



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 27 de mayo de 2021

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Cristian Leonardo Gutiérrez Cuéllar, con C.C. No 1.075.248.996,

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o Cristian Leonardo Gutiérrez Cuéllar

Titulado Dispositivo portátil para la captación de agua lluvia

presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar al título de

Físico _____;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS**



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Cristian Leonardo Gutiérrez Cuéllar

Firma: Cristian L. Gutiérrez

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Dispositivo portátil para la captación de agua lluvia.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Gutiérrez Cuéllar	Cristian Leonardo

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Cuéllar Santanilla	Carlos Eduardo
Suescún Díaz	Daniel

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Rasero Causil	Diego
Losada Medina	Armando

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Físico.

FACULTAD: Ciencias Exactas y Naturales.

PROGRAMA O POSGRADO: Física.

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2021 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 36

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general Grabados___ Láminas___
Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o Cuadros

SOFTWARE: PDF

MATERIAL ANEXO: Ninguno



PREMIO O DISTINCIÓN: Ninguna.

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>Recolector agua lluvia</u>	<u>Rainwater collector</u>
2. <u>Captación</u>	<u>Catchment</u>
3. <u>Dispositivo portátil</u>	<u>Portable device</u>
4. <u>Totalmente desmontable</u>	<u>Totally removable</u>

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El en presente trabajo se desarrolla una propuesta innovadora sobre el diseño y construcción de un dispositivo portátil para la captación de agua lluvia. Éste puede ser implementado en diferentes lugares o regiones del mundo. La recolección de esta agua brindará otra fuente de abastecimiento para cualquier tipo de población en general, ayudando a solucionar problemáticas de escasez de agua en situaciones de emergencias, en lugares vulnerables donde no existen acueductos, en usos domiciliarios, industriales, comerciales y en la agricultura. El aprovechamiento de este recurso hídrico por medio del dispositivo permitirá adicionalmente reducir una gran parte del tratamiento de la misma al ser recolectada en una superficie más limpia, flexible, desmontable y económica, comparada con la recolección tradicional por medio de los techos, ya que éstos casi siempre, permanecen contaminados por agentes del medio circundante como ramas, hojas, oxidación de materiales, heces de animales y desprendimiento de agentes químicos, afectando la calidad del agua lluvia en el momento de tener contacto directo con la superficie de los techos.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This work develops an innovative proposal on the design and construction of a portable device for rainwater harvesting. It can be implemented in different places or regions of the world. The collection of this water will provide another source of supply for any type of population in general, helping to solve problems of water scarcity in emergency situations, in vulnerable places where there are no aqueducts, in residential, industrial, commercial, and agricultural uses. The use of this water resource by means of the device will allow additionally to reduce a large part of its treatment, as it is collected on a cleaner, more flexible, removable and economical surface, compared to the traditional collection through roofs, since these almost always remain contaminated by agents from the surrounding environment such as branches, leaves, oxidation of materials, animal feces and the release



of chemical agents, affecting the quality of rainwater when it comes into direct contact with the surface of the roofs.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: José Miguel Cristancho Fierro

Firma:

Nombre Jurado: Diego Alejandro Rasero Causil

Firma:

Diego A. Rasero C.

Nombre Jurado: Armando Losada Medina

Firma:

Armando Losada Medina.



UNIVERSIDAD
SURCOLOMBIANA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Programa de Física
Sede Neiva

**Dispositivo Portátil para la Captación
de Agua Lluvia**

Cristian Leonardo Gutiérrez Cuéllar.

Universidad Surcolombiana

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Programa de Física

Sede Neiva

Dispositivo Portátil para la Captación de Agua Lluvia

Trabajo de Grado

Requisito parcial para optar al título de Físico

Presentado por el estudiante

Cristian Leonardo Gutiérrez Cuéllar

Código: 20121110308

Director

M.Sc. Carlos Eduardo Cuéllar Santanilla

Co-Director

Ph.D Daniel Suescún Díaz

Página de aceptación

Director

M.Sc. Carlos Eduardo Cuéllar Santanilla
Programa de Física, Universidad Surcolombiana

Co-Director

Ph.D Daniel Suescún Díaz
Programa de Física, Universidad Surcolombiana

Jurados

M.Sc. Diego Alejandro Rasero Causil
Programa de Física, Universidad Surcolombiana

Ing. Armando Losada Medina
Programa de Física, Universidad Surcolombiana

Dedico este trabajo de grado a mi esposa e hijo, a mis padres, familia, amigos y profesores; quienes con su voz de aliento, paciencia y creencia me dieron motivos para poder culminar un nuevo logro en mi formación académica.

