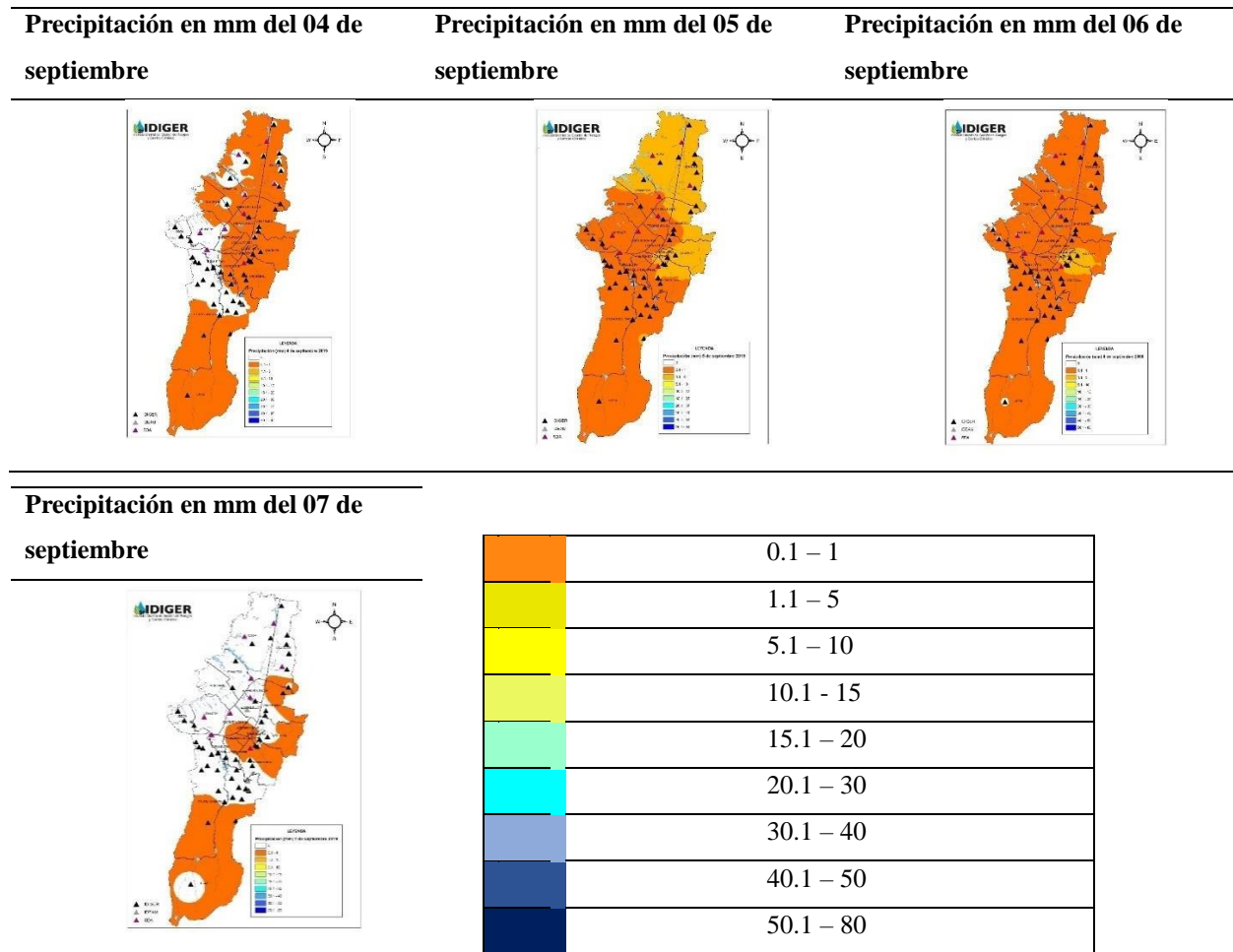
Acorde el Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático, (2019), se presentan en las tablas 9 y 10 desde el 01 de septiembre hasta el 07 de septiembre de 2019

*Tabla 9. Organización de la pluviometría del 01 al 07 de septiembre de Bogotá D.C.*



Nota: la tabla donde se encuentran los colores especificados es la misma para las tres imágenes  
 Recuperado de: <https://bit.ly/2Pfe4AI> Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático [IDIGER]→Sistema de Alertas de Bogotá →Lluvia Diaria y Acumulada Últimos Días

*Tabla 10. Organización de la pluviometría del 01 al 07 de septiembre de Bogotá D.C.*

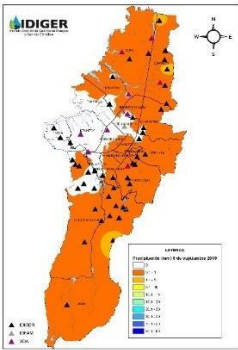
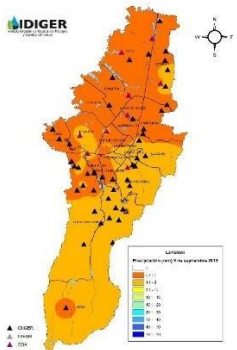
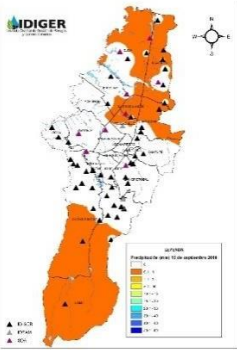











Nota: la tabla donde se encuentran los colores especificados es la misma para las cuatro imágenes  
 Recuperado de: <https://bit.ly/2Pfe4AI> Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático [IDIGER]→Sistema de Alertas de Bogotá →Lluvia Diaria y Acumulada Últimos Días

**5.2.3 Lluvias diarias del 08 al 14 de Septiembre**

Correspondiente el Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático, (2019), se presentan las siguientes tablas 11 y 12 desde el 08 de septiembre hasta el 14 de septiembre de 2019

