

**MONOGRAFÍA SOBRE PROYECTO DE GRADO: SISTEMA DE CAPATACIÓN  
Y APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA IMPULSADO POR GRAVEDAD.**

**PRESENTADO A:**

**ARQ. JOSE ALCIDES RUÍZ**

**LÍDER DE INVESTIGACIÓN HÁBITAT TECNOLÓGICO.**



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA**

**TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTONICAS**

**BOGOTA D.C., 12 DE DICIEMBRE 2017**

## ÍNDICE GENERAL

MONOGRAFÍA SOBRE PROYECTO DE GRADO: SISTEMA DE CAPATACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA IMPULSADO POR GRAVEDAD	1
ÍNDICE GENERAL	2
ÍNDICE DE GRÁFICAS	3
ÍNDICE DE TABLAS	4
Resumen	6
Palabras Claves:	6
Abstract	7
Keywords:	7
Introducción	8
Justificación	9
Objetivos	13
Objetivo General	13
Objetivos Específicos	13
Marco de Referencia	14
Marco Teórico	20
Metodología.	29
Niveles de Pluviometría	29
Cantidad de Agua Captada	29
Filtracion de Agua LLuvia	29
Factor de Ahorro	30
Técnicas de Recolección de Información	30
Cálculos de Consumo	32

APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA. ....	3
Diseño de Prototipo	38
Prueba de Calidad del Agua	43
Pruebas de Filtración	44
Presupuesto para la Construcción del Prototipo	46
Análisis de Resultados	48
Calidad de Agua Lluvia en la Localidad de Puente Aranda.	48
Agua Filtrada	49
Porcentaje de Ahorro con el Sistema Aplicado	51
Evidencia de Nivel del Tanque	51
Conclusiones y Recomendaciones	53
Bibliografía	55
Anexos.	56
Esquema y Proceso de Armado de la Estructura.	64
Detalle de Filtro y Tanque de Almacenamiento de 250 Litros	72
Ficha Técnica de la Estructura Metálica de sección cuadrada de 1 pulg	74
Ficha Técnica de la Tolva	74

### **ÍNDICE DE GRÁFICAS**

GRÁFICA1: CONSUMO DE AGUA POR ESTRATO.....	10
GRÁFICA 2.ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN POR ESTACIÓN .....	11
GRÁFICA 3.COMPARATIVO DE NIVELES DE PRECIPITACIÓN POR CIUDADES.....	11
GRÁFICA 4.PRECIPITACIÓN ANUAL EN BOGOTÁ D.C.....	22
GRÁFICA 5.ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES POR ESTACIÓN.....	23
GRÁFICA 6. RESULTADOS DE ENCUESTA SOBRE EL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN ACTIVIDADES DE ASEO, DESCARGA DE SANITARIOS Y RIEGO DE JARDÍN DE LA LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA. ....	32

APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA. ....	4
--------------------------------------	---

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1.MAPA DE ZONIFICACIÓN DE LLUVIAS.....	10
ILUSTRACIÓN 2..PRECIPITACIÓN MEDIA TOTAL ANUAL .....	21
ILUSTRACIÓN 4. DISEÑO FILTRO NATURAL DE ARENA, GRAVA Y CARBON ACTIVADO. ....	24
ILUSTRACIÓN 5. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE FILTRO. ....	24
ILUSTRACIÓN 6. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL TLALOQUE. ....	25
ILUSTRACIÓN 7. DATOS DE CONSUMO DE AGUA DE LA VIVIENDA.....	33
ILUSTRACIÓN 8. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA .....	37
ILUSTRACIÓN 9.DISEÑO DEL ÁREA DE CAPTACION DEL SISTEMA SCALL .....	38
ILUSTRACIÓN 10.DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 250 LITROS.....	39
ILUSTRACIÓN 11. DETALLE DE SISTEMA DE FILTRACION DE AGUA LLUVIA, SISTEMA DE LIMPIEZA DEL FILTRO Y SISTEMA DE DISTRIBUCION A LOS PUNTOS. ....	40
ILUSTRACIÓN 12.PROCESO DE ARMADO DE LA ESTRUCTURA METALICA DE LA TOLVA. ....	41
ILUSTRACIÓN 13. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA INSTALADO EN LA VIVIENDA. ....	42
ILUSTRACIÓN 14. DETALLE FILTRO INTERIOR DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	45
ILUSTRACIÓN 15 PRUEBA DE FILTRACION: ACCESORIOS QUE COMPONEN EL FILTRO.....	50
ILUSTRACIÓN 16. AGUA LLUVIA EN EL PROCESO DE FILTRACIÓN .....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.....	26
TABLA 2.....	27
TABLA3.....	28
TABLA 4.....	28
TABLA 5.....	33
TABLA 6.....	34
TABLA 7.....	35

APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA .....5

TABLA 8.....36

TABLA 9.....43

TABLA 10.....44

TABLA 11.....46

TABLA 12.....48

TABLA 13.....51

TABLA 14.....52

### **Resumen**

En el momento de la planeación de un proyecto de vivienda, específicamente en el diseño de la red sanitaria, no se tiene en cuenta la reutilización del agua lluvia, con el fin de ser aprovechada, representado una solución efectiva en términos económicos y medioambientales, sin embargo, la práctica de recolección de agua lluvia se hace sin ninguna precaución con métodos empíricos, para luego ser utilizada en las actividades de lavado de pisos y fachadas, descargas sanitarias y riego de jardines. Algunas construcciones procesan el agua lluvia en un tanque subterráneo, para captar y filtrar a una red alternativa de suministro por bombeo, esto genera un incremento en el presupuesto en actividades paralelas. Y al haber inexistencia de una norma o ley para la reutilización de agua lluvia para fines domésticos hace que el recurso se canalice directamente al alcantarillado.

Por este motivo, desarrollara un sistema de recolección de agua lluvia, impulsado por gravedad para viviendas de estrato 2 y 3 de la Localidad de Puente Aranda, en actividades que no requieran agua potable, disminuyendo los costos de la factura.

### **Palabras Claves:**

CAPTACION, APROVECHAMIENTO, AGUA LLUVIA, AHORRO, VIVIENDA.

**Abstract**

During planning for a housing project, especially when designing the sanitation network, rainwater reusing is usually not taken into account. The use of this resource can represent an effective solution in regards of economic and environmental aspects. However, the practice of recollecting rainwater is done without sanitary regards and by empiric means, to be used in sanitation activities and in other household chores such as washing surfaces, toilet discharges and garden watering. Some constructions process rainwater in an underground tank, to captate and filter this supply into an alternative pipeline network creates an increase in budget in parallel activities. And without a norm or law for rainwater reutilization for domestic means, the resource is regularity directed to the sewers.

This is why a gravity-based, rainwater recollection system will be developed on housing of the locality of Puente Aranda, for activities that do not require potable water, diminishing the costs of the utility bill.

**Keywords:**

FUNDRAISING, USE, RAIN WATER, SAVINGS, HOUSING

## **Introducción**

El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un nuevo sistema en la recolección de aguas lluvias, impulsado por gravedad en viviendas de la localidad de Puente Aranda de la ciudad de Bogotá D. C., para fines que no requieran agua potable. Actualmente, el crecimiento masivo de población de la ciudad, el cambio climático y la actividad humana con el uso del suelo ha generado la escasez de agua en los embalses cercanos (El Espectador, 2014) ya que se consume más de lo que se almacena.

Con el sistema propuesto se plantea un método para reducir los costos de facturación de agua en la vivienda mediante la obtención, almacenamiento y distribución por gravedad a los puntos que no requieran agua potable tales como regaderas y sanitarios en actividades de lavado de pisos y fachadas, descargas sanitarias, lavado de automóviles y motos, y riego de jardines.

En el desarrollo del proyecto, se realiza una investigación sobre los modos o técnicas empíricas y sistematizadas que se utilizan para recolección, almacenamiento y distribución de agua lluvia en la vivienda y la calidad del agua en Colombia; niveles de precipitación de la localidad de Puente Aranda para estimar el área de captación (cubierta) y la capacidad almacenamiento (tanque) del sistema de aprovechamiento de agua lluvia impulsado por gravedad. Y En base al consumo promedio por hogar de agua se hace una estimación del posible ahorro en el costo del consumo del recurso con el sistema allí instalado. Esta investigación tiene el potencial de apoyar futuros proyectos en aspectos como la optimización de costos de infraestructura, o diseños que permitan implementar la recolección de agua lluvia con sistemas innovadores y tecnológicos.

Respecto al manejo del agua se plantea un sistema que la capte mediante la implementación de una cubierta, en forma de pirámide invertida, conformada por una tolva y una malla para la separación de sólidos provenientes de la escorrentía. Posteriormente se almacenará



en un tanque que dentro llevará un filtro de primeras aguas hasta ser distribuida a los puntos mediante la fuerza de gravedad.

Finalmente, con el sistema instalado en la vivienda del sector de Puente Aranda se analizarán los datos con el consumo histórico de agua potable para determinar el porcentaje de ahorro. De esta manera incentivar la utilización del agua lluvia en el entorno urbano.

### **Justificación**

El cambio climático, el desabastecimiento y contaminación de las reservas de agua dulce en Colombia hacen que el recurso escasee y ponga en riesgo la salud de las personas.

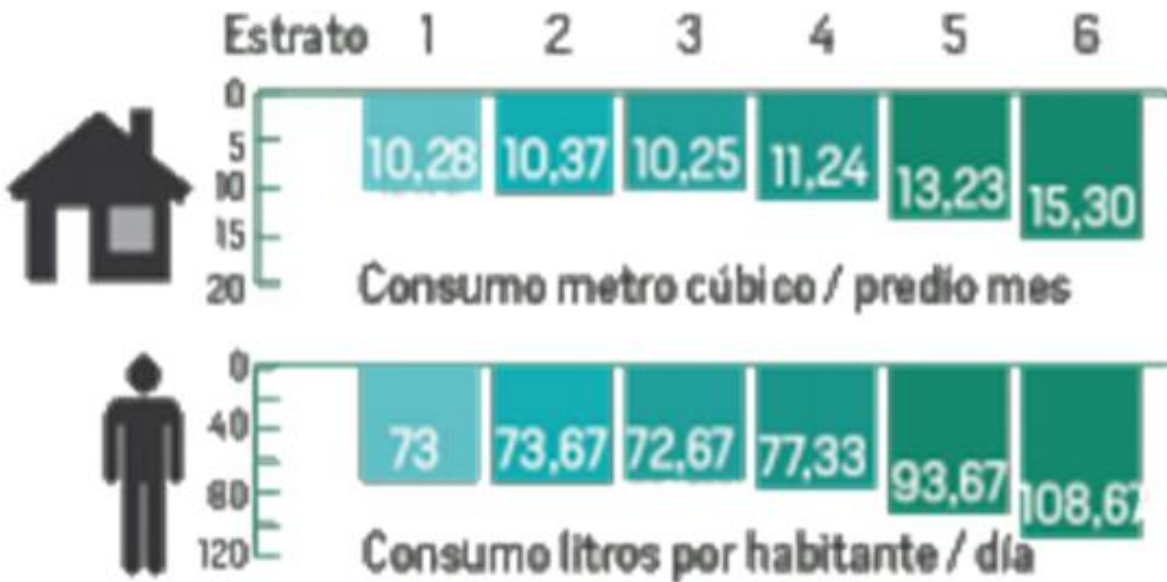
Es por esto que debemos preservar el recurso por medio de alternativas que mitiguen el sobreuso de agua potable en temporadas que presenten un alto nivel de precipitación, generando en la población y en el medio de la construcción un método innovador de recolección del agua lluvia que se transforma en un recurso antes no aprovechado.

Según datos de EAAB<sup>1</sup> y el IDEAM<sup>2</sup>, el consumo promedio de una familia en Bogotá es de 10,76 metros cúbicos de agua y el consumo por habitante es de 76,32 litros por día (El tiempo, 2014) Ver grafica 1, del cual 24% es destinado a usos sanitarios. Bogotá presenta un índice de precipitación anual del 866 mm comparado con otras ciudades (Ver grafica 2), en donde la localidad de Puente Aranda registra altos niveles de lluvias de 68,71 mm/m<sup>2</sup> como se evidencia en la ilustración 1 y grafica 2, esto significa que mediante la implementación del sistema se mitigara el consumo de 100% en usos sanitarios.

---

1 EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ.

2 INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES



Gráfica1: Consumo de Agua por Estrato.

Fuente: El Tiempo, 4 años para salvar el agua de Bogota, 2014.

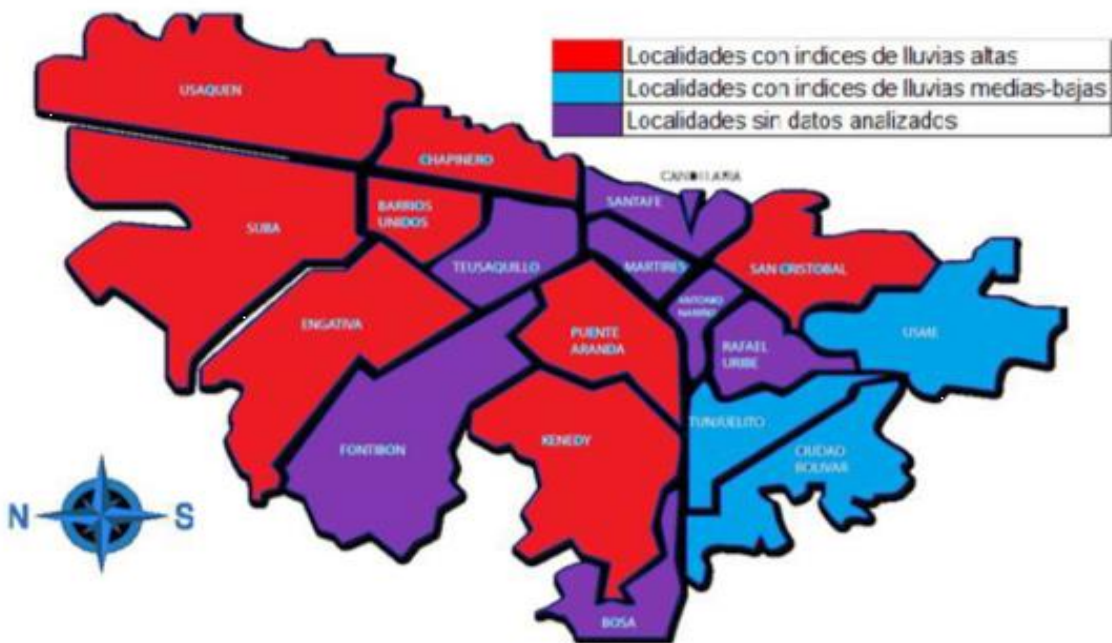
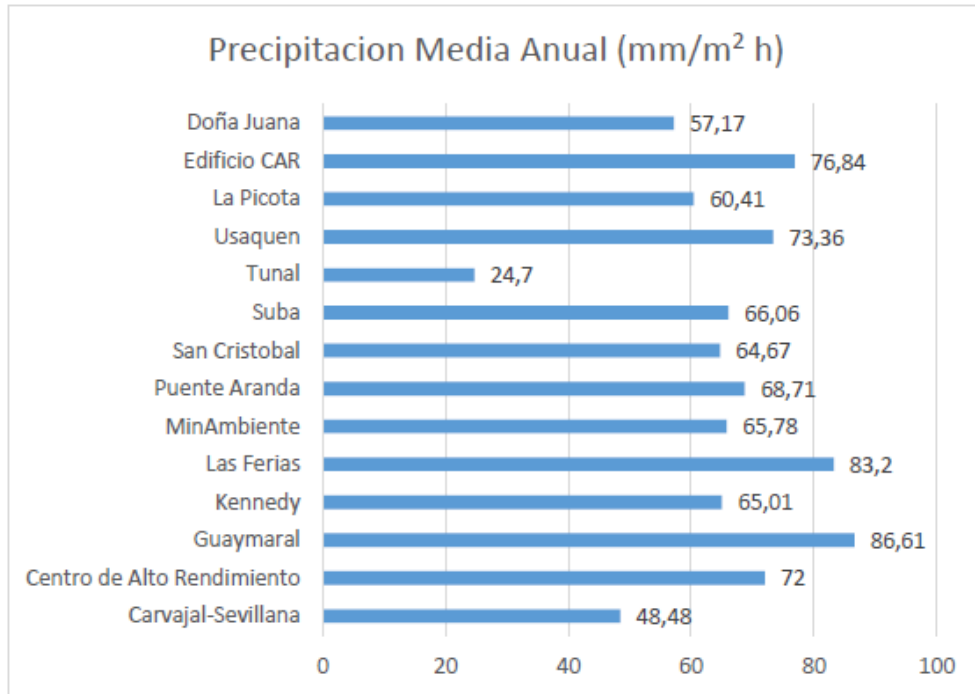


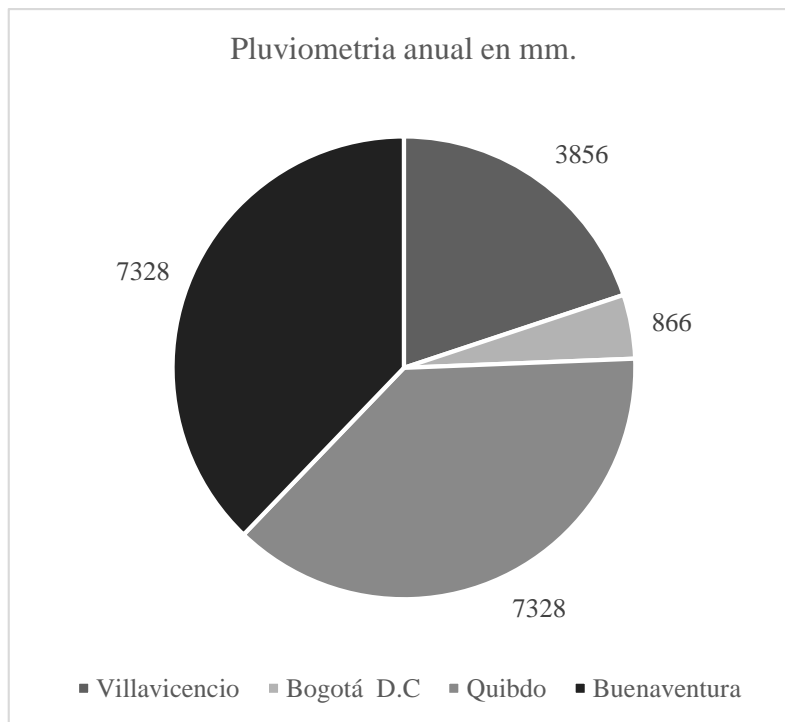
Ilustración 1. Mapa de zonificación de lluvias

Fuente: Universidad La Gran Colombia, Sistema De Reutilizacion De Aguas En Obra. Bogota D.C., 2017



Gráfica 2. Análisis de precipitación por estación

Fuente: Universidad La Gran Colombia, Sistema de Reutilización de Aguas En Obra. Bogotá D.C., 2017



Gráfica 3. Comparativo de niveles de precipitación por ciudades.