Agradecimientos

Agradezco, primeramente, a Dios por darme sabiduría, salud y fortaleza en mi vida personal. Esto me ayudó a tener claro lo que quería y que hoy en día estoy culminando un objetivo más en mi formación académica.

A mi esposa e hijo, Yury Andrea Llanos Quintero y Samuel Stiven Gutiérrez Llanos, por el amor, la paciencia, sinceridad y la humildad que me animaron a seguir en la carrera.

A mis padres, Hernán Gutiérrez Perdomo y Nury Cuéllar Cardozo, por darme la vida, enseñarme buenos valores, por enseñarme a enfrentar la vida de la mejor manera posible, por el apoyo incondicional y necesario en las situaciones buenas y malas, y por enseñarme a ser una persona responsable y trabajadora.

A mi Director de Trabajo de Grado y amigo, M.Sc. Carlos Eduardo Cuéllar Santanilla que con su forma tan sencilla y humilde me enseñó excelentes valores personales, entre los cuales destaco: lealtad, tolerancia, creatividad y responsabilidad. Además, por tener siempre tiempo para escucharme, por inculcarme la lectura como principio básico del conocimiento de las ciencias y por creer en mí. Igualmente, a mi Co-Director de Trabajo de Grado, Ph.D Daniel Suescún Díaz, por su comprensión y paciencia. No hubiera terminado esta tesis sin la orientación y atención de ustedes.

A los jurados, M.S.c Diego Alejandro Rasero Causil y el Ing. Armando Losada Medina, por su colaboración, motivación y tiempo dedicado en la revisión de mi tesis.

A mi compadre y colega, Jesús Antonio Jiménez, por darme muchas veces la voz de aliento para nunca rendirme.

A mis colegas, Diego Giraldo, Mauricio Oviedo, Emilse Cabrera, Vanessa Carreño y demás, por la colaboración y apoyo en el proceso de estudio.

Y demás personas que me brindaron la oportunidad de compartir experiencias de trabajo y estudio en la Universidad Surcolombiana.

Índice general

INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO I.....	11
DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	11
1.1 Planteamiento del problema.....	11
1.2 Objetivos.....	13
1.2.1 Objetivo general.....	13
1.2.2 Objetivos específicos..	13
1.3 Justificación.	14
CAPÍTULO II.....	15
ESTADO DEL ARTE.....	15
2.1 Antecedentes.....	15
2.1.1 Trabajos.....	15
2.1.2 Patentes.....	18
2.2 Metodología.....	21
CAPÍTULO III.....	22
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....	22
3.1 Prueba experimental en campo.....	22
3.2 Utilización de materiales reciclables.	26
3.3 Diseño y construcción del dispositivo portátil.....	27
CAPÍTULO IV.....	33
CONCLUSIONES.....	33
TRABAJOS FUTUROS.....	34
REFERENCIAS.....	35

Índices de Figuras

Figura 3.1 Recolección y medición de agua lluvia	21
Figura 3.2 Volumen recolectado en función del área de captación.....	23
Figura 3.3 Prototipo de colector o tolda creada a partir de bolsas plásticas	24
Figura 3.4 Parte diagonal y superior del dispositivo portátil.	26
Figura 3.5 Configuración para enganchar la lona con la estructura de soporte.	27
Figura 3.6 Extremos de los tubos cruzados y tubo horizontal	28
Figura 3.7 Tornillo de seguridad con palanca (tipo rueda de bicicleta).....	29
Figura 3.8 Construcción final del dispositivo portátil.....	30

Índice de Tablas

Tabla 3.1 Volumen recolectado en los recipientes tipo “embudo” de diferentes áreas.	23
Tabla 3.2 Ecuaciones lineales descrita para cada prueba de recolección de agua lluvia.	234
Tabla 3.3 Comparación de datos experimentales y datos del IDEAM (2017).	234

Resumen

El en presente trabajo se desarrolla una propuesta innovadora sobre el diseño y construcción de un dispositivo portátil para la captación de agua lluvia. Éste puede ser implementado en diferentes lugares o regiones del mundo. La recolección de esta agua brindará otra fuente de abastecimiento para cualquier tipo de población en general, ayudando a solucionar problemáticas de escasez de agua en situaciones de emergencias, en lugares vulnerables donde no existen acueductos, en usos domiciliarios, industriales, comerciales y en la agricultura. El aprovechamiento de este recurso hídrico por medio del dispositivo permitirá adicionalmente reducir una gran parte del tratamiento de la misma al ser recolectada en una superficie más limpia, flexible, desmontable y económica, comparada con la recolección tradicional por medio de los techos, ya que éstos casi siempre, permanecen contaminados por agentes del medio circundante como ramas, hojas, oxidación de materiales, heces de animales y desprendimiento de agentes químicos, afectando la calidad del agua lluvia en el momento de tener contacto directo con la superficie de los techos.