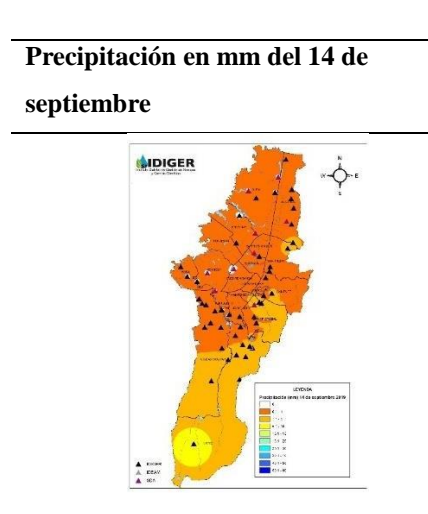
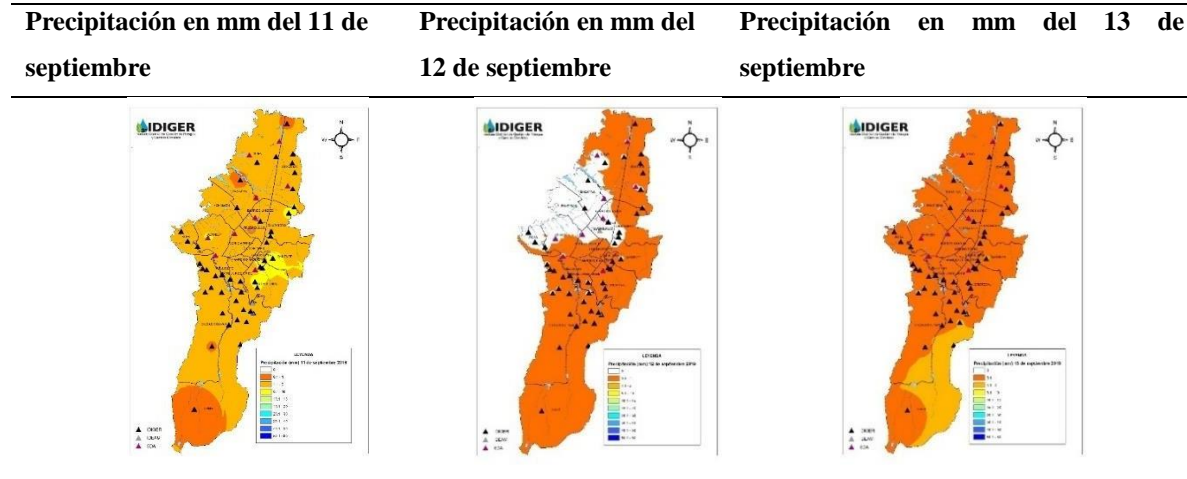
*Tabla 11. Organización de la pluviometría del 08 al 14 de septiembre de Bogotá D.C.*

Precipitación en mm del 08 de septiembre	Precipitación en mm del 09 de septiembre	Precipitación en mm del 10 de septiembre
		

	0.1 – 1
	1.1 – 5
	5.1 – 10
	10.1 - 15
	15.1 – 20
	20.1 – 30
	30.1 – 40
	40.1 – 50
	50.1 – 80

Nota: la tabla donde se encuentran los colores especificados es la misma para las tres imágenes  
 Recuperado de: <https://bit.ly/2Pfe4AI> Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático [IDIGER]→Sistema de Alertas de Bogotá →Lluvia Diaria y Acumulada Últimos Días

*Tabla 12. Organización de la pluviometría del 08 al 14 de septiembre de Bogotá D.C.*



	0.1 – 1
	1.1 – 5
	5.1 – 10
	10.1 - 15
	15.1 – 20
	20.1 – 30
	30.1 – 40
	40.1 – 50
	50.1 – 80

Nota: la tabla donde se encuentran los colores especificados es la misma para las cuatro imágenes Recuperado de: <https://bit.ly/2Pfe4AI> Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático [IDIGER]→Sistema de Alertas de Bogotá →Lluvia Diaria y Acumulada Últimos Días

**5.2.4 Lluvias en tiempo real**

Conforme el Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático, (2019), se presenta en el anexo 2 la lluvia en tiempo real del día 18 de octubre de 2019 grabado a las 09:51 P.M y cuyos colores que aparecen en él video se pueden guiar por la tabla que aparece en el lado izquierdo de la pantalla.

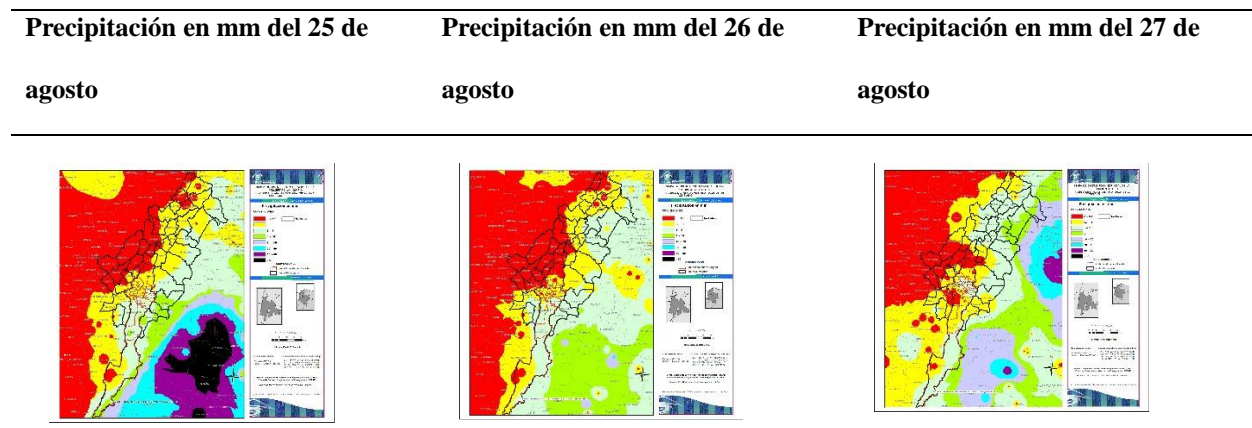
ANEXO 2

**5.3 Datos climatológicos en Pandi, Cundinamarca**

**5.3.1 Lluvia acumulada en los últimos 7 días**

Acorde al Instituto de Hidrología, (2019) ,se presentan en las tablas 13 y 14 los 7 días desde el 25 de agosto hasta el 31 de agosto de 2019.