Fuente: <https://es.climate-data.org/country/133>

Esta investigación tiene el potencial de apoyar futuros proyectos en aspectos como la optimización de costos de infraestructura, o diseños que permitan implementar la recolección de agua lluvia con sistemas innovadores y tecnológicos. Lo anterior parte de la observación de iniciativas como las de PAVCO que “reutiliza aguas lluvias en procesos de riego de jardines y lavado de tuberías expuestas a la intemperie...Así, entre 2000 y 2011 PAVCO registró una disminución del consumo de agua calculada en 128.838 metros cúbicos” (DIARO LA REPUBLICA, 2013) entidades gubernamentales y de organizaciones internacionales frente al interés creciente de uso sostenible del agua de acuerdo a los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU; en el Objetivo 6 Agua Limpia y Saneamiento se relaciona la gestión sostenible y responsable del agua en donde “La escasez de recursos hídricos, la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado influyen negativamente en la seguridad alimentaria, las opciones de medios de subsistencia y las oportunidades de educación para las familias pobres en todo el mundo. La sequía afecta a algunos de los países más pobres del mundo, recrudece el hambre y la desnutrición. Para 2050, al menos una de cada cuatro personas probablemente viva en un país afectado por escasez crónica y reiterada de agua dulce” (ONU, 2017) Por este motivo, es importante generar sistemas que promuevan la cultura de ahorro de fuentes de agua dulce, incentivando la reutilización de aguas para fines no potables, y la conservación de las mismas que si sean potables.

La necesidad que puede suplir este sistema alternativo de recolección de agua lluvia radica en su capacidad de aportar plusvalía en diseño a las viviendas durante las temporadas de alto nivel de lluvia mediante el aprovechamiento del recurso para fines sanitarios. Obteniendo de esta manera una relación positiva costo-beneficio en el consumo de agua potable evidente en la reducción del mismo en usos como descargas sanitarias, lavado de pisos, vehículos, y riego de plantas, significando un potencial ahorro del 40%. El estudio hecho por U.D.C.A muestra que la

calidad del agua captada de los tejados tiene contaminación por turbiedad y materiales, este sistema prestaría una alternativa que elimina la variable de contaminación del agua por el material utilizado en las cubiertas (Torres, y otros, 2011)

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar un sistema de recolección de agua lluvia, impulsado por gravedad en viviendas de la localidad de Puente Aranda de la ciudad de Bogotá D. C., para fines que no requieran agua potable.

### **Objetivos Específicos**

1. Analizar los niveles de pluviometría en una zona específica de la ciudad de Bogotá y su incidencia en el consumo que de agua potable determinando las temporadas de mayor recolección del sistema.

2. Determinar el consumo promedio de actividades que no requieran uso de agua potable en la ciudad de Bogotá.

3. Determinar la cantidad de agua potable que se consume en una vivienda de la Localidad de Puente Aranda.

4. Realizar un estudio de los métodos de filtración existentes y recolección de agua lluvia en la zona.

5. Plantear un sistema de reutilización de agua lluvia por medio de una superficie que retenga y canalice el agua permitiendo que sea almacenada en un tanque elevado, y posteriormente ser distribuida en las zonas húmedas por medio de gravedad.

### **Marco de Referencia**

En este trabajo se hace el análisis correspondiente al promedio de precipitación que hay en la localidad de Puente Aranda que se presentan a lo largo del año teniendo en cuenta las épocas de altas y bajas precipitaciones. Con el fin de obtener datos para determinar el diseño del sistema de recolección de aguas y calcular así mismo la cantidad de agua que el sistema puede recolectar, así mismo realizando un estudio de áreas promedio de cubiertas y el consumo de agua potable que se genera, principalmente en actividades como lavado de pisos y fachadas, descargas sanitarias, lavado de automóviles y motos, y riego de jardines, entre otras actividades.

Existen sistemas de recolección de agua lluvia para vivienda en el entorno local y nacional, que promueven la reducción del consumo del recurso de forma significativa en el precio que pagan los usuarios por la prestación del servicio e incentiva el cuidado y aprovechamiento de este recurso, creando conciencia a través de mecanismos que permiten la utilización del agua lluvia en el entorno urbano.

Es pertinente dentro del objeto de estudio, observar el estado de aguas lluvia de manera nacional y local para referenciar de manera acertada la disponibilidad del recurso hídrico de las precipitaciones, en cantidad y calidad. Esto aunado a los factores propios de la zona urbana donde se realiza el proyecto requiere de un estudio que parte de la referencia del trabajo “Estado y Cambio de Agua lluvia en Colombia” del IDEAM, donde se obtienen unos datos de interés para este proyecto. Este artículo de investigación establece los factores que pueden incidir en la calidad de agua lluvia en el territorio nacional, donde hace una síntesis del agua lluvia proveniente de las precipitaciones, ya que la lluvia puede ser una sustancia acida debido a que su nivel de PH es de 5.6 unidades. Puede aumentar su acidez cuando los óxidos de azufre y nitrógeno intervienen en la química de la atmosfera y en su equilibrio, causando que el pH de la lluvia disminuya por debajo de 5.6 unidades de pH. La lluvia acida es un fenómeno relacionado

con el cambio global de la atmosfera, el cual se ha generado a partir de la formación de gases contaminantes, que pueden causar efectos importantes en el ambiente. Y puede generar por fuentes antropogénicas: quema de combustibles; fuentes naturales como lo son las emisiones volcánicas y fuentes termales. Estos factores producen en gran cantidad el óxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y óxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>). También puede generar efectos nocivos en la salud de los seres humanos, así como también afecta a las construcciones e infraestructura. Para poder disminuir los efectos de este fenómeno se promueva e incentiva la utilización de tecnologías y combustibles limpios, locales traten beneficios económicos y ambientales para las industrias e incrementar la utilización de gas natural para reducir las emisiones del óxido y azufre. Desde 1998 el IDEAM se ha encargado de monitorear el agua lluvia del país, por medio de 32 estaciones, la cuales ayudan a determinar el índice de incidencia de actividades antrópicas de la calidad del aire. Se emplean dos tipos de monitoreo en el campo y laboratorio. Se logró hacer una comparación entre las ciudades del país y se determinó que el pH de la lluvia en la ciudad de Bogotá es de 5.6 unidades.<sup>3</sup>

A partir de la Ley 9 de 1979 el INVIMA<sup>4</sup> establece una Reglamentación Sanitaria Vigente: Por medio del Decreto 1575 de 2007, Se define el agua potable o agua para consumo humano como “Aquella que cumple con las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el presente decreto y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos y en la higiene personal” (INVIMA, 2014). La Resolución 2115 de 2007, señala las características (Físicas y Químicas con valores máximos aceptables), los instrumentos básicos (Índices de Riesgo de la Calidad del Agua) y las frecuencias del sistema de control y vigilancia para la

---

<sup>3</sup> IDEAM. (S.F.). ESTADO Y CAMBIO DE AGUA LLUVIA EN COLOMBIA. BOGOTA D.C. IDEAM.

<sup>4</sup> INSTITUTO NACIONAL DE VIGILANCIA DE MEDICAMENTO Y ALIMENTOS.

calidad del agua para consumo humano. Finalmente, la Resolución 12186 de 1991, establece los tratamientos permitidos al agua potable, tales como: Decantación, Floculación, Coagulación, Filtración, Micro filtración, Cloración, Ozonización, Rayos U.V. y Pasteurización.

Por otra parte, es de importancia caracterizar el tipo de agua lluvia que se recoge de los tejados, o esorrentía pluvial, para definir los posibles usos que se puedan dar a este recurso en sus distintas fases de filtrado o tratamiento. La investigación “Evaluación preliminar de la calidad de esorrentía pluvial sobre tejados para su posible aprovechamiento” de la UDCA plantea un referente para tener en cuenta en el análisis del estado del agua lluvia. En Colombia, varias comunidades, cuyo acceso al servicio de agua potable es limitado o precario, recolectan aguas lluvias para diferentes usos domésticos. Este artículo presenta los resultados de análisis de calidad de aguas lluvias de esorrentía sobre tejados, en barrios de Kennedy (Bogotá) y del municipio de Soacha (Cundinamarca), con miras a evaluar su adaptabilidad para satisfacer usos domésticos, en dichas comunidades. De acuerdo a los resultados obtenidos, el agua muestreada no es apta para ninguno de los usos de las comunidades estudiadas, debido principalmente a altos valores de turbiedad y altas concentraciones de sólidos suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días y metales pesados; sin embargo, se detectó una alta variabilidad espacial y temporal de los resultados, así como en función de los materiales de los techos de las casas. En algunos casos y condiciones especiales, el agua lluvia de la esorrentía de los tejados se podría adaptar para ser utilizada como fuente alternativa.

El trabajo en este campo no es inexplorado, y existen otra aproximación a nivel local para el trabajo de la recolección estructurada de agua lluvia con fines domésticos o no-potables, se encuentran un referente en la localidad de Rafael Uribe Uribe; particularmente en el barrio el



Consuelo, que parte de la recolección y tratamiento de aguas lluvias en una casa multifamiliar.

Agua que es tratada con fines no-potables.

El proyecto propone desarrollar un filtro de tratamiento de agua lluvia, donde el agua obtenida tenga una calidad similar al agua potable. Ya que en el lugar objeto de estudio se evidencia un aprovechamiento del agua lluvia de forma empírica mediante la recolección en canecas ubicadas en las bajantes, donde el agua lluvia llega con ciertas impurezas que afectan la calidad de vida de los habitantes. Se propone realizar una modificación a la bajante de aguas lluvias por medio de un ramal adicional compuesto por tubería PVC, registro, llave y un tapón. El método de filtración natural consta de arena, carbón activado y grava que aportan una filtración físico-química, esto se debe a que tanto la grava como la arena generan retención de las partículas contaminantes que lleva el agua lluvia al momento de su recolección (filtración física), el carbón por sus propiedades adsorbentes o de remoción eliminan impurezas en el agua (filtración química). El mantenimiento del filtro consta en exponerlo a la luz solar durante unas horas, donde los rayos UV recuperan las propiedades fisicoquímicas de los componentes del filtro (Arena, Gravilla y Carbón Activado). La recolección de agua lluvia en las canecas (método empírico de recolección de agua lluvia), alcanzan a obtener un porcentaje de ahorro del 10 % al 40%. En una vivienda Multifamiliar del Barrio el Consuelo, Localidad Rafael Uribe Uribe, Bogotá D.C (COLOMBIA). En donde no existe una distribución de agua directa a los puntos ya que únicamente se realiza mediante una manguera la cual por gravedad realiza la distribución a las canecas localizadas en cada piso.

El sistema está enfocado en dar solución a las impurezas del agua lluvia al ser captadas y almacenadas en las canecas, con el fin de ser utilizadas para descarga de sanitarios, lavado de

pisos, etc. El sistema no cuenta con una canalización del agua lluvia directa a los puntos de abastecimiento, es decir, baños, cocinas y llaves. Simplemente el agua es recogida en canecas.

En la actualidad el mundo afronta graves problemas climáticos por el uso irracional de los recursos y la ausencia de la preservación de los mismos. Este trabajo pretende implementar un sistema de reutilización de aguas lluvias a la comunidad del Barrio Yomasa con el fin de aprovechar este recurso hídrico y para beneficiar a la comunidad ya que carecen de recursos económicos. Primero se realiza un diagnóstico del manejo de los recursos hídricos en las viviendas existentes de la comunidad del Barrio Yomasa, después se realiza una visita donde se observa las necesidades y los métodos implementados por la comunidad de captación de aguas lluvias donde se determina que no la están reutilizando, luego se realiza un estado del arte donde se muestran sistemas de captación de aguas lluvias en construcciones con certificación LEED en diferentes lugares del mundo lo cual utilizan tecnologías ambientales en su gran mayoría y en otras solo el ingenio creativo. Como resultado se presentan dos diseños de sistema de captación y reutilización de aguas lluvias como opción para la implementación a las viviendas existentes del Barrio Yomasa, el cual consiste a corto y largo plazo. El sistema a corto plazo es el de recolección del agua de las cubiertas de las viviendas y almacenarlas en un tanque como depósito, luego se tiene una red interna dentro de la vivienda la cual por medio de unos registros de controla el paso del agua lluvia como del agua potable, después se procede a suministrar el agua desde la parte superior de la vivienda para que funcione por medio de la gravedad, esta agua lluvia solo es para usos secundarios como son la limpieza de pisos, para descarga de sanitarios, para riego de jardines, etc. El sistema a largo plazo es de almacenar por medio de las cubiertas el agua lluvia a un tanque el cual se encuentra a nivel del terreno de la vivienda y por medio de una bomba es distribuida el agua hacia el interior de la construcción pasando por un filtro y mejorando las condiciones del agua para tener aún más beneficio para sus habitantes. Este diseño

se obtiene de una información la cual es suministrada por medio de la zona donde se toman datos de estaciones pluviométricas, para tener registros de la precipitación durante el año. Es así como la comunidad se ve beneficiada ya que el costo del servicio del acueducto reduciría y tendrían una reserva de agua para otros usos.

Existen otros tipos de proyectos, como el “Proyecto Permacultural”, que busca una asociación entre el recurso y su vinculación con sistemas agrícolas, y trabajos comunitarios de huertas. El sistema se compone de una torre de 4 metros con cubierta inclinada y adaptación centralizada de canal para recolectar agua lluvia. El porcentaje de ahorro de agua está entre el 50% y 70 %. Únicamente cuenta con un filtro de captación de primeras aguas. Su mantenimiento es manual y requiere de una revisión periódica para extraer la suciedad que no logra filtrar por la malla inicial, está ubicado en la zona rural cercana a la ciudad de Manizales (Colombia). El agua llega directamente a los puntos de riego requeridos por medio de gravedad.

El sistema tiene 0% de uso de energía eléctrica ya que es utilizado a nivel de gravedad, pero el punto negativo es que el tanque de almacenamiento está retirado de los puntos es decir que no tiene la suficiente presión para suministrar la vivienda ecológica.

El sector de la construcción es considerado una de las actividades que más genera residuos, contaminación, transformación del entorno y uso considerable de energía, desde sus etapas preliminares, vida útil, y demolición de una edificación, de este modo, la implementación de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvia durante el proceso de construcción es una práctica que ayuda a generar el uso racional del agua potable y contribuir con la problemática de escasez del recurso hídrico, sin dejar a un lado los parámetros establecidos por el gobierno nacional.

Este trabajo presenta un análisis económico y técnico del aprovechamiento de aguas lluvia como alternativa para el lavado de maquinarias, curado del concreto, sanitarios y cortadora de

ladrillo, al proponer un sistema hidráulico para la captación y utilización de aguas lluvia; Se trabajan tres objetivos principales para afirmar la viabilidad del proyecto, tales como -definir el diseño para el sistema de obtención, almacenamiento y distribución de agua lluvia, - establecer las desventajas y ventajas del sistema hidráulico implementado en una obra de construcción y determinar los costos de implementación y mantenimiento del sistema de reutilización.

En el contexto internacional existen referentes como el “Tlaloque”, que consta de un sistema que propone no solo la recolección, sino el filtrado y bombeo del recurso. Es un medio filtrante para apartar y atrapar sólidos y elementos grandes traídos por la lluvia al tanque de almacenamiento subterráneo. Que consta en recolectar las primeras aguas lluvias para retenerlas y dejar filtrar solamente el agua limpia recolectada. Para el mantenimiento y limpieza del tanque emplearon una válvula en la parte inferior para drenarlo entre cada lluvia. Este proyecto se ubica en el sector de Isla Urbana, México. Emplea un sistema de bombeo para distribución de agua potable debido a la ubicación superficial del tanque de almacenamiento.

El sistema cuenta con un tanque de almacenamiento subterráneo que, para el uso del agua recolectada, es indispensable usar energía eléctrica para poder bombear el agua a los puntos de suministro.

### **Marco Teórico**

Según los análisis de Precipitación media total anual se establece que la ciudad de Bogotá esta entre los 500 y los 1000 mm, como se muestra en la Ilustración 2 A partir de esta información, se infiere que la cantidad de agua de las precipitaciones es suficiente para ser aprovechada y justificar la relación de costo-beneficio que puede traer este sistema. Teniendo en cuenta los ciclos pluviales y que hay temporadas secas, el ahorro de este sistema se puede inferir en un espectro anual para obtener cifras significativas ajustadas a un promedio, sin embargo, el

análisis de medición será llevado en un mes y se extrapolará con los datos de precipitación mes por mes para obtener un patrón de comportamiento del sistema.