Palabras claves: recolector agua lluvia, captación, dispositivo portátil, totalmente desmontable.

Abstract

This work develops an innovative proposal on the design and construction of a portable device for rainwater harvesting. It can be implemented in different places or regions of the world. The collection of this water will provide another source of supply for any type of population in general, helping to solve problems of water scarcity in emergency situations, in vulnerable places where there are no aqueducts, in residential, industrial, commercial, and agricultural uses. The use of this water resource by means of the device will allow additionally to reduce a large part of its treatment, as it is collected on a cleaner, more flexible, removable and economical surface, compared to the traditional collection through roofs, since these almost always remain contaminated by agents from the surrounding environment such as branches, leaves, oxidation of materials, animal feces and the release of chemical agents, affecting the quality of rainwater when it comes into direct contact with the surface of the roofs.

Keywords: rainwater collector, catchment, portable device, totally removable.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la humanidad ha generado problemas de gran impacto ambiental, alterando ciclos naturales por medio de las acciones de contaminación en fuentes hídricas. Lo anterior se debe a la forma como el ser humano a dispuesto y utilizado el agua durante muchos años, esto ha generado problemas graves como escasez, agotamiento de acuíferos, sequías, inundaciones, erosión hídrica, contaminación de suelos y cuerpos de agua, entre otros procesos que amenazan la salud humana [1].

El agua, recurso de vital importancia, se agota y además pierde su calidad de forma considerable por los malos hábitos de uso en los hogares, la industria y otras actividades económicas y sociales. Estos malos hábitos generan la contaminación y agotamiento de las fuentes hídricas por desechos químicos, gases emitidos y desperdicio en el consumo. Hoy en día, el gran desafío del siglo XXI es tener acceso al agua, entre ellas el agua dulce. A pesar de que el agua es uno de los recursos naturales más abundantes en el planeta, sólo 2.5% es agua dulce, y del total de ésta, menos de 1% se encuentra disponible para uso humano y el mantenimiento de los ecosistemas [2,3].

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación ha estimado que alrededor del 40% de la población mundial sufre por carencia de agua. Un pronóstico para el año 2025 especifica que 1800 millones de personas vivirán en regiones con escasez de este recurso [4]. Por lo tanto, la crisis de agua que enfrenta la población mundial, nos invita a incorporar nuevos sistemas o dispositivos, como vía, para el desarrollo sostenible mediante el aprovechamiento de otras fuentes alternativas como lo es el agua lluvia por medio de la captación directa. Esto representa una opción viable, efectiva, eficiente y sustentable para proporcionar agua en cantidad, calidad y de forma continua a poblaciones que no tienen acceso al acueducto [5].

La captación de lluvia se ha utilizado en diferentes épocas y culturas [6,7], debido a la facilidad de implementar sistemas y/o dispositivos en la recolección de agua para el consumo humano, convirtiéndose en una actividad incondicional para la gestión y saneamiento de la misma, de manera económica [8,9].

La lluvia inicialmente se recolecta en la superficie de los techos, éstos son acumuladores de contaminantes que perjudican su calidad, presentando altos valores de turbidez, sólidos, metales pesados, materia orgánica, microorganismos patógenos, por lo que es importante eliminar el agua que se capta en los primeros minutos de un evento de precipitación, utilizando algún tipo de trampa o filtros [10]. Por tal motivo, la mayoría de estos sistemas para la captación y aprovechamiento de agua lluvia suelen ser costosos. Adicionalmente, se desperdicia cierta cantidad de agua recolectada. Todo esto para conseguir agua que esté libre de partículas y que goce de buena calidad siempre y cuando se siga un tratamiento con las normas básicas de higiene para el consumo humano [7,11].