*Tabla 13. Organización de la pluviometría del 25 al 31 de agosto de Pandi, Cundinamarca.*

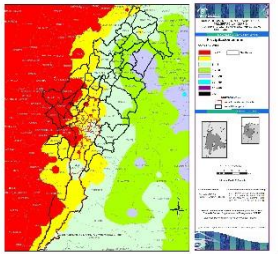
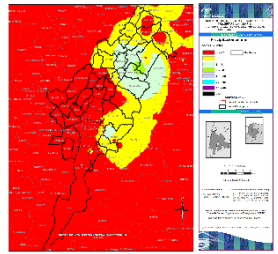
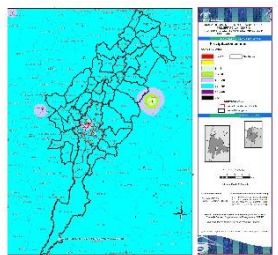


	No Datos
	0 – 0.1
	0.1 – 1
	1 – 5
	5 – 10
	10 – 20
	20 – 40
	40 – 60
	>60
Precipitación Diaria En La Sabana De Bogotá	

Nota: la tabla donde se encuentran los colores especificados es la misma para las tres imágenes

Recuperado de: <https://bit.ly/38859hO> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]→Mapas→Precipitación diaria en la sabana de Bogotá

*Tabla 14. Organización de la pluviometría del 25 al 31 de agosto de Pandi, Cundinamarca.*

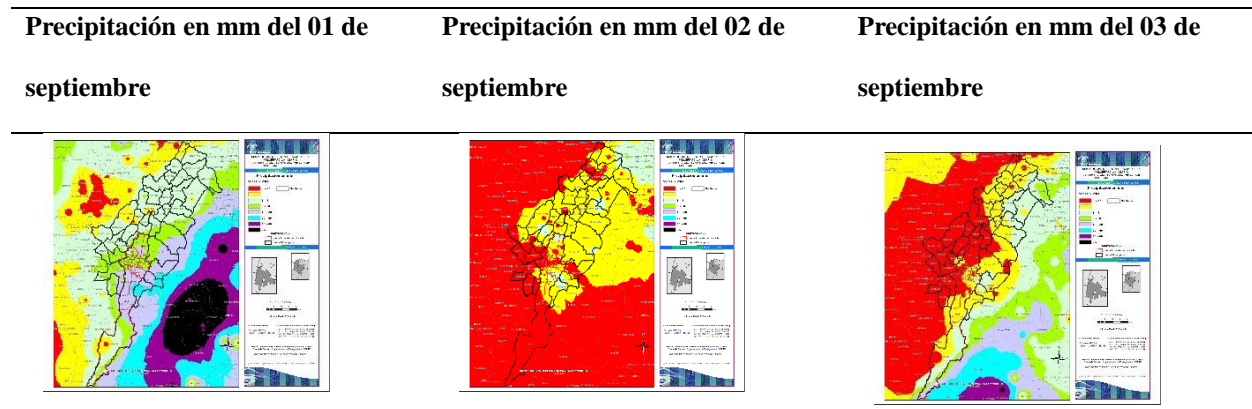
Precipitación en mm del 28 de agosto	Precipitación en mm del 29 de agosto	Precipitación en mm del 30 de agosto																				
		Sin datos obtenidos																				
<p>Precipitación en mm del 31 de agosto</p>																						
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td>No Datos</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;"></td> <td>0 – 0.1</td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;"></td> <td>0.1 – 1</td> </tr> <tr> <td style="background-color: lightgreen;"></td> <td>1 – 5</td> </tr> <tr> <td style="background-color: green;"></td> <td>5 – 10</td> </tr> <tr> <td style="background-color: lightblue;"></td> <td>10 – 20</td> </tr> <tr> <td style="background-color: cyan;"></td> <td>20 – 40</td> </tr> <tr> <td style="background-color: purple;"></td> <td>40 – 60</td> </tr> <tr> <td style="background-color: black;"></td> <td>&gt;60</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Precipitación Diaria En La Sabana De Bogotá</td> </tr> </tbody> </table>			No Datos		0 – 0.1		0.1 – 1		1 – 5		5 – 10		10 – 20		20 – 40		40 – 60		>60	Precipitación Diaria En La Sabana De Bogotá	
	No Datos																					
	0 – 0.1																					
	0.1 – 1																					
	1 – 5																					
	5 – 10																					
	10 – 20																					
	20 – 40																					
	40 – 60																					
	>60																					
Precipitación Diaria En La Sabana De Bogotá																						

Nota: la tabla donde se encuentran los colores especificados es la misma para las cuatro imágenes  
 Recuperado de: <https://bit.ly/38859hO> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]→Mapas →Precipitación diaria en la sabana de Bogotá

**5.3.2 Lluvias diarias del 01 al 07 de Septiembre**

Igual al Instituto de Hidrología, (2019) , se presentan en la tablas 15 y 16 los 7 días desde el 01 de septiembre al 07 de septiembre de 2019.