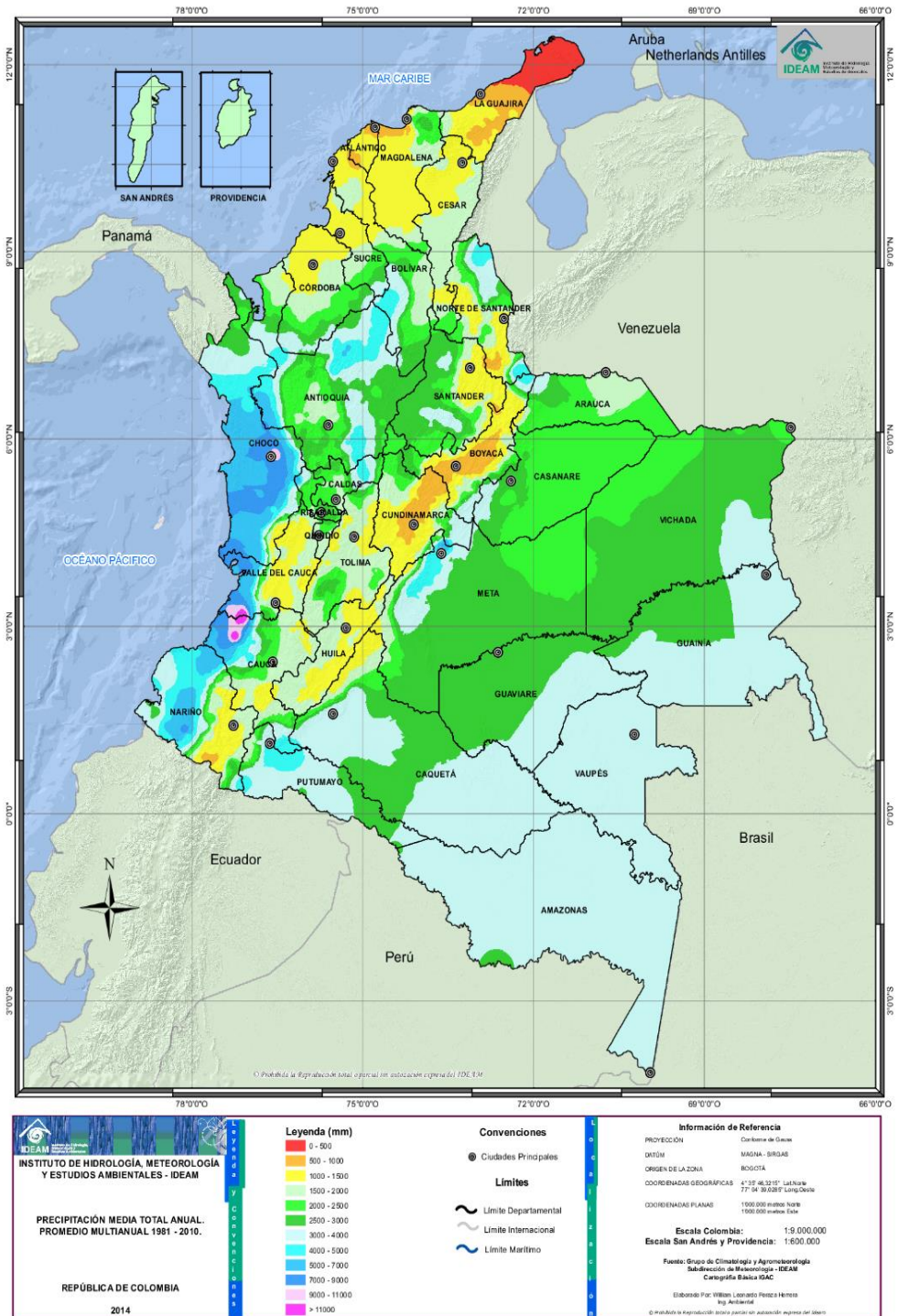
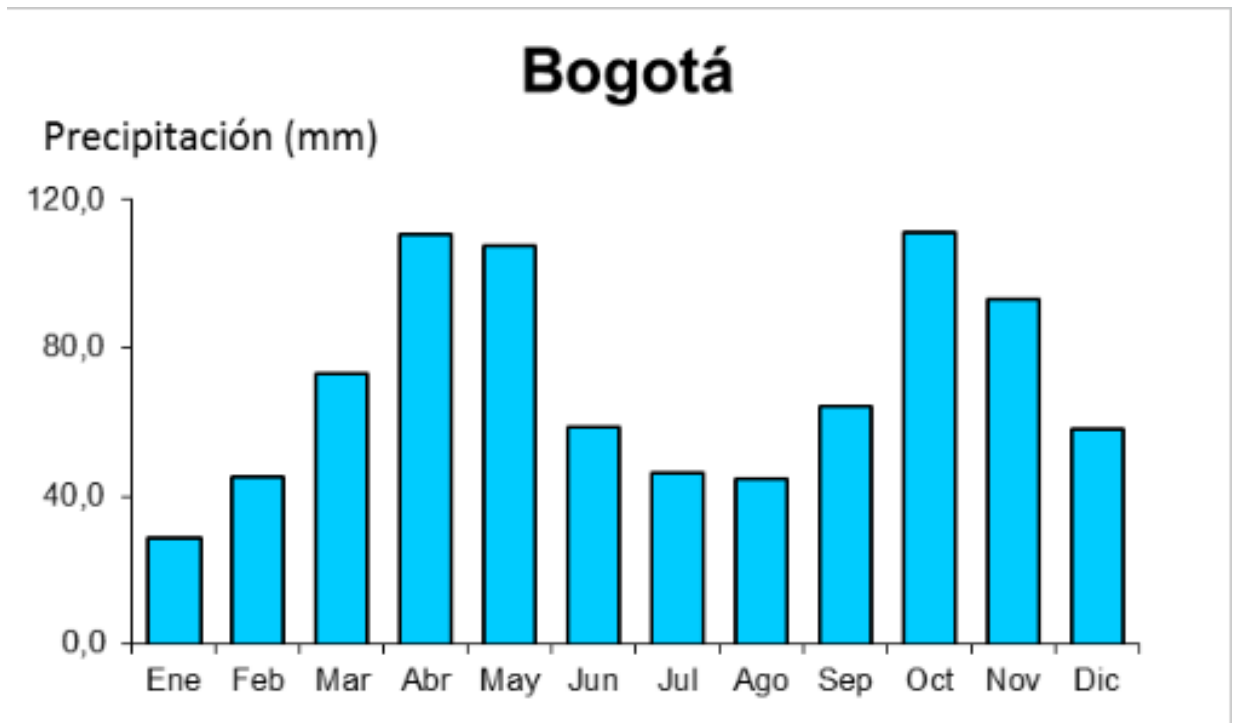


Ilustración 2..Precipitación Media Total Anual

Fuente: IDEAM, Mapa De Precipitacion Media Total Anual,2014.

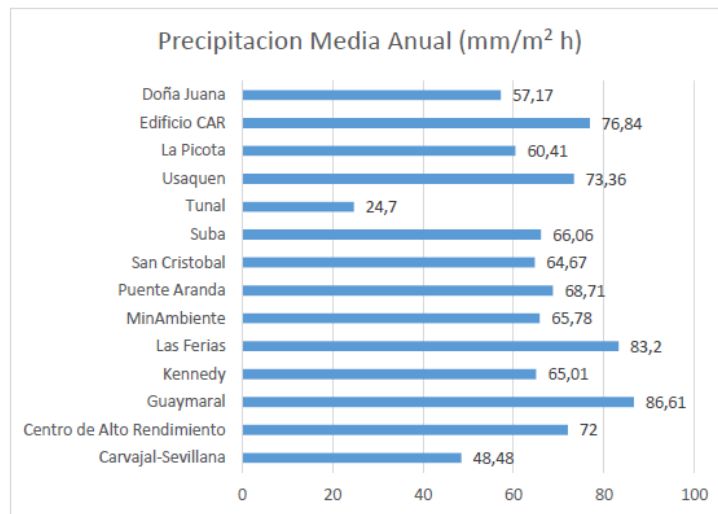


Gráfica 4. Precipitación anual en Bogotá D.C  
 Fuente: IDEAM, Mapa De Precipitacion Media Total Anual, 2014.

Como se puede observar en la Gráfica 4., se presentan dos temporadas de lluvias que generalmente van desde finales de marzo hasta comienzos de junio y desde finales de septiembre hasta comienzos de diciembre, siendo esta la más lluviosa. Se evidencia que la localidad de Puente Aranda es una de las localidades con índices de lluvias altas (Ver Ilustración 3) con 68.71 mm/m<sup>(2)</sup> h. (Ver grafica 5). A partir del análisis de pluviometría por zonas, la facilidad de acceso, y la disponibilidad de una vivienda para realizar el prototipo de pruebas, se determinó esta localidad como la seleccionada para realizar el estudio. Esto, sin embargo, no supone una no-funcionalidad del sistema en otras condiciones pluviométricas o zonas de la ciudad.

El sistema se basa en unos referentes que demuestran que las iniciativas de ahorro y aprovechamiento de agua son bien recibidas por la comunidad y que pueden producir significativas reducciones en el malgasto del vital líquido. Más allá de construirse este proyecto con fines económicos, busca fundamentarse en las referencias y teorías levantadas para generar

un impacto social y ambiental significativo en la ciudad, generando precedentes para futuras iniciativas de ahorro de este recurso. Por otra parte, es de notar que la subutilización de las aguas lluvias termina en mayores vertimientos pues los usos domésticos para los que esta pudiese ser apta terminan siendo cubiertos por agua potable, generando así un doble vertimiento y produciendo mayor saturación del sistema de alcantarillado.



Gráfica 5. Análisis de precipitaciones por estación

Fuente: Universidad La Gran Colombia, Sistema De Reutilización De Aguas En Obra. Bogotá D.C., 2017

Se han implementado diferentes tipos de métodos de filtración en los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia existente, para obtener una calidad óptima de agua potable para el consumo humano. Entre ellos, el prototipo de recolección y tratamiento de agua lluvia desarrollado por la Universidad Católica de Colombia en el barrio Consuelo; propone un filtro de origen natural constituido por Arena, carbón activado y grava, como se muestra en la Ilustración 4. Las propiedades de estos materiales aportan una filtración físico-química, debido a que tanto la grava como la arena generan retención de las partículas contaminantes que lleva el agua lluvia al momento de su recolección (filtración física), el carbón por sus propiedades adsorbentes o de remoción eliminan impurezas en el agua (filtración química). Adicionalmente, se utiliza una

zabra en la parte superior e inferior del filtro para la recolección de partículas. Este filtro tiene la capacidad de retener los sólidos suspendidos provenientes del agua de la esorrentía de los tejados. Es de precio accesible para la comunidad a la cual está dirigido (Ver Ilustración 4 y 5).

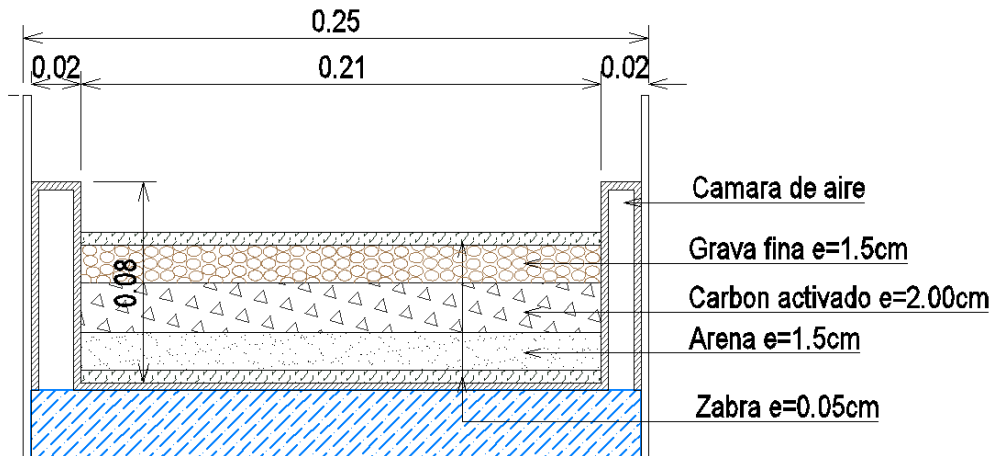


Ilustración 3. Diseño filtro natural de arena, grava y carbon activado.

Fuente: Diseño e Implementación de un Prototipo de Sistema de Recolección y Tratamiento Aguas Lluvias en Casa Multifamiliar para Uso Doméstico en el Barrio Consuelo, Localidad De Rafael Uribe Uribe. Universidad Catolica de Colombia.

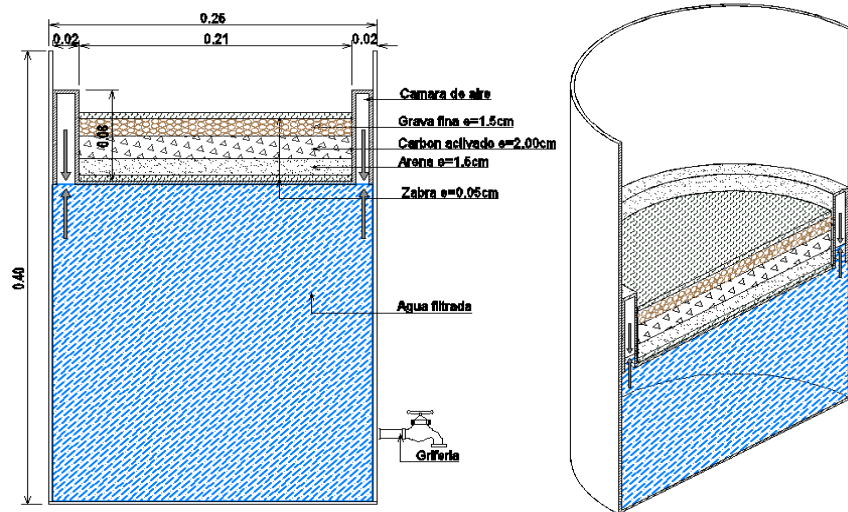


Ilustración 4. Esquema de funcionamiento de filtro.

Fuente: Diseño e Implementación de un Prototipo de Sistema de Recolección y Tratamiento Aguas Lluvias en Casa Multifamiliar para Uso Doméstico en el Barrio Consuelo, Localidad De Rafael Uribe Uribe. Universidad Catolica de Colombia



En la propuesta implementada en la zona de Isla Urbana (México D.F), el producto Tlaloque cuenta con un tipo de filtro de primeras aguas lluvias, en donde el agua proveniente de los techos de las viviendas son las primeras en llegar al Tlaloque (Ilustración 6), el cual tiene la capacidad de contener los primeros 5 minutos de agua lluvia. Una vez lleno el Tlaloque, el agua viaja hacia una cisterna por medio de una tubería que en su interior lleva una pelota que retiene la suciedad acumulada en el agua proveniente de los techos. De esta forma, el agua que llega a la cisterna, llega limpia sin impurezas, con un 75% libre de contaminación, lista para usarse para el lavado de pisos y fachadas. Si esta agua quiere usarse para consumo humano, debe someterse a otros procesos de purificación tales como cloración y/o ozonificación.

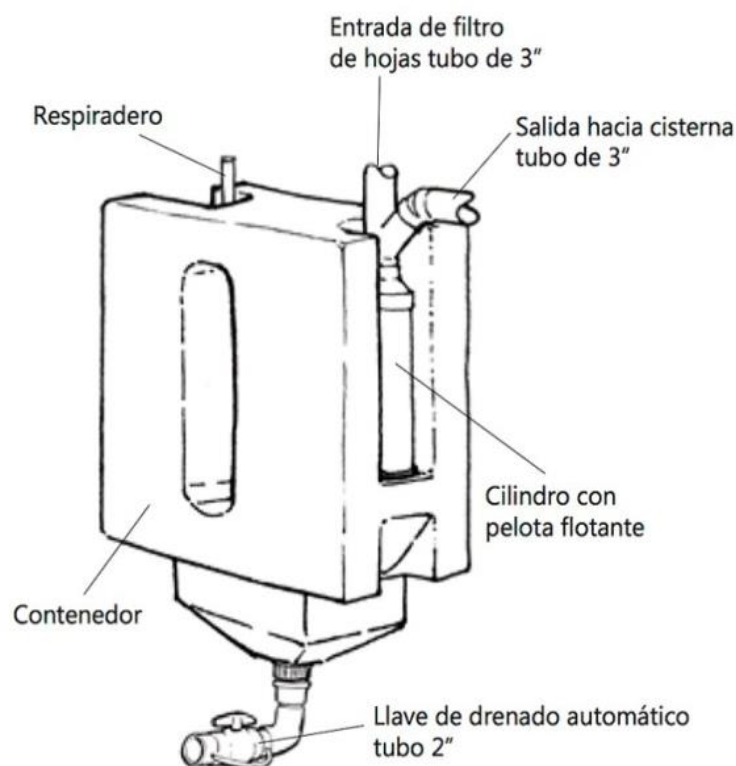


Ilustración 5. Esquema de Funcionamiento del TLALOQUE.  
 Fuente. Sitio Web. Lluvia para todos. <http://islaurbana.org/>

El sistema de filtración de primeras aguas lluvias Tlaloque tiene la ventaja que el agua limpia se puede conducir directamente a los puntos de suministro, por lo cual, es la alternativa que se va implementar en la propuesta. Al contrario, que el método de filtración desarrollada en el prototipo del barrio Consuelo, no llega directo a los puntos, ya que requiere la utilización de baldes para recoger el agua limpia filtrada en las canecas.

La Reglamentación Sanitaria Vigente del INVIMA, establecida en la ley 9 de 1979 sobre Agua Potable para Consumo Humano, determina los valores máximos aceptables que debe cumplir el agua apta para consumo según sus características físicas y químicas, por medio de la Resolución 2115 de 2007, las cuales son,

Tabla 1

*Características Físicas del Agua para Consumo Humano.*

Características Físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

**Nota.** Fuente: INVIMA, Agua Potable para Consumo Humano: Reglamentación Sanitaria Vigente, 2014.

El valor máximo aceptable de conductividad es hasta los 1000 microsiemens/cm

Y debe tener un potencial de hidrogeno (pH) comprendido entre los 6,5 y 9,0. Para determinar si el agua es acida, alcalina o neutra. Se clasifica entre un rango de 0 a 14 und. Si es menor de 7 und se considera acida, mayor que 7 und se considera alcalina y cuando el rango es 7 und, es neutra.

La dureza del agua determina la concentración de compuestos minerales, tales como sales de magnesio y calcio. El agua denominada comúnmente “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua “blanda” las contiene en muy poca cantidad.

La dureza del agua se puede clasificar en un rango de entre 7 y 14 (°H F)<sup>5</sup>.

- < 7: agua muy blanda
- 7-14: agua blanda
- 14-32: agua de dureza intermedia
- 32-54: agua dura
- > 54: agua muy dura

Las tablas 2, 3 y 4 establecen las características químicas del agua de los elementos que tienen efectos negativos en la salud humana.