En el presente trabajo se diseña y construye un dispositivo portátil para la captación de agua lluvia. Ésta puede ser utilizada en actividades como: limpieza de pisos, riego de áreas verdes, lavado de vehículos, ropa, contra incendios, llenado de cisternas, entre otras. Es una propuesta encaminada hacia una alternativa sustentable, demostrando que el agua lluvia es una opción eficiente y adecuada que consigue reducir un porcentaje del consumo de agua potable en hogares y en zonas vulnerables de cualquier región del mundo, debido a la forma de captar el agua lluvia de una manera más limpia.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

1.1 Planteamiento del problema

La captación de agua lluvia es un procedimiento que se realiza desde tiempos inmemorables, las diferentes formas de captación de agua lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de la historia de las civilizaciones [13], se implementaban al diseñar y construir las casas-habitación como complementos de las cisternas para fines domésticos [12,14], utilizando ollas, tanques, canales en techos, en algunos lugares del mundo. La captación de este recurso hídrico se puede obtener de una manera práctica y eficiente mediante mecanismos o diseños que faciliten la recolección de agua lluvia, demostrando una alternativa sustentable, que además puede concientizar a la población y a los sectores económicos, agropecuarios e industriales para hacer buen uso racional del agua potable. El mal uso del agua podría enfrentarnos en años futuros con un altísimo costo socio-económico de impacto social.

En Colombia, según el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), hay sectores que constituyen las zonas más lluviosas del mundo, como es el caso de la región pacífica, donde la precipitación media anual varía entre 9000 mm y 11000 mm y en años individuales se han registrado más de 12000 mm [15]. Esta región es apta para la captación de agua lluvia, brinda una oportunidad de consumo para necesidades básicas, tales como: producción agrícola y actividades domésticas y puede abastecer otras zonas vulnerables sin redes de acueducto, donde la calidad de agua es mala por factores de contaminación; esta carencia de agua conlleva a la miseria, baja calidad de vida y por lo tanto representa un bajo índice de desarrollo humano. Según el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2018), en 2017, el índice de desarrollo humano (IDH) en Colombia fue 0,747 puntos, ubicándose en el puesto 90 del ranking a nivel mundial [16].

Por esta razón, los sistemas y dispositivos de captación de aguas lluvias son usados cada vez con mayor frecuencia en diferentes sectores de la sociedad debido, muchas veces, a la escasez y los elevados costos para el suministro en acueductos de agua potable. Algunas de estas zonas, Lloró (Chocó) y López de Micay (Cauca), gozan de alta pluviosidad la cual facilita la captación, recolección, almacenamiento y manejo del agua lluvia; además hay lugares o regiones del mundo donde la lluvia es la única fuente de abastecimiento, que con la implementación de estos sistemas o dispositivos se logra obtener el valioso recurso natural y vital, permitiendo satisfacer el consumo básico de la población y además reduciendo la presencia de enfermedades gastrointestinales [19].

Algunos de los sistemas y dispositivos utilizados para la captación de agua lluvia tienen varios inconvenientes, entre los principales: su rigidez, inmovilidad [17], alta concentración de contaminantes en el área de captación [18]. Estos están expuestos directamente al medio circundante facilitando que se contamine debido a factores físicos, químicos y ambientales [18], por lo tanto, se debe hacer un tratamiento al agua lluvia aumentando costos.

Con base a lo anterior, surge de forma natural la siguiente pregunta de investigación: ¿Es posible diseñar y construir un dispositivo para la captación de agua lluvia diferente a las utilizadas convencionalmente?

1.2 Objetivos

1.2.1 **Objetivo general**

- Diseñar y construir un dispositivo portátil para la captación de agua lluvia.

1.2.2 **Objetivos específicos**

- Utilizar materiales comerciales de fácil adquisición en el mercado local para construcción del dispositivo.
- Determinar las características de los materiales del dispositivo.

1.3 Justificación.

En temporadas de lluvias, los acueductos generalmente sufren afectaciones por aumento en la turbidez del agua, cerrando por completo el suministro de agua potable y en casos más graves, colapsos en la infraestructura física de bocatomas por desbordamiento y avalanchas en las cuencas principales como ríos y quebradas, que dependiendo del daño, puede durar en ocasiones horas, días y hasta semanas enteras sin este recurso tan indispensable para la vida y actividades cotidianas como en hogares, escuelas, restaurantes, balnearios, entre otras.

En este sentido, el aprovechamiento de agua lluvia por medio de este dispositivo pretende fomentar en las personas una cultura sostenible. Por lo tanto, es una alternativa de abastecimiento y deberá ser aprovechada al máximo en los días de lluvia. El adecuado uso del agua, marcará un futuro sustentable.

CAPÍTULO II ESTADO DEL ARTE

2.1 Antecedentes

El agua es un recurso que se ha ido convirtiendo, en muchos lugares del mundo, en un elemento limitante para la producción de alimentos, la salud humana, el desarrollo industrial y la conservación de reservas naturales, e incluso para la estabilidad socio-económica y política de la sociedad. Por tal razón, existe una atención creciente en el aprovechamiento del agua lluvia como fuente potencial de agua en las ciudades, en especial, en países en desarrollo, convirtiéndose en una alternativa sostenible, principalmente por el bajo costo de operación [17] y así contribuir menos al consumo de agua potable, utilizada en la actualidad, para labores cotidianas como en el uso doméstico, en la agricultura e industria.