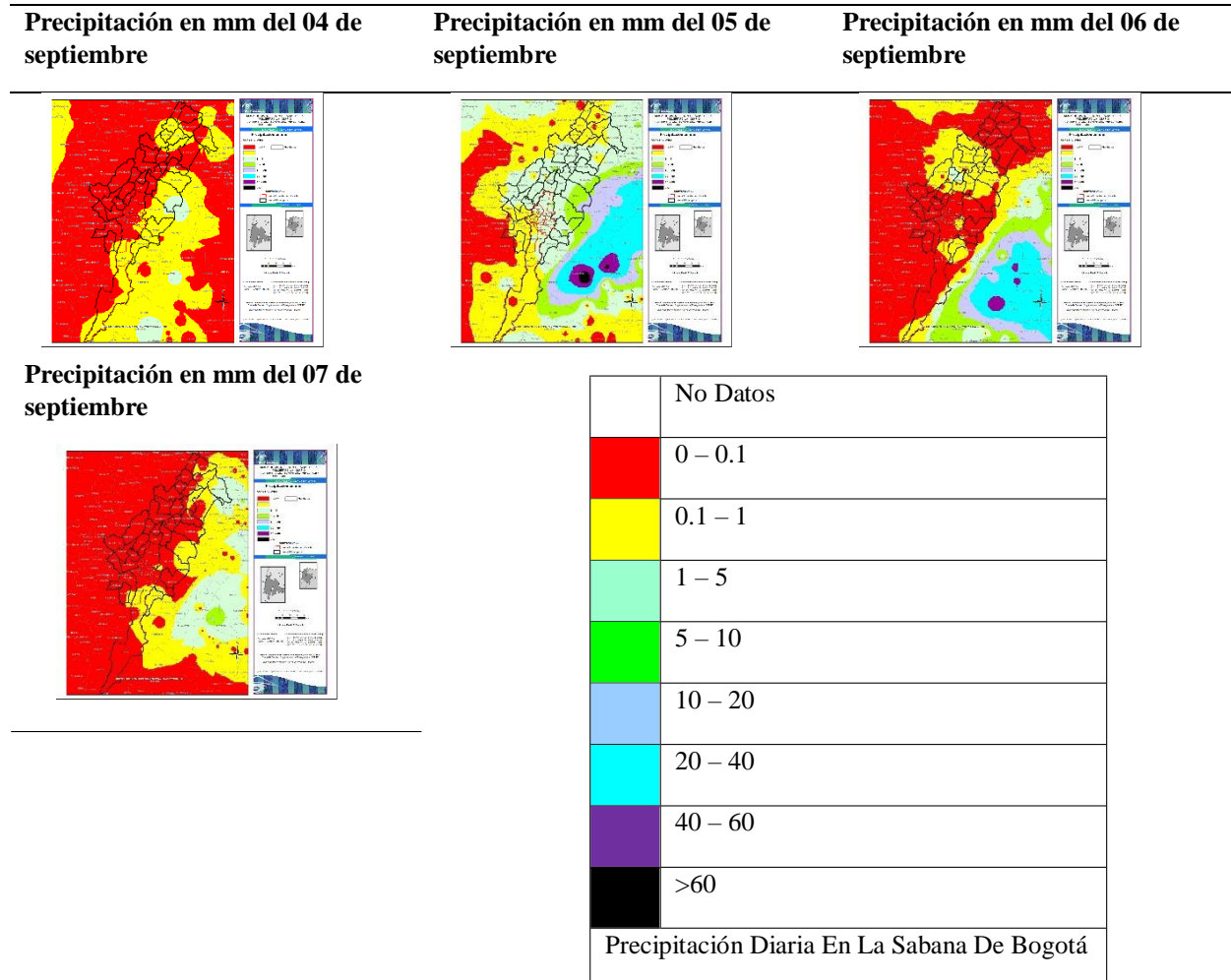
*Tabla 15. Organización de la pluviometría del 01 al 07 de septiembre de Pandi, Cundinamarca.*



	No Datos
	0 – 0.1
	0.1 – 1
	1 – 5
	5 – 10
	10 – 20
	20 – 40
	40 – 60
	>60
Precipitación Diaria En La Sabana De Bogotá	

Nota: la tabla donde se encuentran los colores especificados es la misma para las cuatro imágenes Recuperado de: <https://bit.ly/38859hO> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]→Mapas →Precipitación diaria en la sabana de Bogotá

*Tabla 16. Organización de la pluviometría del 01 al 07 de septiembre de Pandi, Cundinamarca.*

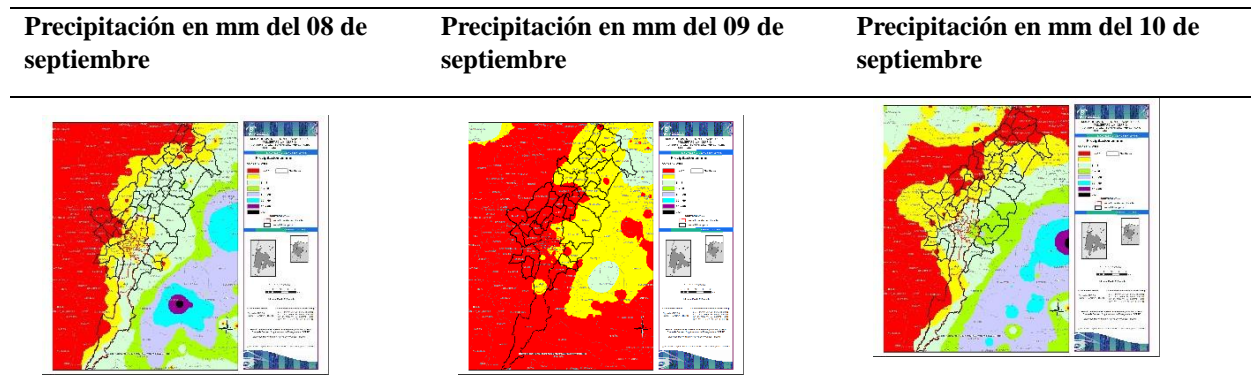


Nota: la tabla donde se encuentran los colores especificados es la misma para las cuatro imágenes  
 Recuperado de: <https://bit.ly/38859hO> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]→Mapas →Precipitación diaria en la sabana de Bogotá

**5.3.3 Lluvias diarias del 08 al 14 de Septiembre**

Acorde al Instituto de Hidrología, (2019) ,se presentan en las tablas 17 y 18 los 7 días desde el 08 de septiembre al 14 de septiembre de 2019.