Tabla 2

*Características Químicas de Sustancias que tienen reconocido Efecto Adverso en la Salud humana.*

Parámetro	Valor máximo aceptable.
Antimonio	0.02 mg/L
Arsénico	0.1 mg/ L
Barios	0.7 mg/L
Cadmio	0.003 mg/L
Cianuro	0.05 mg/L
Cobre	1.0 mg/L
Cromo	0.05 mg/L
Mercurio	0.01 mg/L
Níquel	0.08 mg/L
Plomo	0.01 mg/L

<sup>5</sup> GRADOS HIDROMÉTRICOS FRANCESES

Selenio	0.01 mg/L
Trihalometanos	0.2 mg/L
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0.01 mg/L

**Nota.** Fuente: INVIMA, Agua Potable para Consumo Humano: Reglamentación Sanitaria Vigente, 2014.

Tabla3

*Características Químicas de Sustancias que tienen Implicaciones en la Salud Humana.*

Parámetro	Valor máximo aceptable.
Carbono Orgánico	5.0 mg/L
Nitritos	0.1 mg/L
Nitratos	10 mg/ L
Fluoruros	1.0 mg/L

**Nota.** Fuente: INVIMA, Agua Potable para Consumo Humano: Reglamentación Sanitaria Vigente, 2014.

Tabla 4

*Características Químicas que tienen Consecuencias Indirectas en la Salud Humana.*

Parámetro	Valor máximo aceptable.
Calcio	60 mg/L
Alcalinidad Total	200 mg/L
Cloruros	250 mg/ L
Aluminio	0.2 mg/L
Dureza Total	300 mg/L
Hierro Total	0.3 mg/L
Magnesio	36 mg/L
Manganeso	0.1 mg/L
Molibdeno	0.07 mg/L
Sulfatos	250 mg/L
Zinc	3 mg/L
Fosfatos	0.5 mg/L

**Nota.** Fuente: INVIMA, Agua Potable para Consumo Humano: Reglamentación Sanitaria Vigente, 2014.

### **Metodología.**

La metodología propuesta parte de una de una investigación aplicada pues ocupa de la relación entre la teoría planteada (marco teórico) y el producto que se espera obtener del prototipo generado como insumo del proyecto. Adicionalmente, tiene elementos de investigación cuantitativa que se definen a través del planteamiento de los objetivos. Estos conceptos metodológicos se fundamentan en los descritos en el libro Metodología de la Investigación del Dr. Roberto Hernández Sampieri; la estructura y el modelo de protocolo están basados en el trabajo del Prof. Olavo Escorcia Oyola en su trabajo Manual para la Investigación.

Se realiza también un análisis documental sobre los proyectos que se han realizado a nivel local, los tipos de técnicas de recolección de agua lluvia, niveles de pluviometría de las localidades de la ciudad de Bogotá D.C. Con el fin de inferir información de utilidad para el desarrollo del prototipo y aplicación de los instrumentos metodológicos.

#### **Niveles de Pluviometría**

Realizar las investigaciones sobre los niveles de pluviometría de la Localidad de Puente Aranda.

#### **Cantidad de Agua Captada**

Determinar la cantidad de litros de agua lluvia que caen en un área ( $m^2$ ) de cubierta se evidenciara mediante tablas los niveles de agua captada y el consumo diario por personas en las actividades que no requieran uso de agua potable.

#### **Filtración de Agua LLuvia**

Determinar las pruebas de filtración de agua lluvia para incorporarlas al prototipo.

Buscando disminuir las impurezas del recurso para el uso que se le quiera dar.

### **Factor de Ahorro**

Realizar los estudios sobre el consumo de agua potable en una vivienda con el fin de establecer las estadísticas y porcentajes de ahorro que se puedan obtener en el sistema. Mediante la aplicación de encuestas a personas que habiten en las viviendas del sector de Puente Aranda, en los estratos 2 y 3.

La estratificación socioeconómica de la Localidad de Puente Aranda pertenece a los estratos 2 y 3. El nivel pluviométrico es de 68,71 mm/ m<sup>2</sup>. El prototipo de prueba se instalara en una vivienda estrato 3, habitada por una familia de 4 personas, que cuenta con 2 baños y un patio.

El muestreo será de tipo determinístico, ya que en el diseño del muestreo se contempla en la relación entre las variables como unidades muestrales. Haciendo un análisis de correlación para determinar la veracidad de la relación propuesta entre esas variables. A partir de la medición se puede hacer un estudio para determinar la dependencia de esas dos variables, y si hay relación en estas. Análisis de correlaciones de datos, correlación y regresión, busca establecer esto.

### **Técnicas de Recolección de Información**

Mediante la Observación Directa se hace un registro audiovisual para conocer las diferentes técnicas de ahorro de agua (potable y lluvia) que se practican en una vivienda, y por medios electrónicos establecer y verificar los niveles de pluviometría de la Localidad de Puente Aranda.

Con la Encuesta Cuestionario de preguntas abiertas para conocer los métodos de ahorro y cerradas para la cantidad de litros que se consumen en las diferentes actividades (descargas

sanitarias, lavado de pisos, lavado de carros y motos, riego de plantas entre otros), la cual ayuda a recolectar información sobre el consumo promedio de agua potable en una vivienda estrato 2 y 3.

Y el Análisis Documental sobre los proyectos que se han realizado a nivel local, tipos de técnicas de recolección de agua lluvia, niveles de pluviometría de las localidades de la Ciudad de Bogotá. Con el fin de inferir información de utilidad para el desarrollo de los prototipos y aplicación de los instrumentos metodológicos.

El análisis del ahorro de agua se hará por medio de una gráfica en un periodo de 2 meses (octubre y noviembre) vs con el porcentaje de consumo agua en el recibo, ya con el sistema implementado en la casa. Posteriormente los niveles de precipitación en el periodo de implantación del sistema serán comparados con la disminución del consumo en el recibo. Si llueve mucho, el recibo tiene que bajar acorde a la cantidad de agua recogida. Y finalmente, la comparación del consumo anterior a la implementación del sistema, con un histórico ya con el sistema funcionando.

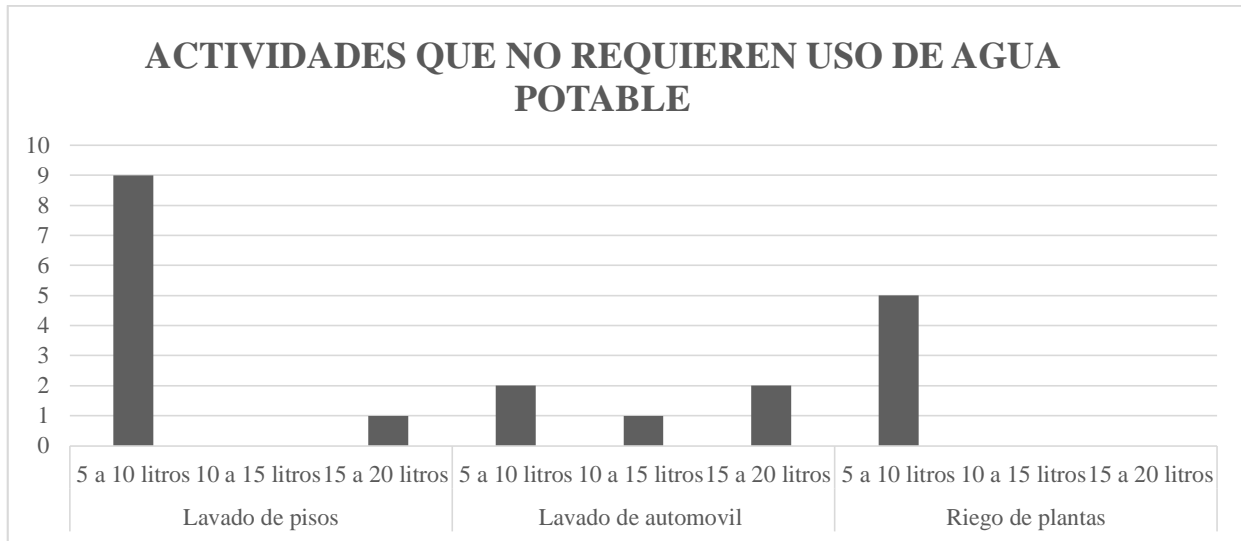
Existen 3 momentos en el desarrollo de la investigación:

**Etapas 1:** Se recolecta información sobre las diferentes técnicas de recolección de agua lluvia y los proyectos que se han desarrollado dentro del marco. También, información relacionada con los niveles de pluviometría de las localidades de la ciudad de Bogotá, el fenómeno de precipitación en Colombia incluyendo mapas y gráficos que ayudan a esclarecer el comportamiento de las lluvias en el territorio. (Marco teórico).

**Etapas 2:** Interpretación y análisis de la información (resultados de la información obtenida mediante análisis cuantitativo, construcción del cuerpo del proyecto, los capítulos y subtemas (composición de las categorías temáticas).

**Etapas 3:** Presentación de análisis final a manera de conclusiones y presentación formal del proyecto.

La siguiente encuesta (Ver Grafica 6) se realizó con el fin de establecer el consumo promedio de agua potable en una vivienda estrato 2 y 3, en actividades que no requieran de agua potable como lo son descargas sanitarias, lavado de pisos y riego de jardín



Gráfica 6. Resultados de encuesta sobre el consumo de agua potable en actividades de aseo, descarga de sanitarios y riego de jardín de la Localidad de Puente Aranda.

Fuente: Elaboracion Propia

**Cálculos de Consumo**

Para poder establecer el consumo promedio de agua potable en actividades convencionales de aseo, se debe conocer el consumo promedio por persona en el hogar (Ver Tabla 5) y el consumo histórico real de agua de la vivienda, en este caso, ubicada en el sector de Puente Aranda (Ilustración 7). Posteriormente, determinar la disminución tanto en la cantidad como en el valor de facturación del recurso, que se obtendría con la implementación del sistema propuesto.

La vivienda que será objeto de este estudio, esta estratificada en nivel 3, es de uso unifamiliar, cuenta con servicio de dos (2) baños y posee dos (2) puntos de riego para las



actividades de aseo. Se evidencia, que se reutiliza agua lluvia en la descarga de sanitarios y lavado de pisos, recolectando el agua proveniente de la escorrentía del tejado en tanques de 100 litros. También reutilizan el agua que se expulsa de la lavadora, en el último ciclo de lavado.

Tabla 5

Cantidad de agua promedio consumida por persona

No	Cantidad	# M3 / MES
Personas.	m3 / Día	
1	0,024	0,72
2	0,048	1,44
3	0,072	2,16
4	0,096	2,88
5	0,12	3,6
6	0,144	4,32

Nota. Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 6. Datos de consumo de Agua de la Vivienda

Fuente: AAAB.

La Ilustración 7, evidencia el consumo histórico de agua de la vivienda, que es de 23 m<sup>3</sup>, esta información servirá como base para determinar el potencial de ahorro de agua con el sistema ya instalado en la vivienda.

En la Tabla 6 se hace un comparativo de los referentes consignados en el marco referencial. Estableciendo las ventajas y desventajas de cada uno de ellos. Por ello, el sistema de captación y aprovechamiento de agua lluvia (SCALL) reúne cada una de estas variables en una relación costo-beneficio positiva, ya que cuenta con un sistema de captación y filtración mecánico, no requiere un mantenimiento frecuente, y al ser de gravedad no utiliza un sistema de bombeo para la distribución del agua a los puntos.

Tabla 6  
*Comparación de costos y componentes de Sistemas de captación de agua lluvia.*

Elemento / Sistema	Sistemas					
	SCALL (UGC)	Barrio El Consuelo	de agua lluvia en obra	Permacult ural	Tlaloque (México)	Barrio Yomasa
Malla Protectora Para Solidos	✓	✗	✗	✓	✓	✗
Tolva Impermeable para Captación	✓	✗	✓	✗	✗	✗
Soporte del Área de Captación	✓	✗	✓	✓	✗	✗
Tanque de Almacenamiento	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Filtro de Purga Mecánico	✓	✗	✗	✗	✓	✗

Filtro	X	✓	X	✓	✓	✓
Convencional						
Tubería,						
Conexiones y	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Válvulas						
Sistema de						
Bombeo	X	X	✓	X	✓	✓
<b>Costo en Pesos</b>	<b>\$928.94</b>	<b>\$150.000</b>	<b>\$877.500</b>	<b>Informació</b>	<b>\$4'088.65</b>	<b>Informació</b>
<b>Colombianos.</b>	<b>0</b>	<b>(Filtro)</b>		<b>n No</b>	<b>0</b>	<b>n No</b>
				<b>Disponible</b>		<b>Disponible</b>

Nota. Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con los estudios de los niveles de pluviometría de la Localidad de Puente Aranda, a continuación, se establece los parámetros para establecer el área de la captación, la capacidad del tanque, el consumo de agua únicamente con la descarga de sanitarios y el porcentaje en ahorro con el sistema SCALL instalado en la vivienda.

En la Tabla 7 se relaciona el área de cubierta (m<sup>2</sup>) con el nivel de pluviometría de la Localidad de Puente Aranda. En donde, 3 metros cuadrados de cubierta pueden captar 206, 13 mm/m<sup>2</sup>h, es decir que la cubierta del prototipo tendrá un área de 3 metros cuadrados para poder captar la cantidad de agua lluvia necesaria, cuando se presenten altos niveles de precipitación de la zona, específicamente en los meses de octubre y noviembre.

Tabla 7

*Relación m2 de cubierta con el nivel de pluviometría de la Localidad de Puente Aranda.*

Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	Nivel de Pluviometría (mm/m <sup>2</sup> h)
1	68,71
2	137,42
3	206,13

4	274,84	
5	343,55	
6	412,26	
7	480,97	
8	549,68	
9	618,39	
10	687,10	<b>Nota.</b> Fuente: Elaboración Propia

Para establecer la cantidad de agua en el tanque de almacenamiento, se debe estimar el promedio de descargas que se realizan en la vivienda de estrato 3 con 4 habitantes. En este caso, un tanque de almacenamiento de 250 litros alcanza para 31.25 descargas. Es decir que en la vivienda de 4 personas se generan 12 descargas en el día. Con la implementación del tanque el agua lluvia almacenada alcanza para 3 días suministro, únicamente para la actividad de descarga de sanitarios. (Ver tabla 8). Igualmente, se hizo la comparación con tanques de capacidad de 500 y 1000 litros.

Tabla 8  
*Capacidad de almacenamiento para descarga de sanitarios diarias*

Tanque	Descargas	No. Personas	Descargas por día	Días de Suministro
250	31,25	4	12	3
500	62,5	4	12	5
1000	125	4	12	10

**Nota.** Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con el anterior análisis de datos recolectados, el diseño propuesto del sistema de aprovechamiento y captación de agua lluvia (SCALL) se conforma por una tolva en forma de pirámide invertida (Ilustración 8), y una malla cafetera para la separación de solidos provenientes de la esorrentía. El material de la tolva tiene la capacidad de soportar el peso del líquido mientras es canalizado al tanque de almacenamiento a través de la tubería PVC. La tolva esta

soportada por una estructura metálica de sección cuadrada de 1 pulgada, la cual está anclada al suelo.

El agua es canalizada a través de la tubería PVC de 4 pulgadas, llegando al tanque de almacenamiento de 250 litros (Ilustración 9 y 10), en su interior lleva un filtro de primeras aguas con la capacidad inicial de contener 3 litros de agua lluvia. Una vez lleno el tanque, un pequeño porcentaje del agua limpia pasa por tubería adicional que es la encargada de limpiar los residuos sólidos contenidos en el filtro, estos son expulsados a través de la tubería de ½ pulg hasta llegar a una llave registro. Luego de ser filtrada, el agua lluvia pasa a ser distribuida a los puntos de suministro (sanitarios y llaves de jardín) mediante la fuerza de gravedad.

En caso de que el tanque se llene en su totalidad, existe un sistema de expulsión de agua que llega directo a la canal de la cubierta de la vivienda.

En la Ilustración 4 se evidencia el proceso de captación, almacenamiento filtración y distribución por gravedad, del agua lluvia del sistema SCALL implementado en la vivienda.

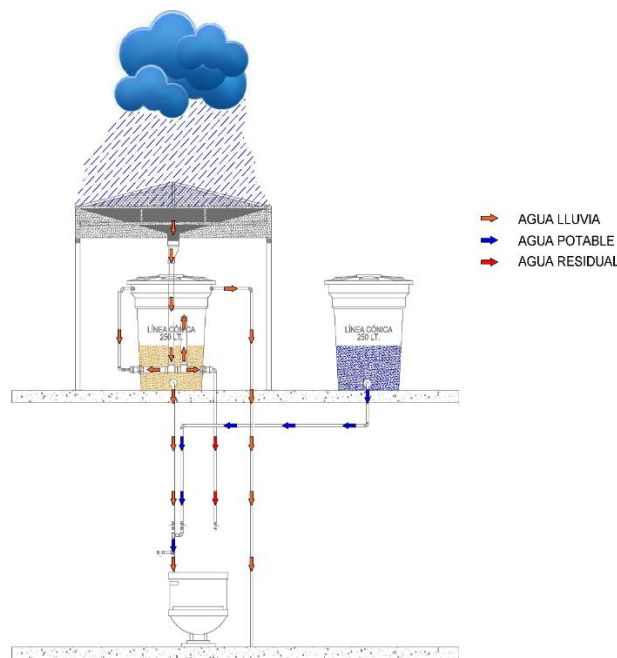


Ilustración 7. Esquema de Funcionamiento del Sistema

Fuente: Elaboracion Propia.