A continuación, se mencionan algunos trabajos y patentes que se encuentran en la literatura sobre la captación de agua lluvia implementados en algunos lugares del mundo y Colombia.

2.1.1 Trabajos

A) Captación de agua de lluvia en cobertura de viviendas rurales para consumo humano en la Comunidad de Vilca Maquera, Puno-Perú [20].

En este trabajo, implementan la captación de agua lluvia en la comunidad de Vilca Maquera, Puno- Perú, localidad que no cuenta con agua potable, ya que utilizan agua de pozos rústicos y contaminados generando enfermedades. El área de captación de 120 m² está conformada por el techo de la vivienda, de material apropiado de calamina galvanizada. La precipitación pluvial es de 721,44 mm/año, obteniéndose 73 m³ de agua de lluvia suficiente durante todo el año para cuatro personas, con un consumo de 50 litros/día. Además los parámetros del análisis físico-químico del agua de lluvia

están dentro de los límites permisibles señalados en la norma de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

B) Sistema de captación, almacenamiento y purificación de agua de lluvia (México) [21].

El trabajo de investigación contiene distintos paquetes tecnológicos para el aprovechamiento eficiente de los recursos naturales entre ellos el agua de lluvia. En México, la disponibilidad media de agua por habitante se redujo de 11500 m³ anuales en el año 1955 a 4900 m³ en el 2000 y a 3822 m³ en el 2005. Si el régimen de precipitación pluvial no se modifica sustancialmente, sólo por el crecimiento de la población se esperarían disponibilidades medias de 3610 m³ en el 2012, de 3285 m³ en el 2030, y de 3260 m³ en el 2050". Por lo tanto implementan sistemas de captación de agua de lluvia en techos la cual incluye rejillas y filtros de gravas que evitan que el agua arrastre sólidos a los tanques de almacenamientos.

C) Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: “Una alternativa a la gestión del agua de lluvia” (España) [22].

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), también conocidos como Best Management Practices (BMP's) buscan minimizar los impactos del desarrollo urbanístico en cuanto a la cantidad y la calidad de la escorrentía (en origen, durante su transporte y en destino). Es una alternativa innovadora, eficiente y más sostenible de gestionar el agua de lluvia, reduciendo caudales y disminuyendo el riesgo de inundaciones. Ciudades como Barcelona y Madrid utilizan tipologías de SUDS que corresponden a depósitos de retención de agua de lluvia con un volumen útil entre 400000 m³ y 1300000 m³. También, existen pavimentos permeables con pequeños depósitos de retención y reutilización de agua para riego y drenajes filtrantes en las cunetas longitudinales de las carreteras de la ciudad de Valencia.

D) Ventajas económicas del aprovechamiento del agua lluvia [23].

En este trabajo se aborda el problema que enfrenta la ciudad de Bogotá ante el cambio climático y sus efectos en las posibilidades futuras (para el año 2035) para abastecerse de agua en cantidades suficientes mediante la cosecha de agua de lluvia por medio de los techos de los hogares y los establecimientos diferentes a viviendas. Una estimación de ahorro del 10 % de agua provista por el acueducto de la ciudad en el 10% de casas y establecimientos existentes en 2015, se podrían ahorrar en un año 1,5 millones de m³ de agua por un valor aproximado de 6969 millones de pesos.

E) Diseño de sistema piloto de almacenamiento de agua lluvia a escala laboratorio en la Sede Piedra de Bolívar de la Universidad de Cartagena [24].

El objetivo principal de este trabajo fue diseñar un sistema piloto de almacenamiento de agua lluvia en donde se puedan realizar estudios de parámetros de calidad del agua, recolectada en las cubiertas (placa lisa de concreto) de los bloques del campus. La disponibilidad de agua almacenada en tanques de 15 m³ y 30 m³ puede generar un ahorro en el consumo de agua potable que va entre el 5% y 8% en la demanda requerida para riego de zonas verdes y aseo de zonas comunes.

F) Diagnóstico del sistema de aprovechamiento del agua lluvia en el consejo comunitario de la comunidad negra de los Lagos, Buenaventura [25].