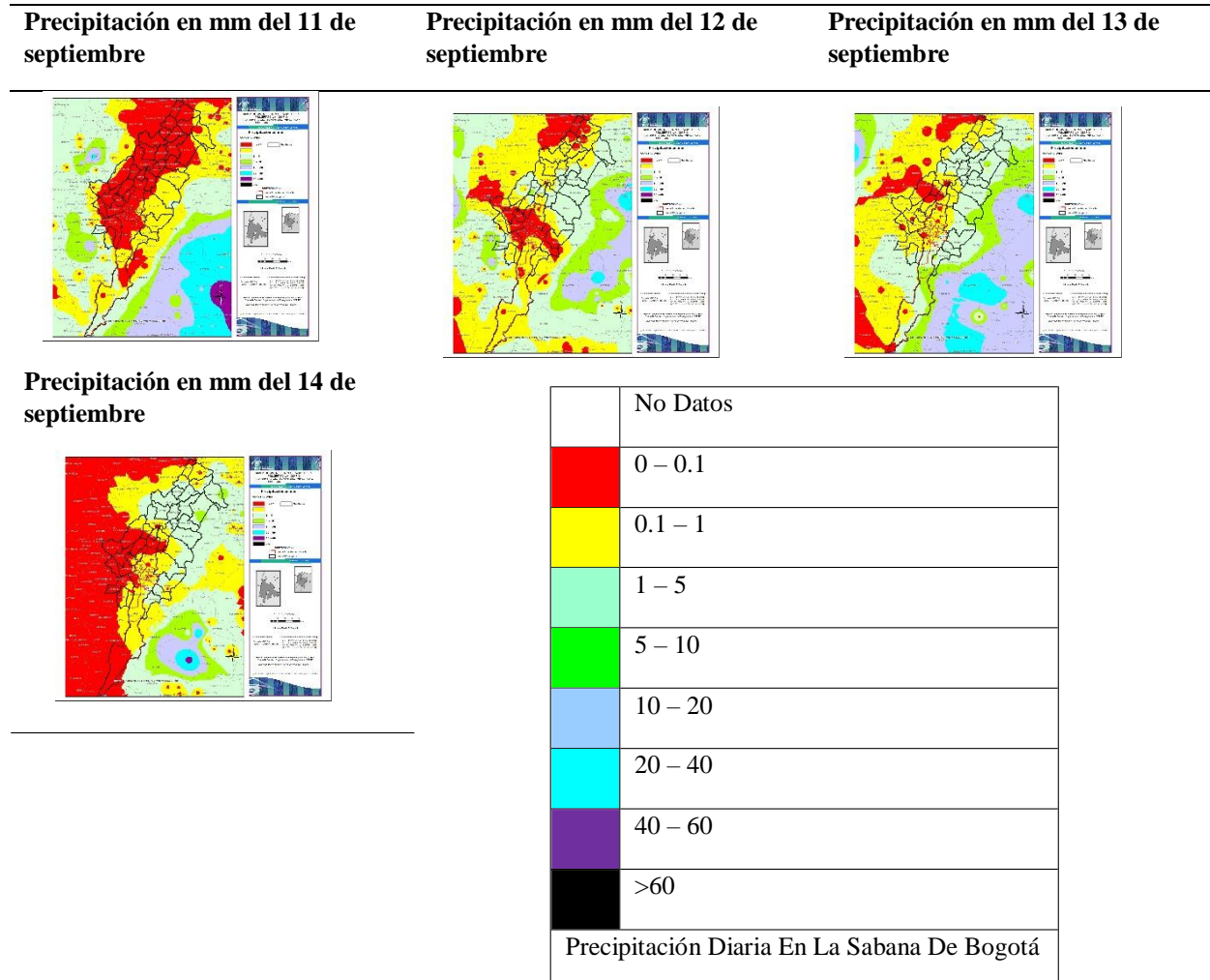
*Tabla 17. Organización de la pluviometría del 08 al 14 de septiembre de Pandi, Cundinamarca.*



	No Datos
	0 – 0.1
	0.1 – 1
	1 – 5
	5 – 10
	10 – 20
	20 – 40
	40 – 60
	>60
Precipitación Diaria En La Sabana De Bogotá	

Nota: la tabla donde se encuentran los colores especificados es la misma para las cuatro imágenes  
 Recuperado de: <https://bit.ly/38859hO> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]→Mapas →Precipitación diaria en la sabana de Bogotá

*Tabla 18. Organización de la pluviometría del 08 al 14 de septiembre de Pandi, Cundinamarca.*



Nota: la tabla donde se encuentran los colores especificados es la misma para las cuatro imágenes  
 Recuperado de: <https://bit.ly/38859hO> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]→Mapas →Precipitación diaria en la sabana de Bogotá

## **5.4 Análisis del costo**

### **5.4.1 Memoria de cantidades**

En la siguiente tabla 19 se presenta la memoria de cantidades donde se puede cuantificar los materiales requeridos para elaborar el módulo y su filtro separador que se presentó en la anterior figura 18.

*Tabla 19. Memoria de cantidades de obra.*

<b>MEMORIA CANTIDADES DE OBRA.</b>									
<b>CURSO: Proyecto</b>					<b>Fecha: 01/09/2019</b>				
<b>Nombres: JORGE ANDRES ROSAS ROSAS 1.023.954.484</b>									
<b>Docente: Arq. José Alcides Ruiz</b>					<b>HOJA No. 1</b>				
Cod	Descripción	Sumas			x Unid	Resultados		Total	Und
		Alto	Largo	Ancho		Subtotal	Total/p		
<b>1</b>	<b>PROPUESTA MODULO EKOMURO H<sub>2</sub>O</b>								
1.1	Adaptador Hembra 1/2"	0,04	0,03	0,03	12	12	12	UND	
1.2	Adaptador Macho 1/2"	0,04	0,03	0,03	6	6	6	UND	
1.3	Codo 90° Presión 1/2"	0,03	0,04	0,03	4	4	4	UND	
1.4	Codo 90° Sanitario 1"	0,06	0,06	0,04	2	2	2	UND	
1.5	Niple de 1/2"	0,02	0,04	0,02	3	3	3	UND	
1.6	Tapón Presión 1/2"	0,02	0,03	0,02	1	1	1	UND	
1.7	Tubo Presión PVC 1/2"	0,02	1,27	0,02	2	3	3	ML	
1.8	Tubo Sanitario PVC 1"	0,03	2,25	0,03	3	5	5	ML	
1.9	Llave de Jardín	0,08	0,09	0,03	1	1	1	UND	
1.10	Buje PVC 1" a 1/2"	0,04	0,03	0,03	2	2	2	UND	
1.11	Válvula de 1"	0,09	0,10	0,09	1	1	1	UND	
1.12	Adaptador Macho 1"	0,05	0,13	0,04	2	2	2	UND	
1.13	Adaptador Hembra 1"	0,05	0,13	0,04	2	2	2	UND	
1.14	Tela Verde	0,00	1,00	1,00	1	1	1	UND	
								<b>37,91</b>	<b>UND</b>
								<b>8,62</b>	<b>ML</b>