### Diseño de Prototipo

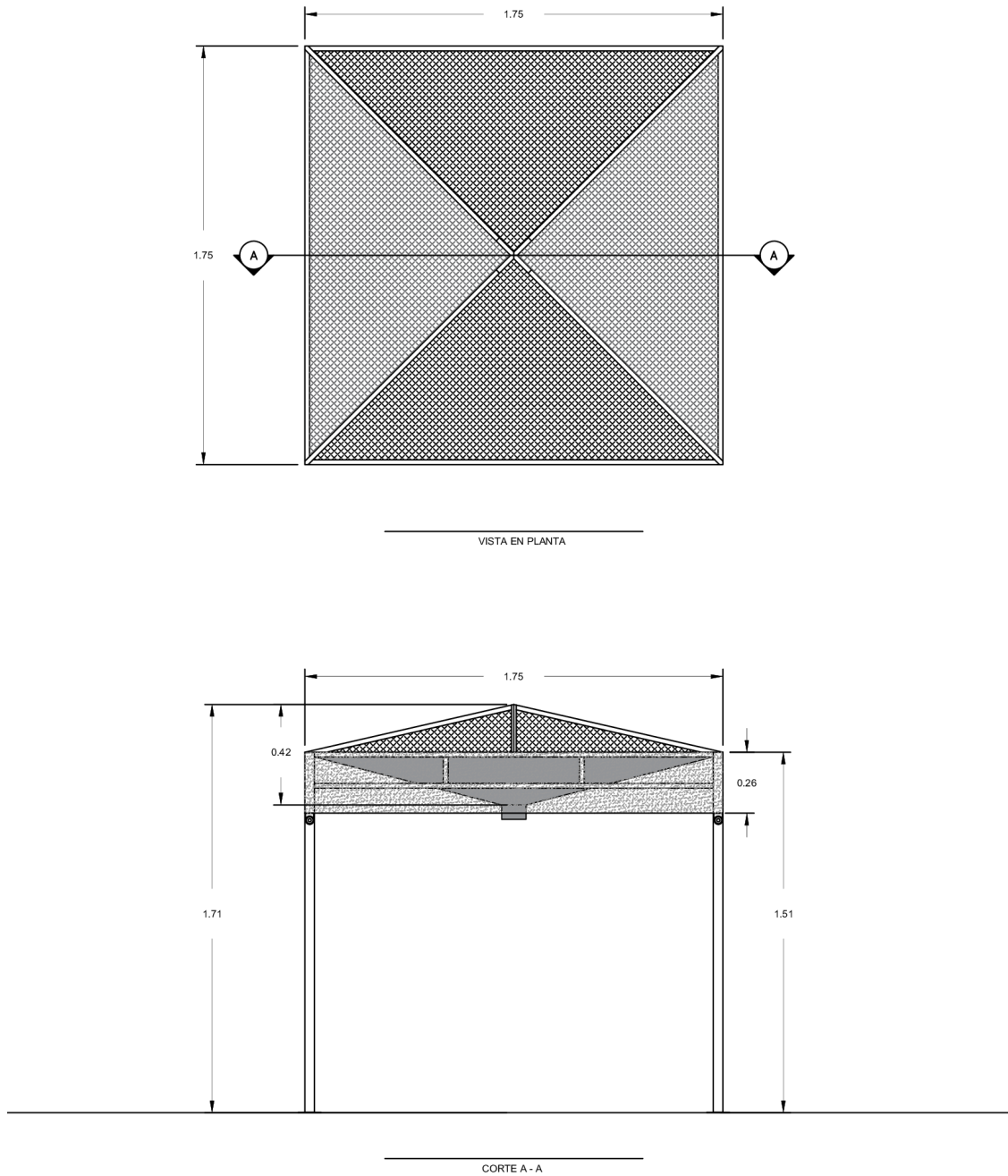


Ilustración 8. Diseño del Área de Captacion del sistema SCALL

Fuente: Elaboracion Propia.

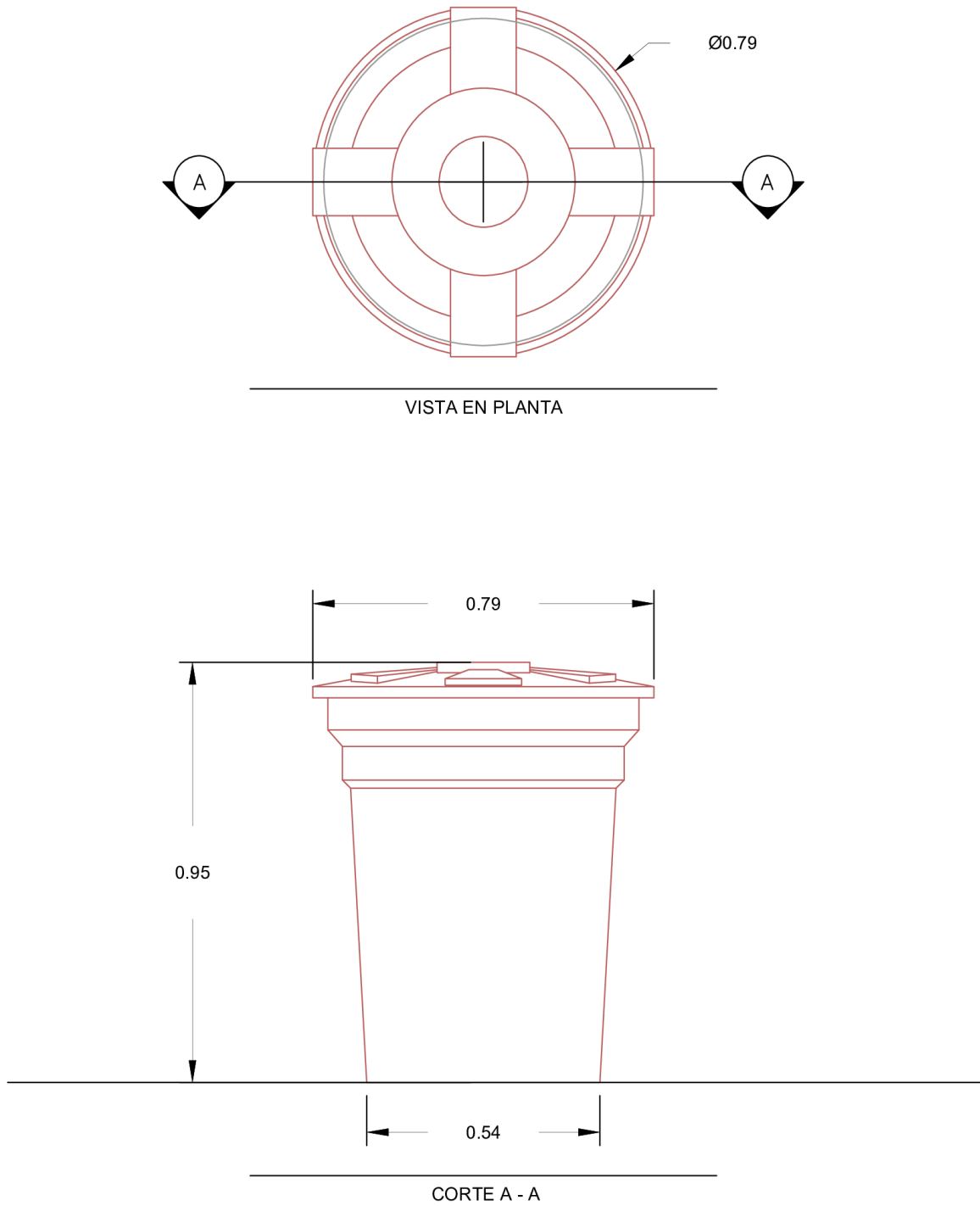


Ilustración 9. Diseño del Tanque de Almacenamiento de 250 litros

Fuente: Elaboracion Propia

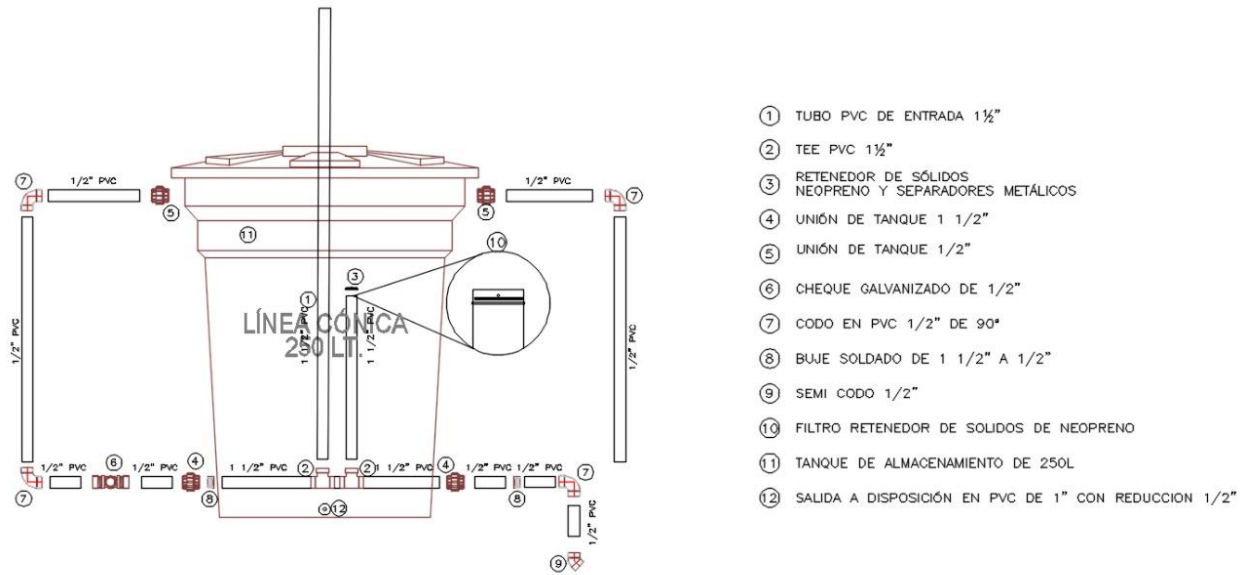


Ilustración 10. Detalle de Sistema de Filtración de Agua Lluvia, Sistema de Limpieza del Filtro y Sistema de Distribución a los puntos.

Fuente: Elaboración Propia

En la Ilustración 12, muestra el proceso de armado e instalación de la estructura metálica tubular de sección cuadrada de 1 pulg. del sistema SCALL. La cual va anclada al sobre la placa de entpiso de la cubierta de la vivienda.



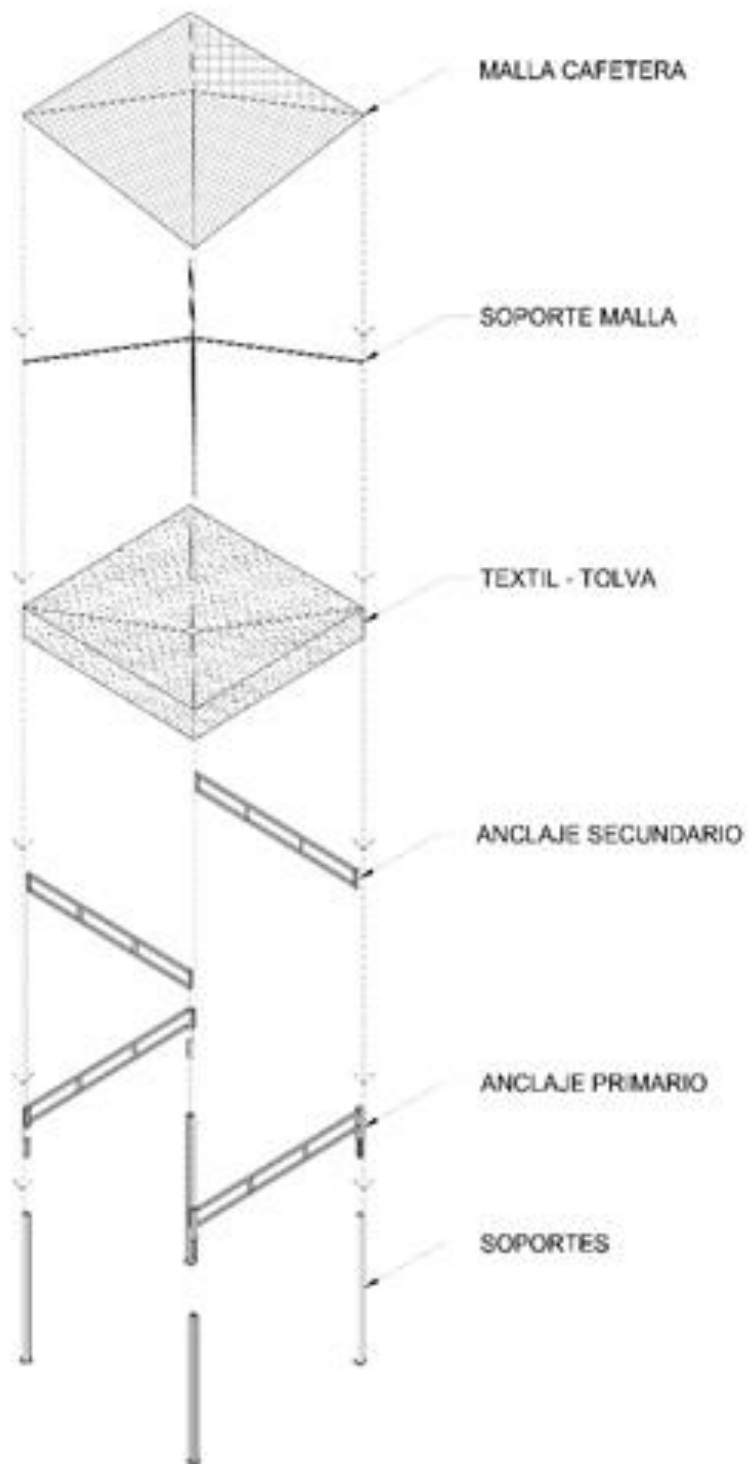


Ilustración 11. Proceso de Armado de la Estructura Metalica de la Tolva.

Fuente: Elaboracion Propia

El siguiente esquema (Ilustración 13) explica cómo llega el agua lluvia a los puntos de suministro de agua no potable, en este caso, a un sanitario de la vivienda. Cabe notar, que la vivienda cuenta con un tanque de almacenamiento de agua potable. El usuario puede abrir la llave de suministro de agua potable, cuando no se presenten temporadas de lluvias altas en el sector.

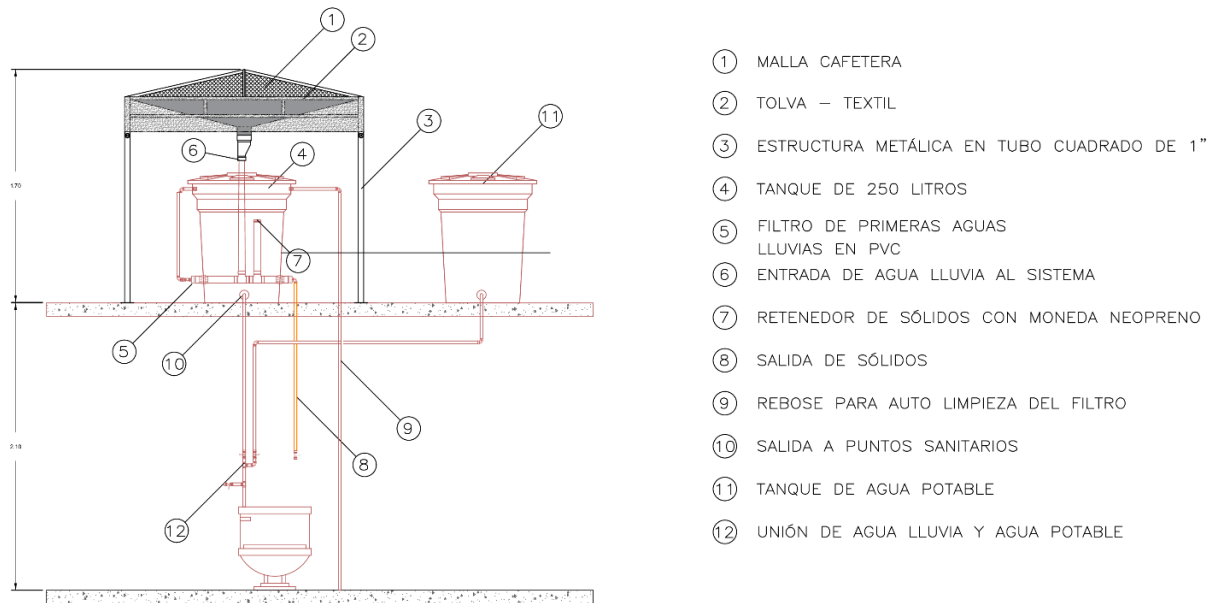


Ilustración 12. Esquema de Funcionamiento del sistema instalado en la vivienda.

Fuente: Elaboracion Propia

### Pruebas

La recolección de agua lluvia es una alternativa de ahorro tanto ambiental como económico del recurso. Pues se puede reutilizar en las mismas actividades que requieren el uso de agua potable. Sin embargo, al ser captada en los techos de las viviendas y posteriormente almacenadas en tanques de almacenamiento, sin ningún tratamiento previo, puede afectar la salud de las personas. Es por eso, que deben realizar una serie de pruebas sobre la calidad del agua y el método de filtración propuesto para mejorar sus condiciones si se desea darle otros usos aparte de los propuestos en este trabajo.

**Prueba de Calidad del Agua**

En base a los referentes de “Estado y Cambio del Agua Lluvia en Colombia (IDEAM)” y “Evaluación Preliminar de la Calidad de la Escorrentía Pluvial sobre Techados para su posible Aprovechamiento en zonas Periurbanas de Bogotá D.C.”, se debe tener en cuenta que la calidad de agua lluvia no es óptima para el consumo humano debido a la contaminación atmosférica, lluvia acida y la acumulación de material particulado sobre los techos. Esto genera la presencia de altos niveles de turbiedad y las altas concentraciones de SST<sup>6</sup>, DBO<sup>7</sup> y metales pesados en el líquido. Por lo cual, se hace un análisis de laboratorio de las características físicas y químicas del agua lluvia del sector de Puente Aranda. Con los resultados obtenidos se verifica y compara las características que debe cumplir agua potable para consumo humano señaladas en la Resolución 2115 de 2007 del INVIMA.

De acuerdo, con la Resolución 2115 de 2007, las características físicas y químicas del agua para consumo humano no pueden sobrepasar los valores máximos aceptables que se muestran en la Tabla 10 y 11.

Tabla 9

*Características Físicas del Agua para consumo humano.*

Características Físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

6 SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

7 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO

**Nota.** Fuente: INVIMA, Agua Potable para Consumo Humano: Reglamentación Sanitaria Vigente, 2014.

Tabla 10

*Características Químicas del Agua para consumo humano.*

Parámetro	Valor máximo aceptable.
Nitratos	10 mg/L
Hierro	0.3 mg/ L
Sulfatos	250 mg/L
Cloruros	250 mg/L

**Nota.** Fuente: INVIMA, Agua Potable para Consumo Humano: Reglamentación Sanitaria Vigente, 2014.

Teniendo en cuenta la información presentada en la Tabla 6 y 7, se verifica con el resultado de Pruebas de Laboratorio desarrollados por la Ingeniera Ambiental Andrea Landínez. Este resultado se analizará y se determinará la calidad del agua para el uso de este proyecto y su potencial de ser potabilizada en futuros proyectos vinculados a este.