Este trabajo de investigación se enfocó en la región pacífica, que se caracteriza por presentar bajos niveles de cobertura de agua potable en zonas rurales y urbanas. Ante esta problemática, el agua lluvia ha sido para muchas comunidades que allí habitan la principal fuente de abastecimiento de agua, dado los altos índices de precipitación con un promedio anual de 6000 mm y 8000 mm, convirtiéndola en la región más

lluviosa de Colombia y una de las más lluviosas del mundo. El Consejo Comunitario de la Comunidad Negra Los Lagos (CCCN Los Lagos), Buenaventura, es una comunidad rural que carece de muchos servicios públicos, tal es el caso del acueducto, alcantarillado, gas natural, telefonía fija y aseo. Para este estudio, se diagnosticaron las condiciones de aprovechamiento de las aguas lluvias, obteniéndose alto potencial de aprovechamiento entre 250 mm a 960 mm de precipitación promedio mensual. El agua de lluvia se captaba por medio de los techos, éstos eran de dos clases de materiales: zinc y asbesto. Los resultados de la calidad de agua de lluvia arrojaron que no cumplía con los requisitos mínimos de ausencia de microorganismos biológicos, ya que se contamina fácilmente por fuentes de origen animal (ratas, cucarachas y otros insectos) en el área de captación. En conclusión, el sistema de recolección de agua lluvia es deficiente dado que en la mayoría de las viviendas no se contempla la aplicación de tratamiento para eliminar cualquier tipo de contaminación.

Según lo anterior, los trabajos implementados para el aprovechamiento de la lluvia brindan una solución estratégica para amortiguar la insuficiencia progresiva de abastecimiento de agua potable [26], debido a los problemas relacionados de contaminación con el recurso hídrico en el mundo. En muchas regiones la disponibilidad natural es crítica, la calidad es inapropiada, los servicios son insuficientes y el cambio climático incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas y de las personas en un gran número de países [1].

2.1.2 Patentes

a) Colector de agua de lluvia [27].

Esta patente de modelo de utilidad con número de referencia CN201962724U de la República Popular de China, se refiere a un colector de agua de lluvia que comprende una cubierta en la parte superior y un recipiente de almacenamiento. El

agua de lluvia recolectada es utilizada en la zona montañosa para combatir incendios en el bosque y en temporadas de sequía, suministrar agua en árboles frutales. El colector tiene una estructura compacta y de bajo costo.

b) Método y Dispositivo desmontable [28].

La patente de invención con número de referencia CN105178388A de la República Popular de China, describe un método y un dispositivo desmontable, utilizado en zona montañosa para captar agua lluvia. Según el método, se estudió en primera instancia el consumo local y la precipitación media anual, de acuerdo a esta información, se creó el área de captación tipo embudo y una estructura metálica de soporte que la sostiene. Esta estructura se fija en superficies de la zona montañosa requerida para la forestación y siembra de árboles. Además este dispositivo cuenta con una bolsa de almacenamiento para el agua lluvia, situada en la parte inferior del tubo del desagüe. El dispositivo puede ser armado en otro lugar requerido de la zona montañosa.

c) Dispositivo móvil para la recolección de agua de lluvia [29].

La patente de invención con número de referencia CN105484316A de la República Popular de China describe un dispositivo móvil para la recolección de agua de lluvia. El dispositivo está compuesto por un cuerpo cilíndrico de almacenamiento, un ventilador de recolección de agua lluvia que tiene forma de embudo y la tapa del cilindro de tipo persiana y cóncavo hacia abajo. El dispositivo tiene como ventajas ser de estructura simple, cómoda de usar, duradero, de bajo costo, capaz de almacenar agua de manera eficiente y baja tasa de evaporación. Resuelve el problema de la deficiencia de agua en la región Kárstica, proporcionando agua doméstica que se puede usar directamente y mejora el sustento de las personas.

d) Sistema de bebedor portátil [30].

Esta es una patente de invención con número de referencia US9228326 B1 de Estados Unidos se refiere a un sistema de bebedero portátil usado para la caza y abrevadero de animales que está configurado con un marco convertible que permite ensamblar un colector de agua en una ubicación deseada. El sistema de bebederos portátil puede configurarse para ser llevado por una sola persona y tener dimensiones y peso adecuados para este propósito. Su estructura es compacta.

e) Un Sistema y método de recolección, almacenamiento y distribución de aguas lluvia con fines de uso doméstico u otros usos [31].

En Colombia existe una patente de invención con número de referencia 15-297915, se refiere a un sistema y método de recolección, almacenamiento y distribución de aguas lluvia con fines de uso doméstico u otros usos. El sistema incluye la captación y almacenamiento de agua lluvia a través de uno o múltiples tanques dispuestos para la alimentación de un tanque de almacenamiento. Éste a su vez está directamente conectado a la red de distribución para usos domésticos y/o para otros usos. Cabe resaltar que el sistema comprende estructuras fijas y rígidas como base de los tanques.