Nota: En esta tabla se detallan todos los insumos que se necesitan para la conformación del prototipo este puede variar dependiendo de la cantidad de botellas a utilizar y por ende su costo se elevaría.

Elaboración Propia

**5.4.2 A.P. U del prototipo**

En la siguiente tabla 20 se presenta el análisis de precios unitarios de cada uno de los componentes que conforma la propuesta que se evidenció en la anterior figura 18.

*Tabla 20. A.P.U del prototipo.*

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
Actividad:	Propuesta Modulo Ekomuro H <sub>2</sub> O						Un; Un
Nombre(S):	Jorge Andres Rosas Rosas (1.023.954.484)						
Curso	Proyecto						Hoja No: 1
<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant / und</b>	<b>Vr. Unit.</b>	<b>Cant./unidad</b>	<b>Vr. m</b>	<b>Subtotal</b>	<b>Total</b>
Adaptador Hembra 1/2"	UND	12	\$ 270			\$ 3.240	\$ 3.240
Adaptador Macho 1/2"	UND	6	\$ 230			\$ 1.380	\$ 1.380
Codo 90° Presión	UND	4	\$ 450			\$ 1.800	\$ 1.800
Codo 90° Sanitario	UND	2	\$ 1.500			\$ 3.000	\$ 3.000
Niple de 1/2"	UND	3	\$ 500			\$ 1.500	\$ 1.500
Tapón Presión 1/2"	UND	1	\$ 250			\$ 250	\$ 250
Tubo Presión PVC 1/2"	M	2	\$ 4.000	1,17 / M	\$3.418	\$ 3.418	\$ 3.418
Tubo Sanita. PVC 1"	M	3	\$ 14.500	2,25 / M	\$6.444	\$ 6.444	\$ 6.444
Soldadura PVC	UND	1	\$ 3.300			\$ 3.300	\$ 3.300
Llave de Jardín	UND	1	\$ 3.500			\$ 3.500	\$ 3.500
Buje PVC 1" a 1/2"	UND	2	\$ 1.200			\$ 2.400	\$ 2.400
Válvula de 1"	UND	1	\$ 9.990			\$ 9.990	\$ 9.990
Adaptador Macho 1"	UND	2	\$1.100			\$2.200	\$2.200
Adaptador Hembra 1"	UND	2	\$1.500			\$3.000	\$3.000
Tela Verde	M	1	\$ 2.790			\$ 2.790	\$ 2.790
<b>Equipo Básico</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant/ Und</b>	<b>Vr. Unit.</b>			<b>Subtotal</b>	<b>Total</b>
Herramienta menor	%	10	\$ 37.614			\$ 41.375	\$ 41.375
<b>Mano De Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant/Und</b>	<b>Vr. Unit.</b>			<b>Subtotal</b>	<b>Total</b>
Ayudante inst.	D	1	\$ 70.546			\$ 70.546	\$ 70.546
				<b>Consolidado</b>		<b>Subtotal</b>	<b>Total</b>
				<b>Vr Mate.</b>		\$ 43.012	\$ 43.012
				<b>Vr Equipo</b>		\$ 41.375	\$ 41.375
				<b>Vr M. O</b>		\$ 70.546	\$ 70.546
				<b>Total a.p.u por unidad</b>			<b>\$ 151.771</b>

Nota: En esta tabla se detallan todos los precios de los insumos que se necesitan para la conformación del prototipo también puede variar dependiendo de la cantidad de botellas a utilizar y por ende su costo se elevaría.

Elaboración Propia

**5.4.3 Presupuesto del prototipo**

Para tener una idea totalmente clara en la siguiente tabla 21 se presenta el presupuesto final del prototipo que continua por debajo de los \$350.000 que es el valor actual del sistema original siendo de medio-bajo costo.

*Tabla 21. Presupuesto final del prototipo.*

<b>MEMORIA PRESUPUESTO DE OBRA</b>										
<b>ELABORO:</b>			JORGE ANDRÉS ROSAS ROSAS (1.023.954.484)							
Ítem	Capitulo y Actividades	Cantidad Obra	UND	MANO DE OBRA		MATERIALES		Vr. a.p.u	Costo parc.	Costo x cap.
				Vr. Unitario	Vr. Parcial	Vr. Unitario	Vr. Parcial			
<b>I</b>	<b>Propuesta</b>									
1.1	Accesorios PVC	31,91	UND	\$70.546	\$70.546	\$ 39.850	\$ 39.850			
								\$151.771	\$151.771	\$ 151.771
1.2	Tubería PVC	8,62	ML	\$70.546	\$70.546	\$ 9.862	\$ 9.862			
<b>II</b>	<b>A.I.U</b>	30,00	%							
2.1	Administración	20,00	%						\$ 28.430	\$ 28.430
2.2	Imprevistos	5,00	%						\$ 7.107	\$ 7.107
2.3	Utilidad	5,00	%						\$ 7.107	\$ 7.107
<b>TOTAL PROPUESTA</b>										<b>\$ 194.415</b>
<b>TOTAL</b>										<b>\$ 194.415</b>

Nota: En esta tabla se detalla el costo total del prototipo a implementar teniendo en cuenta el A.I.U.  
Elaboración Propia

**5.4.4 Cálculo del porcentaje y ahorro de la propuesta**

Entonces ya conociendo el valor total del módulo de la propuesta se calcula el porcentaje y el ahorro que se tendrá al implementarlo el cual se expone en la siguiente tabla 22.