**Pruebas de Filtración**

Con base en el referente de “Tlaloque” que cuenta con un filtro de primeras aguas lluvias y un sistema de limpieza y mantenimiento del tanque de almacenamiento mediante una válvula de drenaje. La siguiente prueba de filtración se hace con el objetivo de obtener una calidad de agua óptima para el uso que se quiera dar. Para la propuesta en desarrollo se plantea un filtro de primeras aguas lluvias, ya que el agua captada en la cubierta posee impurezas y residuos (orgánicos e inorgánicos) que puedan afectare la salud de las personas.

El agua lluvia captada en la tolva se canaliza al tanque a través de la tubería de 4 pulgadas, Para llegar al filtro el agua es canalizada a través de la tubería de 1 ½ pulgada de diámetro. (Ver ilustración 14) los tres primeros litros de agua lluvia se expulsan por el tubo que contiene una moneda de Neopreno, esta moneda es la encargada de retener los sólidos suspendidos

y de menor dimensión. El agua filtrada es expulsada por tubo que tiene la moneda retenedora, de esta forma, empieza a llenar el tanque de 250 litros de capacidad.

Los primeros tres litros que llegan al filtro son proporcionales al área de captación. Esto permite que el agua fluya y drene en el interior del tanque con una presión adecuada, evitando que la tubería sufra roturas, en caso de que se presenten precipitaciones de alto nivel.

Para la limpieza del filtro cuenta con un sistema de purga mecánico, en donde, una vez lleno el tanque expulsa los residuos a través de la tubería de ½ pulg, hasta llegar a una llave registro.

El agua lluvia captada en la cubierta llega al tanque almacenamiento, llega al filtro y a través de la tubería de ½ pulg baja por gravedad directo a los sanitarios y llaves de jardín.

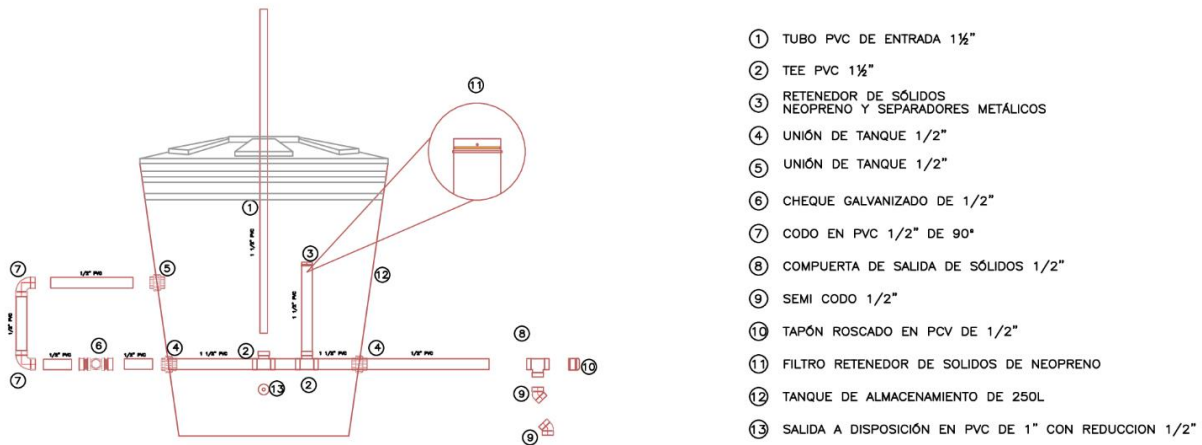


Ilustración 13. Detalle Filtro interior del tanque de almacenamiento

Fuente: Elaboracion Propia

Para el desarrollo de la prueba se construye un prototipo de menor escala, con los siguientes elementos.

- Adaptador PVC de 1 pulg. con reducción a ½ pulg.
- Cheque de ½ pulg.
- Manguera Plástica.

- Tapón Macho PVC de ½ pulg.
- Tubería de ½ pulg.
- Llave registro PVC de ½ pulg
- Tee PVC ½" (3).
- Codo de ½"
- Plástico (cubierta de captación)
- Caneca de 5 galones (Cuñete)

**Presupuesto para la Construcción del Prototipo**

En la Tabla 12, se establece el presupuesto para la instalación del prototipo en la vivienda, posteriormente será comparado con el costo de otros sistemas existentes.

Tabla 11

*Presupuesto estimado del Sistema de Captación y Aprovechamiento de Agua Lluvia (SCALL)*

ITEM	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	UND	CANT.	Vr. UNIT.	Vr. TOTAL
1	Suministro e instalación de Tolda 1,75m x 1,75m en lona impermeable, incluye estructura metálica tubular sección cuadrada 1 1/2" en acero galvanizado, anticorrosivo y pintura esmalte negro mate y anclaje a superficie	UND	1,00	\$ 530.000	\$ 530.000
2	Tanque aéreo 250 L para almacenamiento de agua lluvia	UND	1,00	\$ 80.990	\$ 80.990
3	Soldadura PVC	UND	1,00	\$ 9.890	\$ 9.890

<b>4</b>	Limpiador PVC	UND	1,00	\$	9.141	\$	9.141
<b>5</b>	Tubería presión PVC 1/2" - 6m	UND	2,00	\$	10.790	\$	21.580
<b>6</b>	Tubería presión PVC 1 1/2" - 3m	UND	1,00	\$	17.990	\$	17.990
<b>7</b>	Buje soldado presión PVC 1 1/2"	UND	1,00	\$	2.490	\$	2.490
<b>8</b>	Te presión PVC 1 1/2"	UND	2,00	\$	5.490	\$	10.980
<b>9</b>	Buje soldado presión PVC 1" x 1/2"	UND	1,00	\$	890	\$	890
<b>10</b>	Buje rosca presión PVC 1 1/2"	UND	1,00	\$	3.990	\$	3.990
<b>11</b>	Adaptador macho presión PVC 1"	UND	1,00	\$	1.791	\$	1.791
<b>12</b>	Adaptador macho presión PVC 1/2"	UND	3,00	\$	300	\$	900
<b>13</b>	Adaptador hembra presión PVC 1/2"	UND	3,00	\$	270	\$	810
<b>14</b>	Válvula cheque cortina 1/2"	UND	1,00	\$	20.990	\$	20.990
<b>15</b>	Entrada tanque PVC 1"	UND	1,00	\$	5.590	\$	5.590
<b>16</b>	Unión presión PVC 1 1/2"	UND	1,00	\$	2.190	\$	2.190
<b>17</b>	Entrada tanque PVC 1/2"	UND	3,00	\$	4.890	\$	14.670
<b>18</b>	Te presión PVC 1/2"	UND	5,00	\$	490	\$	2.450
<b>19</b>	Codo presión PVC 1/2"	UND	12,00	\$	360	\$	4.320
<b>20</b>	Válvula registro bola PVC 1/2"	UND	4,00	\$	5.390	\$	21.560
<b>21</b>	Herramienta, EPP's o accesorios de trabajos manuales que se puedan requerir como brocas, copasierras, chazos,	GL	1,00	\$	120.000	\$	120.000

	abrazaderas, tornillería, etc.			
<b>22</b>	Anclajes de 3/8" a placa	gl	1,00	
* <i>Valores unitarios</i>		COSTO DIRECTO		\$ 893.212
<i>tomados de Easy</i>				
<i>Cencosud 2017</i>				
		IMPREVISTOS		\$ 35.728
		4%		
		<b>TOTAL</b>		<b>\$ 928.940</b>

**Nota.** Fuente: Elaboración Propia.

### Análisis de Resultados

#### Calidad de Agua Lluvia en la Localidad de Puente Aranda.

La tabla 12, muestra los resultados obtenidos en la Prueba de Laboratorio de la muestra de agua lluvia captada en la vivienda del Sector de Puente Aranda elaborada por la Ing. Ambiental Andrea Landínez.

Tabla 12

#### *Análisis de Prueba de Laboratorio de Muestra de Agua Lluvia del sector de Puente Aranda*

Fecha de análisis	Parámetro	Técnica	Unidad	Resultado
11/10/2017	pH	Electrometría	N.A	6,45
11/10/2017	Color	Colorimetría	UPC	35
11/10/2017	Dureza	Titulación	Mg CaCO <sub>3</sub> /L	50
11/10/2017	Nitratos	Espectrofotometría	mg/L	0,03
11/10/2017	Hierro	Espectrofotometría	mg/L	0,17
11/10/2017	Sulfatos	Espectrofotometría	mg/L	12
11/10/2017	Cloruros	Titulación	mg/L	< 50

**Nota.** Fuente: Ing. Ambiental, Andrea Landínez.



Teniendo en cuenta las características físicas del agua apta para consumo humano, establecidas en la Resolución 2115 de 2007, se analiza la muestra de la siguiente manera:

En cuanto al color del agua, superan el valor máximo aceptable, ya el resultado arroja que es de 35 UPC.

En cuanto al pH, la muestra se encuentra en el rango aceptado con un resultado de 6,45.

En cuanto a la dureza de la muestra, se obtuvo un resultado de 50 mg/L. “Desde el punto de vista sanitario, las aguas duras son tan satisfactorias para consumo humano como las blandas; sin embargo, un agua dura requiere demasiado jabón para la formación de espuma y crea problemas de lavado; además deposita lodo e incrustaciones sobre las superficies con las cuales entra en contacto”. Esta agua sin embargo no puede ser considerada como dura, ya que este término equivale a una dureza superior a 120 mg CaCO<sub>3</sub>/ L. (Alvarado Mora, 2009).

Las características químicas y físicas de la muestra presentan resultados bajos a lo establecido por el INVIM. Esto hace que el agua lluvia captada en la vivienda sea exclusivamente utilizada en actividades que no requieran su potabilización.

### **Agua Filtrada**

A continuación, se muestra el registro fotográfico de la prueba filtración realizada en el prototipo de escala menor. (Ver ilustración 15 y 16)



Ilustración 14 Prueba de Filtración: Accesorios que componen el filtro  
Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 15. Agua lluvia en el proceso de filtración  
Fuente: Elaboración Propia

El resultado de esta prueba evidencia que los sólidos contenidos en el agua lluvia, quedan retenidos en el interior del filtro, al momento de salir de la tubería, el agua presenta una disminución visible de material particulado.

Debido a que los sólidos que quedaban el interior del filtro se retenían en el tapón que conectaba la manguera. No permitían que al agua saliera con buena presión. Para ello se

reemplazaron los accesorios por la tubería de ½ pulg y una llave registro que expulsa los residuos a los puntos de riego de plantas.

**Porcentaje de Ahorro con el Sistema Aplicado**

La Tabla 13 evidencia el ahorro expresado en el costo del consumo de agua potable (factura de servicio público), con el sistema SCALL instalado en la vivienda. Representa el ahorro bimensual de \$ 27 .826, 27 en la factura del servicio público.

Tabla 13

*Consumo de agua potable con el sistema SCALL instalado en la vivienda.*

Descarga Sanitaria		Costo de Consumo de Agua Potable		
Cantidad de m <sup>3</sup> por Descarga	Consumo M <sup>3</sup>	Costo M <sup>3</sup>	Costo Bimensual	Costo Mensual
5,76	22	\$4.830,95	\$106.280,90	\$53.140,45
Consumo de Agua con la Implementación del Sistema			\$27.826,27	\$13.913,14
Valor de la Factura con el Sistema			\$78.454,63	

**Nota.** Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los cálculos de ahorro, el sistema SCALL puede generar un ahorro del 26 % de consumo de agua potable en la vivienda.

**Evidencia de Nivel del Tanque**

A continuación se hace un registro del nivel del tanque durante los 7 primeros días de instalación.

Tabla 14

*Matriz de registro de Nivel del Tanque.*

CONTROL NIVEL DE ALMACENAM IENTO SCALL	Sumar - Restar	UND en Litros Día 1	UND en Litros Día 2	UND en Litros Día 3	UND en Litros Día 4	UND en Litros Día 5	UND en Litros Día 6	UND en Litros Día 7
Almacenada	+	0	151	97	170	175	119	61
Precipitación	+	250	0	153	80	0	0	0
Descarga sanitario	-	96	54	72	72	54	54	54
Purga filtro	-	3	0	3	3	0	0	0
Riego/lavado	-	0	0	5	0	2	4	5
Nivel almacenamiento		151	97	170	175	119	61	2

**Nota.** Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 14 evidencia los niveles del tanque de almacenamiento de 250 litros, en donde, su nivel más bajo fue de 2 litros y su nivel ms alto fue de 151 litros.

### **Conclusiones y Recomendaciones**

Los sistemas de recolección de agua lluvia, nacen como una alternativa de aprovechamiento y ahorro del consumo hídrico en cualquier parte del mundo. Debido al desabastecimiento de las fuentes hídricas cercanas a los grandes centros urbanos, causado por los procesos industriales y el incremento demográfico. Por otra parte, el ahorro de agua potable no solo varía en la disminución del uso del recurso sino en el costo del recibo de servicio público de acueducto.

Los niveles de pluviometría pueden variar debido a climatología del lugar, es por esto que se deben contar con métodos de almacenamiento efectivos, para lograr hacer un uso eficiente del recurso hídrico.

El sistema observado en Yomasa esta desprovisto de sistemas eficientes de filtrado y no contempla claramente un costo por lo que la relación solo se puede inferir a través del precio de sus componentes. Por otra parte, el sistema construido por la Universidad Católica únicamente recolecta el agua en tanques y no cuenta con una forma eficiente para distribuirlo en los usos de la red de agua para usos planteados en este proyecto. Esto supone un potencial desuso del recurso hídrico por parte de los habitantes de las viviendas por motivo de la poca practicidad que esto supone.

Es de resaltar, que el sistema de recolección de agua lluvia para obras de la Universidad la Gran Colombia plantea una opción muy interesante para el uso del recurso, es simple y no requiere de filtrar el agua ya que sus usos son para procesos constructivos. Sin embargo, al comparar los sistemas, es evidente que, dada la diferencia de la finalidad del uso del agua, las características del sistema UGC son más básicas y no requieren de una cadena de distribución

como la que hace que SCALL sea una opción viable para aprovechamiento del recurso de aguas lluvias.

Por estas razones, el sistema SCALL podría ser el sistema de aprovechamiento y captación de agua lluvia más completo debido a que cuenta con un sistema de captación y filtración mecánico, no requiere un mantenimiento frecuente, y al ser de gravedad no utiliza un sistema de bombeo para la distribución del agua a los puntos.

En cuanto el diseño del sistema, específicamente en proceso de captación y filtración de agua lluvia, los primeros tres litros que llegan al filtro son proporcionales al área de captación. Esto permite que el agua fluya y drene en el interior del tanque con una presión adecuada, evitando que la tubería sufra roturas, en caso de que se presenten precipitaciones de alto nivel.

La calidad del agua obtenida en la vivienda ubicada en el Sector de Puente Aranda, permite contemplar una posible potabilización mediante filtrado con materiales de origen natural. (Carbón activado, grava, piedra filtración, entre otros), cloración del agua para su desinfección. Estos procesos pueden extender la utilidad del sistema SCALL y tener un impacto mayor en el uso sostenible económica y ambientalmente del recurso.

## Bibliografía

Alvarado Mora, D. (2009). *Agua*. EUNED.

Botero, A. (8 de 02 de 2017). *Proyecto autosustentable permacultural*. Obtenido de Youtube:  
<https://www.youtube.com/watch?v=vONneEDGwsM>

Castellanos, I. J., & García Parra, C. A. (2015). *Diseño e implementación de un prototipo de recolección de agua lluvia en casa multifamiliar para uso doméstico en el barrio El Consuelo, Localidad Rafael Uribe Uribe*. Bogotá D.C: Universidad Católica de Colombia.

*Climate Data.org*. (s.f.). Obtenido de Datos climáticos mundiales: <https://es.climate-data.org/country/133/>

Diario La República. (20 de MARZO de 2013). *Reciclaje de agua es la tendencia en las grandes firmas*. Recuperado el 13 de SEPTIEMBRE de 2017, de  
<https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/reciclaje-de-agua-es-la-tendencia-en-las-grandes-firmas-2034710>

El Espectador. (19 de 08 de 2014). *Noticias El Espectador*. Obtenido de Bogotá podría enfrentar crisis de agua en diez años: Bogotá podría enfrentar crisis de agua en diez años

El tiempo. (2014). *El tiempo*. Obtenido de  
[http://www.eltiempo.com/Multimedia/especiales/salvar\\_agua\\_bogota/](http://www.eltiempo.com/Multimedia/especiales/salvar_agua_bogota/)

Escorcia Oyola, O. (2010). *Manual para la investigación*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill.

IDEAM. (s.f.). *Estado y cambio del Agua*. Bogotá D.C: IDEAM.

IDEAM. (s.f.). *Mapa de precipitación total anual*. Obtenido de Atlas interactivo:  
<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.htm>

INVIMA. (2014). *Agua potable para consumo humano*. Bogotá D.C.

Isla Urbana. (2017). *Isla urbana*. Obtenido de Lluvia para todos: <http://islaurbana.org/>

John Jairo Rodríguez Herrera, P. A. (s.f.). *Recolección y reutilización de aguas lluvias en viviendas de interés social y bajos recursos en el barrio Yomasa de la ciudad de Bogotá D.C.* Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia.

Liévano Jiménez, H., Rodríguez, S. M., & Barón Piñeros, R. J. (2017). *Sistema de reutilización de aguas en obra.* Bogotá D.C: Universidad La Gran Colombia.

ONU. (21 de agosto de 2017). *Objetivos de desarrollo sostenible.* Obtenido de 17 Objetivos para transformar al mundo: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Torres, A., Méndez Fajardo, S., López-Kleine, L., Marín, V., González, J., Suárez, J., & Pinzón, J. (2011). Evaluación preliminar de la calidad de la escorrentía pluvial sobre tejados para su posible aprovechamiento en zona periurbanas de Bogotá D.C. *UDCA.*

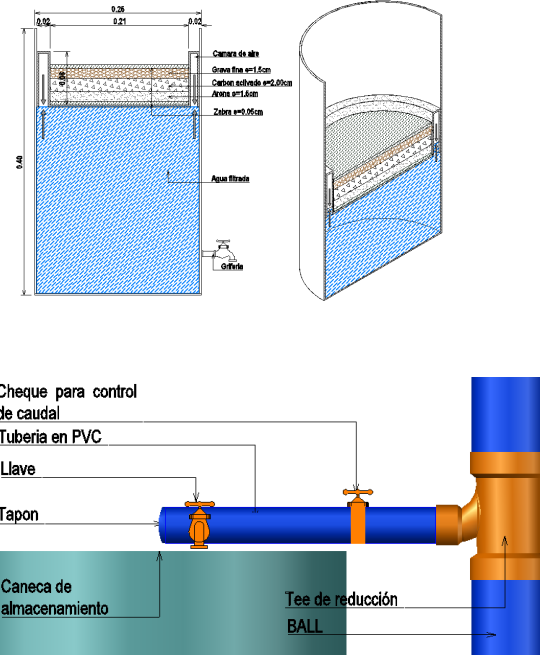
### **Anexos.**

A continuación, se anexa una tabla con los referentes anteriormente citados en el Marco Referencial, analizando cada uno de sus componentes relacionados con la captación, filtración, ahorro de agua lluvia. Desarrollados a nivel local, nacional e internacional.

Más adelante, los planos de los detalles constructivos, esquemas y proyecciones del prototipo del Sistema de Captación y Aprovechamiento de Agua Lluvia SCALL.




<p>REFERENTE No 1</p>	<p>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO AGUAS LLUVIAS EN CASA MULTIFAMILIAR PARA USO DOMÉSTICO EN EL BARRIO CONSUELO LOCALIDAD DE RAFAEL URIBE URIBE.</p>
<p>METODO DE FILTRACION</p>	<p>Filtro natural: Arena, carbón activado y grava Las propiedades de estos materiales aportan una filtración físico-química, esto se debe a que tanto la grava como la arena generan retención de las partículas contaminantes que lleva el agua lluvia al momento de su recolección (filtración física), el carbón por sus propiedades adsorbentes o de remoción eliminan impurezas en el agua (filtración química). Se propone adicionar un material adicional en la parte superior e inferior respectivamente para recolección de partículas, se trabajaría con zabra, el cual es un material normalmente utilizado por las amas de casa para lavado de ollas u oficios de cocina.</p>
<p>MANTENIMIENTO</p>	<p>El mantenimiento del filtro consta en exponerlo a la luz solar durante unas horas, donde los rayos UV recuperan las propiedades fisicoquímicas de los componentes del filtro (Arena, Gravilla y Carbón Activado)</p>
<p>% AHORRO DE AGUA</p>	<p>10 % al 40%</p>
<p>LUGAR DE APLICACIÓN</p>	<p>Vivienda Multifamiliar Barrio el Consuelo, Localidad Rafael Uribe Uribe, Bogotá D.C (COLOMBIA)</p>
<p>GRÁFICOS</p>	

	 <p>Diseño de Filtro</p>
<p>CONCLUSIONES</p>	<p>El sistema está enfocado en dar solución a las impurezas del agua lluvia al ser captadas y almacenadas en las canecas, con el fin de ser utilizadas para descarga de sanitarios, lavado de pisos, etc. El sistema no cuenta con una canalización del agua lluvia directa a los puntos de abastecimiento, es decir, baños, cocinas y llaves. Simplemente el agua es recogida con canecas.</p>

REFERENTE No 2	TLALOQUE
METODO DE FILTRACIÓN	El Tlaloque recolecta las primeras aguas lluvias para retenerlas y dejar filtrar solamente el agua limpia recolectada.
MANTENIMIENTO	El método que emplearon para limpiarlo es dejando una válvula en la parte inferior para drenarlo entre cada lluvia.
% AHORRO DE AGUA	Según el uso y el filtro
LUGAR DE APLICACIÓN	México - Isla urbana
GRÁFICOS	<p>Esquema del sistema</p>
CONCLUSIONES	El sistema cuenta con un tanque de almacenamiento subterráneo que, para el uso del agua recolectada, es indispensable usar energía eléctrica para poder bombear el agua a los puntos de suministro.

REFERENTE No 3	PROYECTO AUTOSUSTENTABLE PERMACULTURAL
METODO DE FILTRACION	Filtro de captación de primeras aguas.
MANTENIMIENTO	Su mantenimiento es manual y requiere de una revisión periódica para extraer la suciedad que no logra filtrar por la malla inicial
% AHORRO DE AGUA	Del 50 al 70%
LUGAR DE APLICACIÓN	Manizales (Colombia)
GRAFICOS	 <p data-bbox="493 1436 766 1472">Esquema del sistema</p>
CONCLUSIONES	<p data-bbox="493 1549 1365 1745">El sistema tiene 0% de uso de energía eléctrica ya que es utilizado a nivel de gravedad, pero el punto negativo es que el tanque de almacenamiento está retirado de los puntos es decir que no tiene la suficiente presión para suministrar la vivienda ecológica.</p>

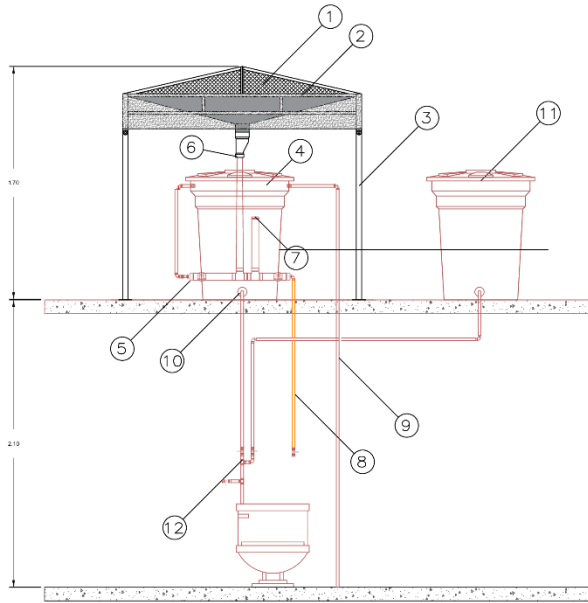
REFERENTE No 4	RECOLECCIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS EN VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL Y BAJOS RECURSOS EN EL BARRIO YOMASA DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
METODO DE FILTRACION	El filtro es de gran utilidad para el sistema, porque en las captaciones de agua de la superficie de la cubierta, siempre existe presencia de impurezas en la escorrentía. Este filtro se ubica en la salida de los elementos de captación hacia el tanque de almacenamiento.
MANTENIMIENTO	El sistema no cuenta con un sistema de mantenimiento mecánico.
% AHORRO DE AGUA	No hay registros
LUGAR DE APLICACIÓN	Barrio Yomasa, Bogotá D.C (Colombia)
GRAFICOS	 <p data-bbox="500 1178 1114 1209">Esquema del sistema en vivienda de dos niveles</p> <p data-bbox="500 1551 1133 1583">Esquema del sistema en vivienda de un solo nivel</p>
CONCLUSIONES	Este sistema esta desprovisto de sistemas eficientes de filtrado y no contempla claramente un costo por lo que la relación solo se puede inferir a través del precio de sus componentes. Por otra parte, el sistema construido por la Universidad Católica únicamente recolecta el agua en tanques y no cuenta con una forma eficiente para distribuirlo en los usos de la red de agua para usos planteados en este proyecto. Esto

	supone un potencial desuso del recurso hídrico por parte de los habitantes de las viviendas por motivo de la poca practicidad que esto supone.
--	--

REFERENTE No 5	SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUA LLUVIA PARA OBRA.
METODO DE FILTRACION	No hay un filtro ya que el agua se utiliza para procesos constructivos.
MANTENIMIENTO	El sistema no cuenta con un sistema de mantenimiento mecánico.
% AHORRO DE AGUA	6530 m <sup>3</sup>
LUGAR DE APLICACIÓN	Obras que tenga un periodo de duración máximo de 1 año y tenga un contenedor como campamento
GRAFICOS	<div data-bbox="729 636 1192 934" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="492 955 1339 993">Diseño 1 del sistema de recolección de agua lluvia en obras UGC.</p> <div data-bbox="683 1010 1235 1310" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="492 1331 1339 1369">Diseño 2 del sistema de recolección de agua lluvia en obras UGC.</p>
CONCLUSIONES	<p data-bbox="492 1442 1427 1808">Este trabajo presenta un análisis económico y técnico del aprovechamiento de aguas lluvia como alternativa para el lavado de maquinarias, curado del concreto, sanitarios y cortadora de ladrillo, al proponer un sistema hidráulico para la captación y utilización de aguas lluvia. Las características este sistema son más básicas y no requieren de una cadena de distribución como la que hace que SCALL sea una opción viable para aprovechamiento del recurso de aguas lluvias.</p>

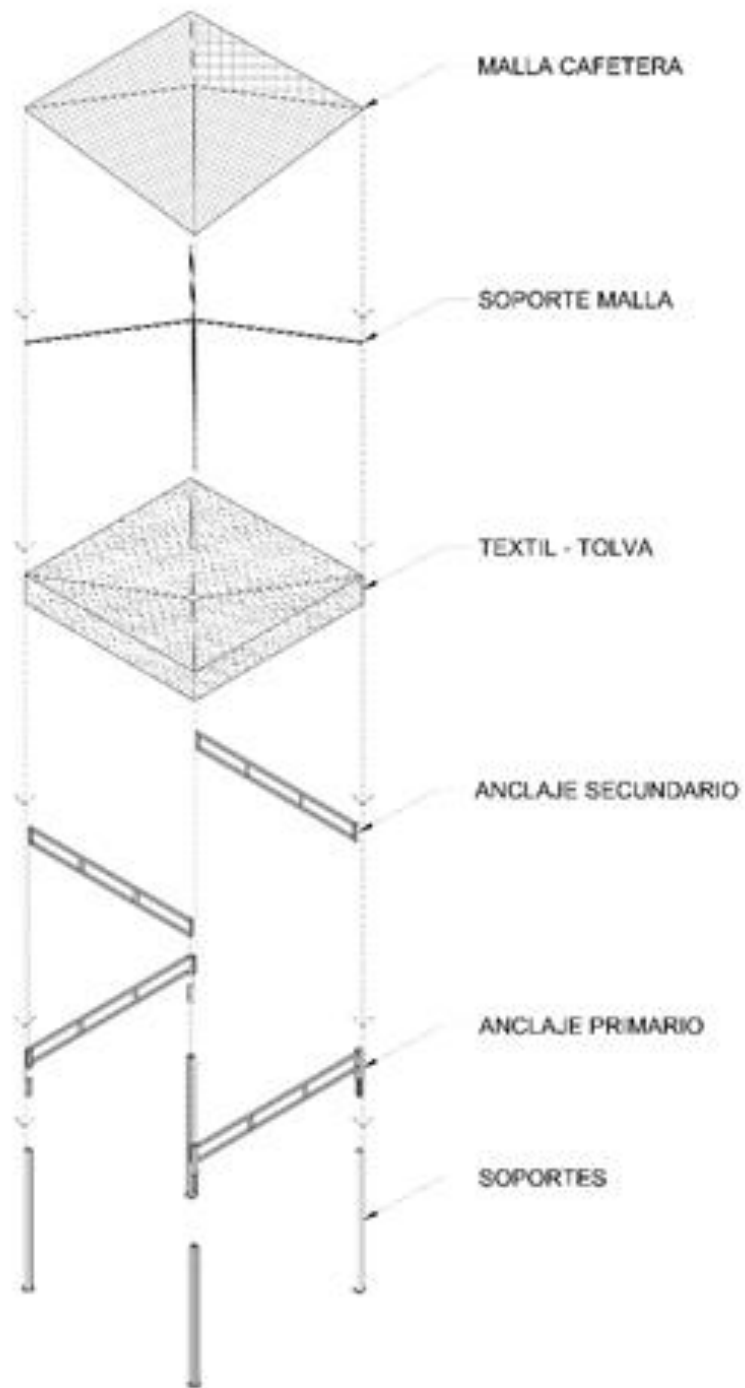
**Planimetría**

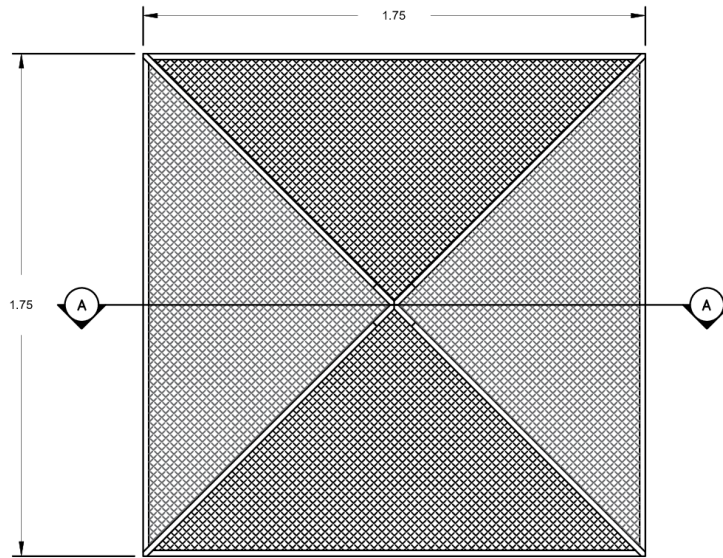
**Esquema y Proceso de Armado de la Estructura.**



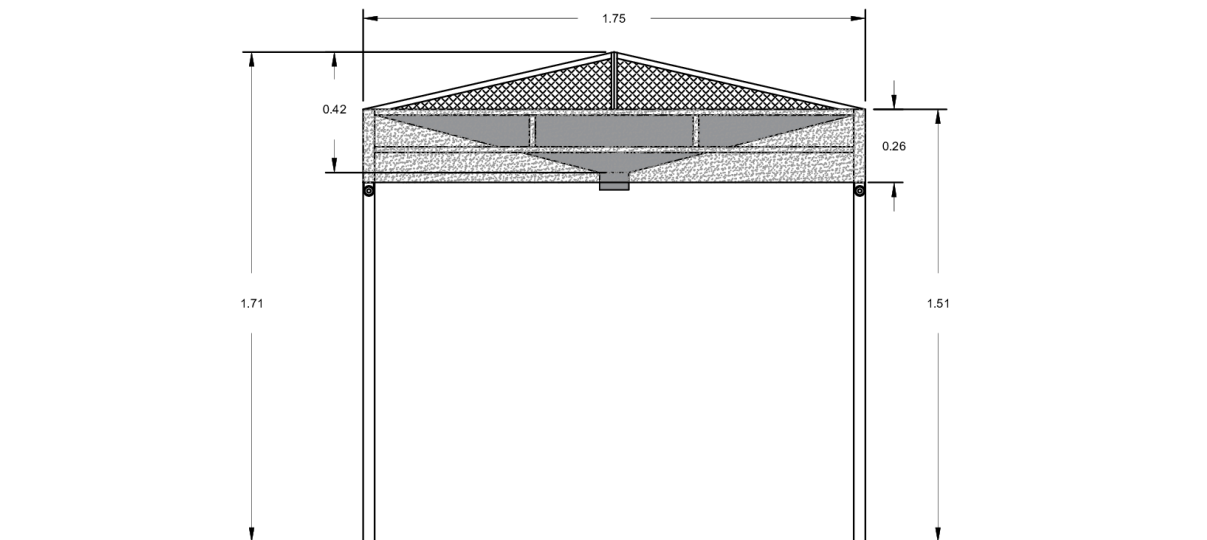
- ① MALLA CAFETERA
- ② TOLVA – TEXTIL
- ③ ESTRUCTURA METÁLICA EN TUBO CUADRADO DE 1”
- ④ TANQUE DE 250 LITROS
- ⑤ FILTRO DE PRIMERAS AGUAS LLUVIAS EN PVC
- ⑥ ENTRADA DE AGUA LLUVIA AL SISTEMA
- ⑦ RETENEDOR DE SÓLIDOS CON MONEDA NEOPRENO
- ⑧ SALIDA DE SÓLIDOS
- ⑨ REBOSE PARA AUTO LIMPIEZA DEL FILTRO
- ⑩ SALIDA A PUNTOS SANITARIOS
- ⑪ TANQUE DE AGUA POTABLE
- ⑫ UNIÓN DE AGUA LLUVIA Y AGUA POTABLE





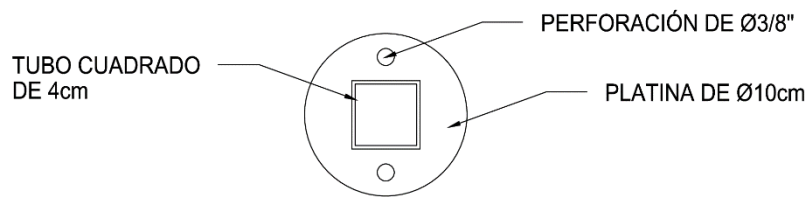
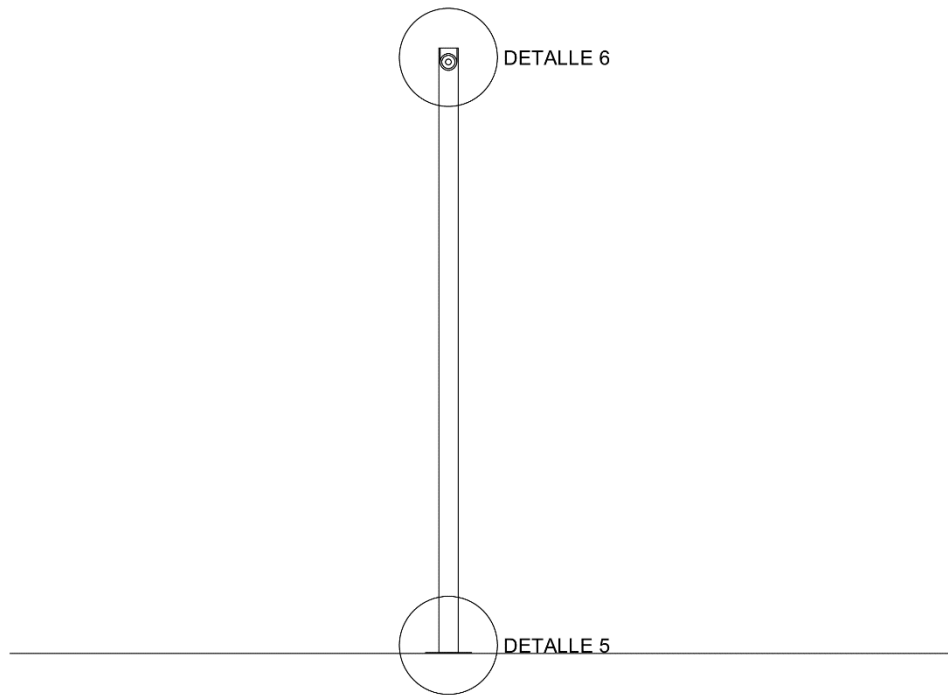