*Tabla 22. Cálculo del Porcentaje y Ahorro de la Propuesta.*

<b>Costo total del sistema Ekomuro H<sub>2</sub>O existente</b>	<b>Costo del módulo propuesto del Ekomuro H<sub>2</sub>O</b>
\$ 350.000	\$ 194.415
<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje</b>
100%	55.54%
<b>Ahorro del Sistema Actual vs Propuesta</b>	
<b>\$ 155.585</b>	

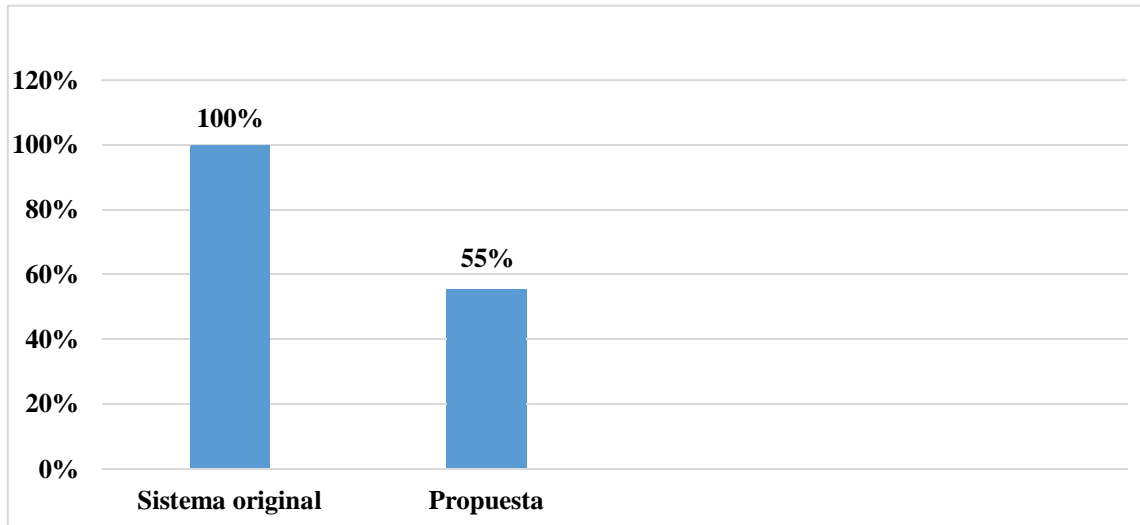
Nota: En esta tabla se expone el ahorro que va a tener la propuesta ya que el costo total del sistema existente es un poco elevado para personas que no tengan la capacidad económica de pagar ese valor, sino que ellos mismos lo realicen.

Elaboración Propia

**5.4.5 Grafica del porcentaje de la propuesta VS Sistema Actual**

Para entenderlo gráficamente lo que se mencionó en la anterior tabla 22 se expone en la siguiente Figura 20.

**Porcentaje de diferencia del costo del sistema actual VS la propuesta.**



*Figura 20.* Porcentajes del Sistema Ekomuro H<sub>2</sub>O vs Propuesta.

Nota: en la siguiente figura se presentan la comparación de los porcentajes del sistema original y la propuesta donde se demuestra gráficamente  
Elaboración Propia

Para tener una claridad estos datos se toman como referente el costo del sistema actual y se toma el valor total del presupuesto.

## 6. Capítulo IV: Practicas De La Propuesta

### 6.1 Toma Tiempo: Montaje del Modulo

A continuación, se presenta en la figura 21 el montaje del módulo del día 13 de agosto del 2019 iniciando a las 12:30 P.M. para finalizar la construcción a las 02:30 P.M.

#### Paso a paso de la construcción del modelo.

**Paso 1:** se marca el centro con una broca degalda de la botella para perforarla



Elaboración Propia

**Paso 2:** ya perforado el centro de la botella se coloca la sierra correspondiente para hacer el agujero.



Elaboración Propia

**Paso 3:** ya colocada la sierra de 7/8" se perfora la base de la botella para conformar el agujero.



Elaboración Propia

**Paso 4:** este es el resultado de la perforación de la botella y con esta sierra el agujero queda listo para soldarle la tubería



Elaboración Propia

**Paso 5:** se arma la base conformada previamente medido y cortado sus componentes para despues soldarlo



Elaboración Propia

**Paso 6:** despues de la base se hace el arranque del modulo con sus componentes y se solda



Elaboración Propia

**Paso 7:** despues de tener el arranque del modulo y las botellas perforadas soldadas se instala la unión previamente armada



Elaboración Propia

**Paso 8:** finalmete se instala la segunda fila de botellas y se solda el rebose del modulo previamente ensamblado



Elaboración Propia

*Figura 21.* Paso a paso de la construcción del modelo.

Nota: en la presente figura se describe el proceso constructivo que se realiza para la construcción del prototipo  
Elaboración Propia

### **Modelo en escala real**

El anterior proceso expuesto de la figura 21 da como resultado el modelo en escala real representado en la siguiente figura 22.



*Figura 22.* Modelo en escala real.

Nota: en la presente figura se expone el resultado del proceso constructivo que se evidencio en la anterior figura 21

Elaboración Propia

### **6.2 Toma Tiempo: Llenado del Modulo**

A continuación, se presenta en el anexo 3 el llenado del módulo del día 14 de agosto del 2019 a las 10: 36 A.M grabado desde el teléfono móvil, editado con el programa de camtasia 8 y mejorado con el programa adobe premiere pro2019 y cuya duración del llenado fue aproximadamente en 02:00 minutos.