VISTA EN PLANTA

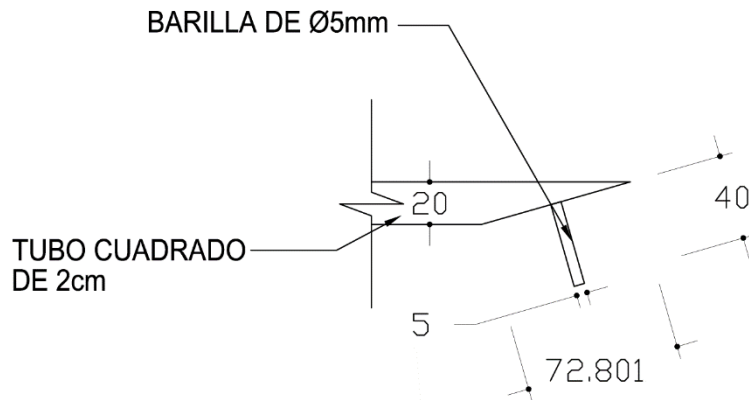


CORTE A - A

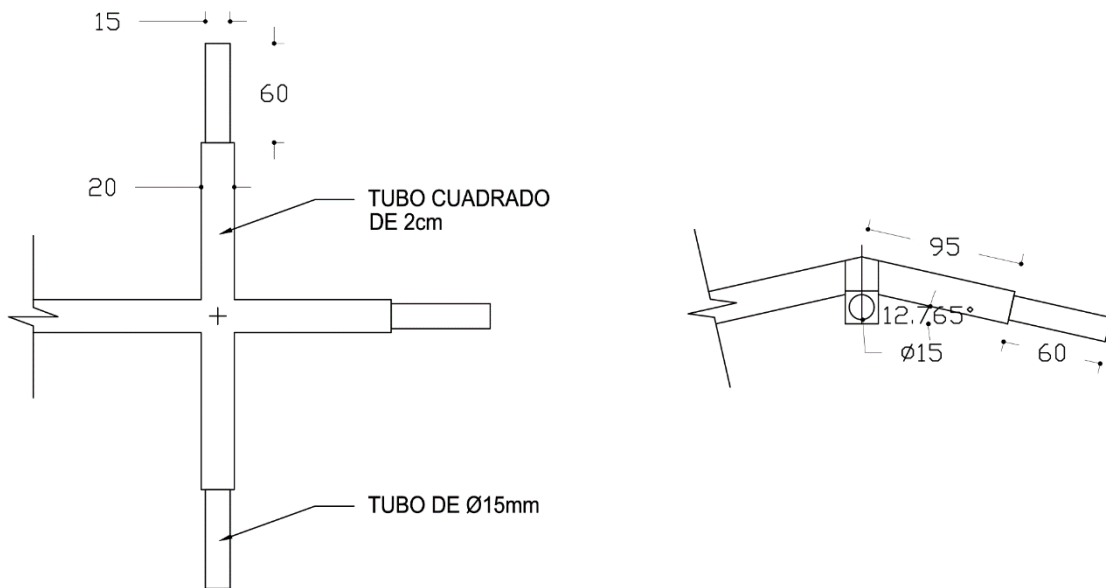
**DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE DE LA TOLVA.**



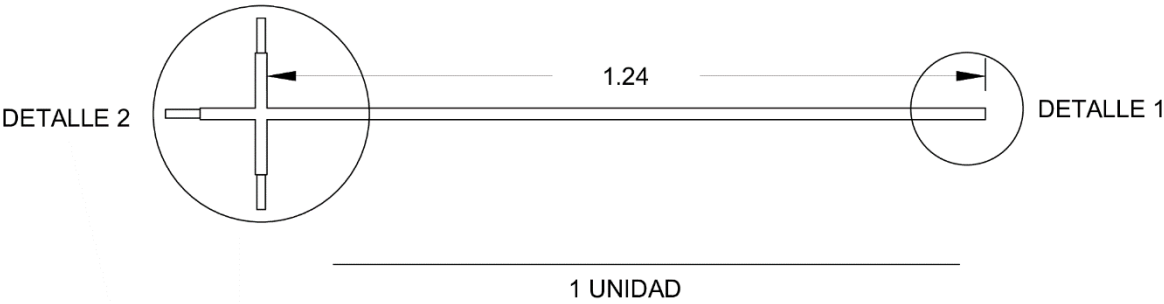
DETALLE 5

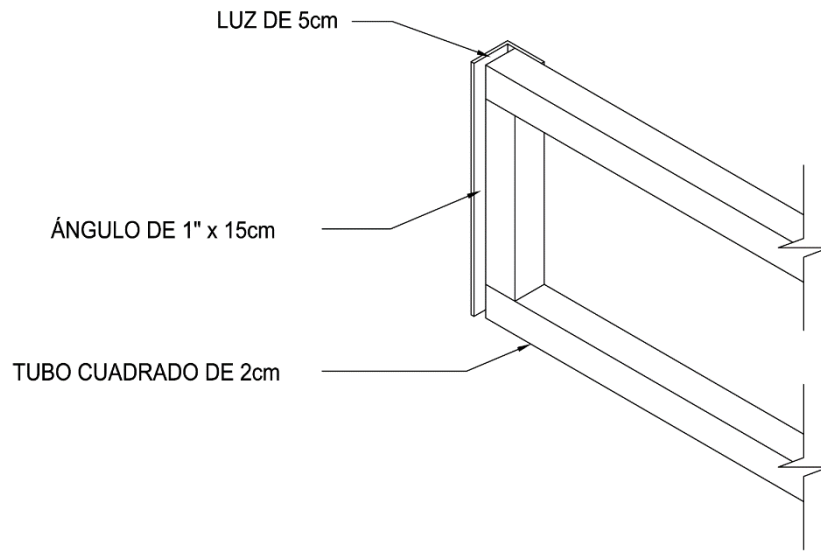


DETALLE 1

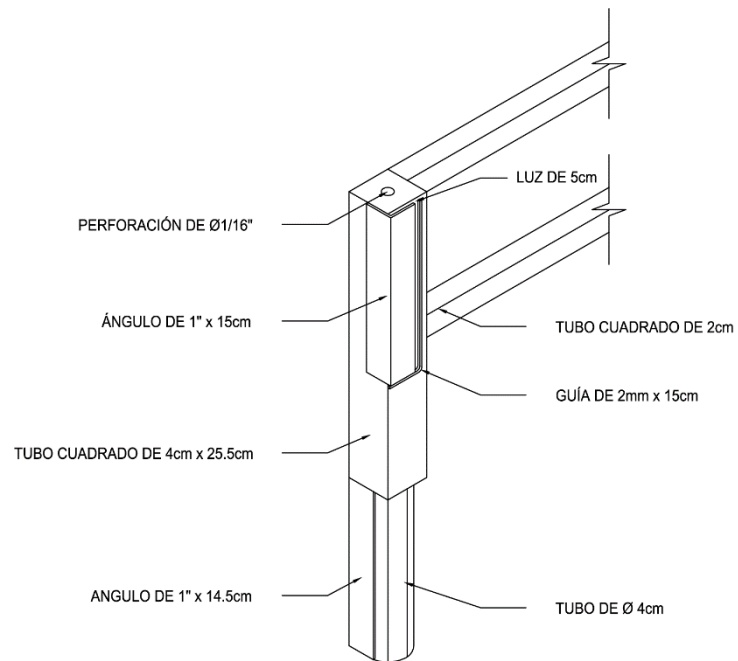


DETALLE 2

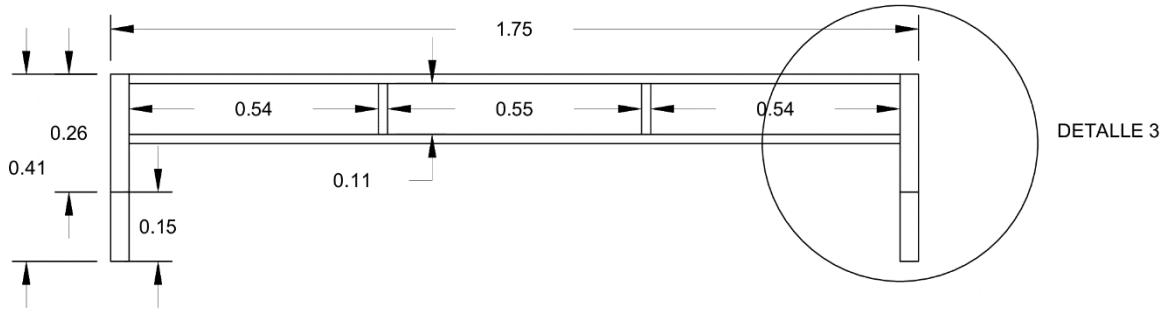




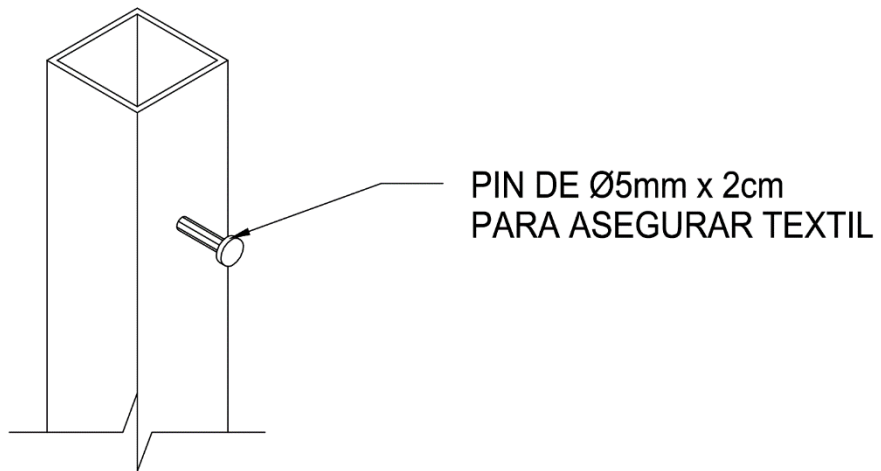
DETALLE 4



DETALLE 3

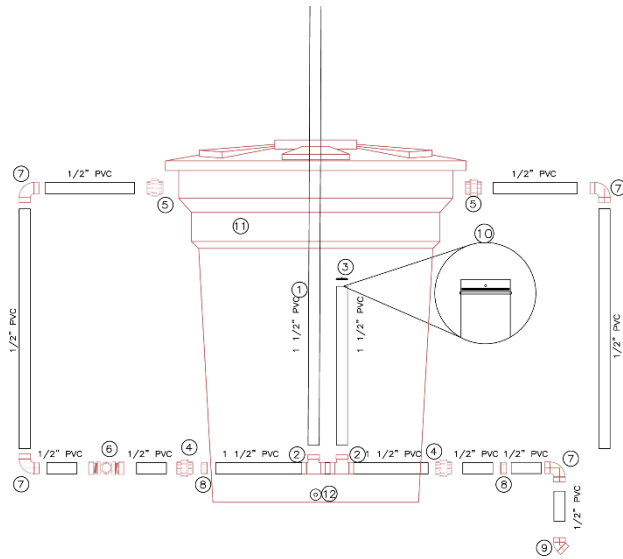


2 UNIDADES



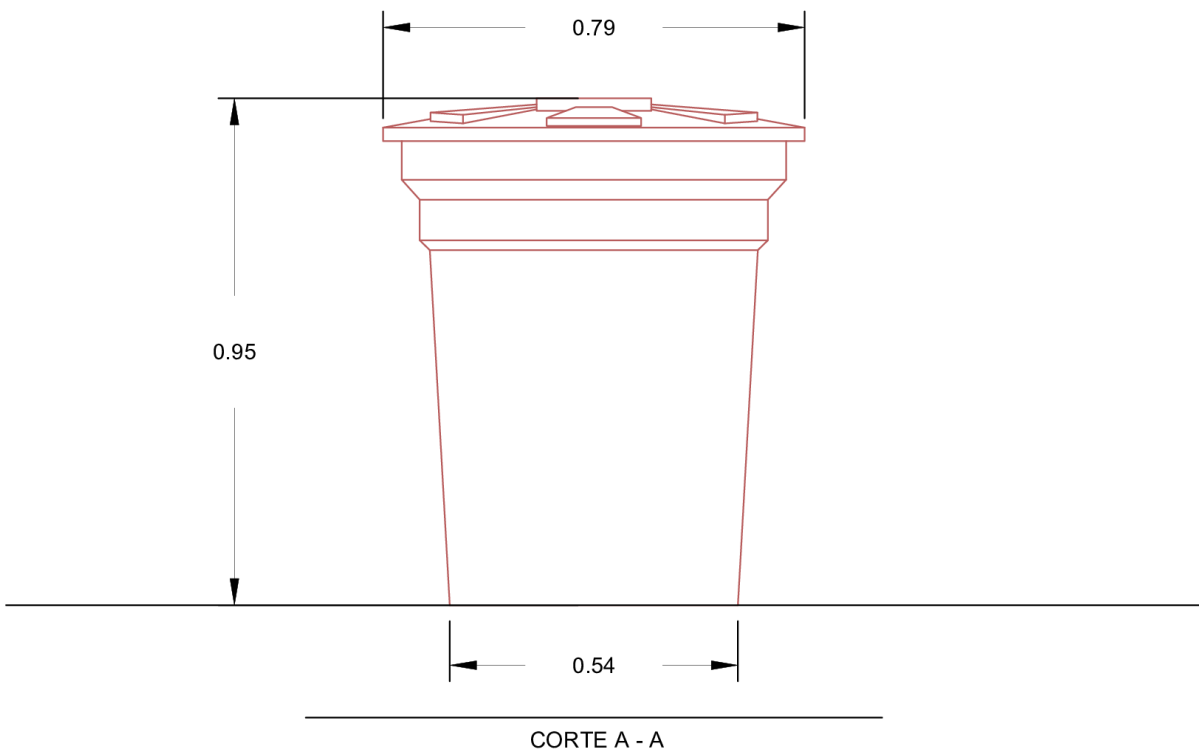
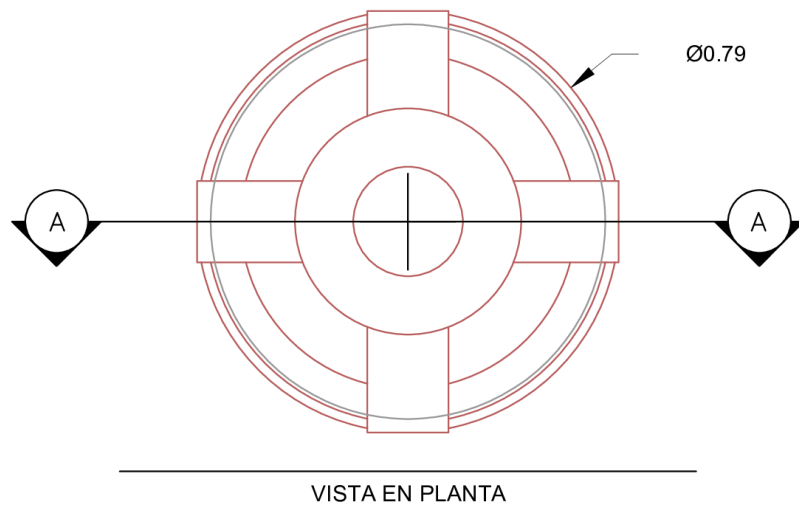
DETALLE 6

**Detalle de Filtro y Tanque de Almacenamiento de 250 Litros**



- ① TUBO PVC DE ENTRADA 1½"
- ② TEE PVC 1½"
- ③ RETENEDOR DE SÓLIDOS NEOPRENO Y SEPARADORES METÁLICOS
- ④ UNIÓN DE TANQUE 1 1/2"
- ⑤ UNIÓN DE TANQUE 1/2"
- ⑥ CHEQUE GALVANIZADO DE 1/2"
- ⑦ CODO EN PVC 1/2" DE 90°
- ⑧ BUJE SOLDADO DE 1 1/2" A 1/2"
- ⑨ SEMI CODO 1/2"
- ⑩ FILTRO RETENEDOR DE SOLIDOS DE NEOPRENO
- ⑪ TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 250L
- ⑫ SALIDA A DISPOSICIÓN EN PVC DE 1" CON REDUCCION 1/2"





**Fichas Técnica de Materiales Empleados en la Construcción del Prototipo.**

**Ficha Técnica de la Estructura Metálica de sección cuadrada de 1 pulg**

**FICHA TÉCNICA**

Atributo	Detalle
Tipo	Tubo cuadrado
Medidas	1 1/2 x 1 1/2 pulgadas
Material	Acero CR
Largo	6m
Usos	Muebles y estructuras livianas
Origen	Colombia
Espesor	1.2mm
Norma Técnica de Fabricación	NTC 1986



**Ficha Técnica de la Tolva**

<i>Propiedad</i>	<i>Especificación</i>	<i>Unidades.</i>	<i>Método</i>
Ancho	1.50 min.	m	NT 8.2.4-007*
Calibre	0.43 ± 0.04	mm	NT 8.2.4-032*
Peso	515 ± 32	g/m <sup>2</sup>	NT 8.2.4-033*
Tensión Longitudinal	400 min.	N	ASTM D751
Elongación Longitudinal	40 min	%	
Tensión Transversal	400 min.	N	
Elongación Transversal	60 min.	%	
Rasgado Longitudinal	25 min.	N	NT 8.2.4-026*
Rasgado Transversal	15 min.	N	
Adherencia Longitudinal	18 min.	N/2.5 cm	ASTM D751
Tramos/Rollo	1 máx.	N.A	N.A
Marcas/Rollo	3 máx.		

<b>Características Principales</b>	1. Resistencia a la luz UV: Protegido con agentes especiales y formulados con pigmentos resistentes a la luz UV.
	2. Retardancia al Fuego: Cumple con esta característica de acuerdo a la norma: SAE J 369 de Noviembre de 2007.
	3. Aditivos antibacteriales y fungicidas los cuales evitan la proliferación de hongos y bacterias.