#### **Llenado del modulo**

ANEXO 3

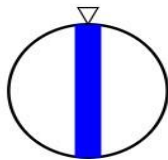
**6.3 Cálculo Capacidad de Flujo y Resultado del Caudal**

Paralelamente el Cálculo por Manning de caudal y velocidad de flujo en tuberías a pendiente y sección dado, (2019) la calculadora online se pudo calcular la capacidad de flujo la unión de la presente propuesta y nos da una aproximación más detallada del agua lluvia que pasará y se expone en las figuras 23 y 24.

**Ingreso de los datos de la tubería de 1/2"**

Set units:

Diámetro de la tubería, $d_0$	1,2	<input type="button" value="pulgadas"/> ▾
Rugosidad según Manning, $n$ ?	0,009	
Pendiente hidraulica (o quizás ? de la tubería), $S_0$	90	<input type="button" value="vert./horiz."/> ▾
% llenado de la tubería (llena=100% o fracción 1)	100	<input type="button" value="%"/> ▾



*Figura 23.* Ingreso de los datos de la tubería de 1/2".

Nota: en la presente figura se expone los datos de la tubería empleada en el prototipo.

Recuperado de: <https://bit.ly/2KPsZHK>

**Resultados de los datos ingresados y caudal de la unión propuesta**

Resultados:		
Caudal, $q$	0.0298	<input type="button" value="m^3/s"/> ▾
Velocidad, $v$	133.9149	<input type="button" value="ft/sec"/> ▾
Presión (en M.C.As) por velocidad de flujo, $h_v$	84.9526	<input type="button" value="m"/> ▾
Área del flujo	0.0007	<input type="button" value="m^2"/> ▾
Perímetro mojado	0.0958	<input type="button" value="m"/> ▾
Radio hidráulico	0.0076	<input type="button" value="m"/> ▾
Ancho de lámina libre, $T$	0.0000	<input type="button" value="m"/> ▾
Número de Froude, $F$	0.00	
Tensión tangencial (fuerza de tracción), $\tau$	6724.9682	<input type="button" value="N/m^2"/> ▾

*Figura 24.* Resultados de los datos ingresados de la tubería y caudal de la unión propuesta.

Nota: en la presente figura se expone el resultado de los anteriores datos de la tubería empleada en el prototipo

Recuperado de: <https://bit.ly/2KPsZHK>

## **7. Capítulo V: Conclusiones**

### **7.1 Conclusiones**

Para concluir, en el trabajo investigativo se dio cumplimiento a los objetivos planteados al inicio del documento para trazar la ruta de ejecución del prototipo.

Se analizó el funcionamiento del sistema original ejecutando el modelo en escala real en el cual se identificaron los elementos que lo componen.

Se realizó una matriz comparativa de los antecedentes y los referentes determinando las variaciones comparadas con el prototipo. (anexo 4)

Se implementó el prototipo en dos casos de estudio, uno en clima cálido y el otro en clima frío, se determinaron sus variaciones climatológicas.

Finalmente, se diseñó el prototipo teniendo en cuenta los análisis y estudios comparativos realizados, dando cumplimiento con el objetivo general que fue generar un mejoramiento al sistema Ekomuro solucionando la problemática identificada y optimizando su proceso constructivo.

### **8. Lista de Referencias**

Cálculo por Manning de caudal y velocidad de flujo en tuberías a pendiente y sección dado.

(2019). Calculadora gratis en línea de la fórmula de Manning para flujo en tuberías. 21 de mayo de 2019, de Recuperado <http://www.hawsedc.com/engcalcs/Manning-Pipe-Flow.php?lang=es>

EcoInventos. (2014). Rain Drops, o como embotellar agua de lluvia. Recuperado 5 de mayo de 2019, de <https://ecoinventos.com/rain-drops-o-como-embotellar-agua-de-lluvia/>

EcoInventos. (2018). Raindrop; el recolector de agua de lluvia con grifo incorporado y ajustable a tuberías. Recuperado 5 de mayo de 2019, de <https://ecoinventos.com/raindrop/>

Instituto de Hidrología, M. y E. A. (IDEAM). (2019). Precipitación diaria en la sabana de bogotá. Recuperado 25 de octubre de 2019, de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/precipitacion-diaria-en-la-sabana-de-bogota>

Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático. (2019). Lluvias Diaria y Acumulada - SIRE. Recuperado 21 de mayo de 2019, de <https://www.sire.gov.co/web/sab/lluvias-Diaria-Acumulada>

Martinez, J., y Mestizo, W. (2018). Mejoramiento al sistema de recolección de aguas lluvias (SCALL). Recuperado de <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/5057>

Melo, A. (2018). Evaluación del sistema de captación y aprovechamiento del agua lluvia implementado en el aeropuerto internacional el dorado de bogotá. Recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/29211>

- Narváez, M. (2012). Octo: diseño de un sistema para el aprovechamiento de aguas lluvias en la comunidad del Muchuelo Bajo como fuente alternativa de agua potable. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/16244#.XXJgOt8rmII.mendeley>
- Programa de las naciones unidas para el desarrollos. (2012). Objetivos de Desarrollo del Milenio. Recuperado de <https://www.undp.org/content/dam/undp/library/MDG/spanish/MDG Report 2012 - Complete Spanish.pdf>
- Sastoque, A. (2014). Diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de aguas lluvias como alternativa de ahorro de agua potable en la universidad libre de colombia, sede bosque popular, bloque p y cafetería. Recuperado de [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11231/proyecto de grado Angie hasley correa sastoque \(1\).pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11231/proyecto de grado Angie hasley correa sastoque (1).pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Significados. (2017). Significado de Encuesta (Qué es, Concepto y Definición) - Significados. Recuperado 31 de agosto de 2019, de <https://www.significados.com/encuesta/>
- Suárez, J., García, M., y Mosquera, R. (2000). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Recuperado de <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoH.pdf>

**9. Anexos**

Anexo 1 .....	35
Anexo 2 .....	39
Anexo 3 .....	44
Anexo 4 .....	46