2.2 Metodología

En el presente trabajo, la metodología utilizada fue de carácter experimental: se realizaron pruebas de campo. La relación entre el área y la cantidad de agua lluvia recolectada se tuvo en cuenta para el diseño y la construcción del dispositivo.

A continuación, se presentan los pasos que ayudaron al desarrollo de las etapas del diseño y construcción del dispositivo portátil:

- Prueba experimental en campo. Captación de agua lluvia con embudos de diferentes áreas y su respectivo recipiente de almacenamiento.
- Idea preliminar con materiales reciclables en la construcción de la tolda o colector del dispositivo portátil.
- Diseño y construcción del dispositivo portátil.

CAPÍTULO III DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

3.1 Prueba experimental en campo

La captación de agua lluvia se realizó, inicialmente, en recipientes tipo “embudo” con diferentes áreas: $(32,17 \pm 0,05) \text{ cm}^2$, $(56,87 \pm 0,05) \text{ cm}^2$, $(89,25 \pm 0,05) \text{ cm}^2$ y $(283,53 \pm 0,05) \text{ cm}^2$.



Figura 3.1 Recolección y medición de agua de lluvia.

Fuente: Elaboración del autor.

Antes de colocar los recipientes, se consultaba el pronóstico del tiempo de las siguientes páginas: IDEAM y The Weather Channel. Los recipientes “tipo embudo” y botellas plásticas se colocaban en un sitio estratégico antes de comenzar a llover, libre de árboles y campo abierto para el proceso de captación. Se instalaban sobre soportes de madera, con una altura promedio de 1 m con respecto al suelo, de forma separada una con respecto a las otras. Esto con el fin de evitar salpicadura de las gotas de lluvia con el suelo y no se afectara la medición del volumen de agua almacenado en las botellas plásticas. El tiempo de captación duraba hasta el final del evento de la precipitación.

En la Figura 3.1 se muestra los recipientes “tipo embudo” de color rojo y verde. El agua lluvia fue almacenada en botellas plásticas recicladas. Para cada evento de lluvia se midieron los respectivos volúmenes del agua recolectada.

En este experimento, se hicieron seis pruebas de campo entre los meses de marzo y abril del año 2017. Los datos de los volúmenes recolectados en cada área de los recipientes tipo “embudo” son mostrados en la Tabla 3.1:

Área (cm ²)	Volumen (cm ³)					
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6
32,17	132,00	78,00	36,00	92,00	176,00	50,00
56,87	248,00	120,00	62,00	158,00	286,00	92,00
89,25	364,00	180,00	88,00	250,00	450,00	148,00
283,53	1047,00	532,00	292,00	724,00	1370,00	406,00

Tabla 3.1 Volumen recolectado en los recipientes tipo “embudo” de diferentes áreas.
Fuente: Elaboración del autor.

Nota: en la Tabla 3.1 se muestra diferentes valores de volúmenes en función del área, considerando una incertidumbre de medición de ± 0.05 para el volumen y el área.

La relación entre el volumen de agua lluvia recolectada y área de captación de los recipientes tipo “embudo” se puede observar en la Figura 3.2:

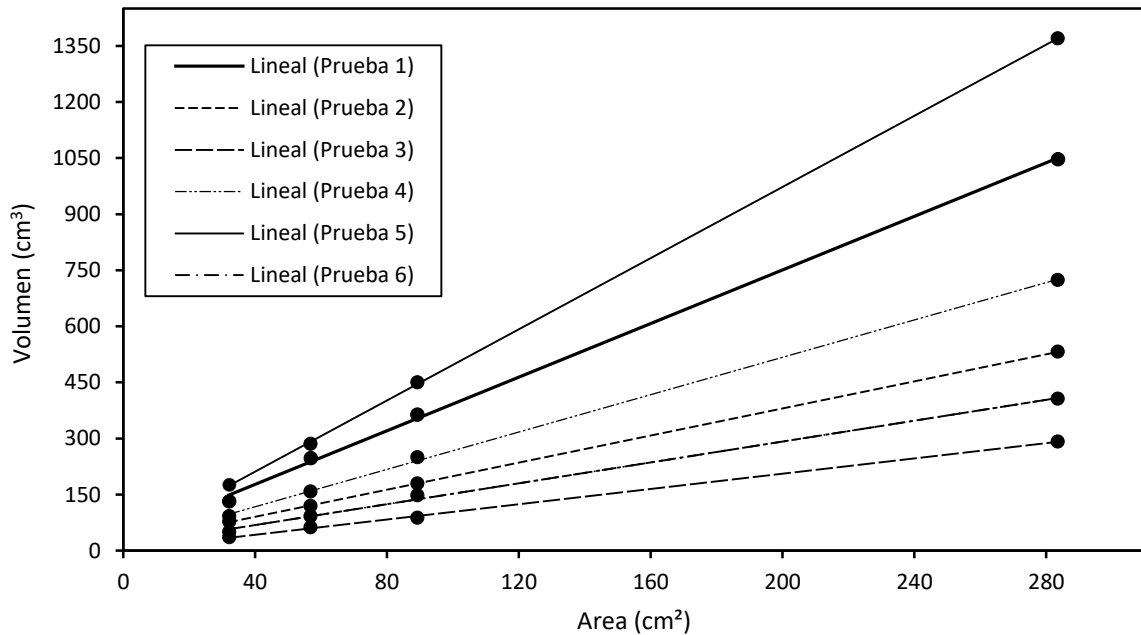


Figura 3.2 Volumen recolectado en función del área de captación.
Fuente: Elaboración del autor.

Se observa en la Figura 3.2 un comportamiento lineal entre área de captación y el volumen recolectado, si se aumenta el área de captación mayor será el volumen de agua lluvia que se puede almacenar. El volumen máximo recolectado fue de $(1370,00 \pm 0,05) \text{ cm}^3$ y el mínimo de $(36,00 \pm 0,05) \text{ cm}^3$. Esta relación se tuvo en cuenta en el momento de diseñar y construir el dispositivo portátil. Éste debería tener un área de captación mayor a los ya mencionados para aumentar la oferta de agua. El aprovechamiento al máximo de este recurso mediante el dispositivo portátil permitirá alcanzar un ahorro tanto de agua potable (disminuyendo el uso de ésta en actividades donde no sea necesaria) como económico en cualquier población del mundo.

Prueba	Ecuación
Prueba 5	$v(A) = 4,76A + 21,03$
Prueba 1	$v(A) = 3,58A + 33,82$
Prueba 4	$v(A) = 2,49A + 17,49$
Prueba 2	$v(A) = 1,81A + 18,43$
Prueba 6	$v(A) = 1,39A + 13,01$
Prueba 3	$v(A) = 1,02A + 1,58$

Tabla 3.2 Ecuaciones lineales descrita para cada prueba de recolección de agua lluvia.

En la Tabla 3.2, se relaciona las ecuaciones descritas de las líneas rectas de la Figura 3.2 con cada Prueba de captación de agua lluvia. La Prueba 5 tiene una pendiente mayor con respecto a las demás. Por lo tanto, se recolecto más cantidad de agua lluvia en ese día.

Prueba	Datos Experimentales (mm)	Datos IDEAM (mm)	Error Relativo (%)
Prueba 5	47,60	42,00	13,33
Prueba 1	35,80	34,00	5,29
Prueba 4	24,90	24,00	3,75
Prueba 2	18,10	23,00	21,30
Prueba 6	13,90	14,00	0,71
Prueba 3	10,20	8,00	27,50

Tabla 3.3. Comparación de datos experimentales y datos del IDEAM (2017).

En la Tabla 3.3, se observa los valores obtenidos a partir de las ecuaciones lineales de la Tabla 3.2. La relación entre el volumen (cm^3) en función del área (cm^2) de la Figura 3.2, da unidades de longitud, centímetros (cm). Convirtiendo este valor a milímetros (mm), se determina cuánta agua ha caído durante la lluvia. Estos valores se compararon con los datos registrados en la página del IDEAM entre los meses de marzo y abril del año 2017 (primera temporada de lluvia en el municipio de Rivera). La diferencia entre la cantidad de agua lluvia recolectada por medio de los recipientes tipo embudo y la cantidad de agua lluvia recolectada por el IDEAM fue mínima. Los errores mostrados en la Tabla 3.3 se deben, principalmente, por algunas condiciones atmosféricas del sitio utilizado para la recolección, entre ellos, altitud, viento, humedad y temperatura.

3.2 Utilización de materiales reciclables.

Inicialmente se construyó un prototipo de colector o tolda pequeña, con área de captación de forma rectangular y con materiales reciclables, para este caso, bolsas plásticas de agua en buenas condiciones. En la Figura 3.3, se observa al lado izquierdo una selladora de plástico con la que se trabajó en la construcción del prototipo y al lado derecho se ilustra el resultado final del colector incluyendo en su centro un desagüe vista desde la parte superior. En el momento de hacer pruebas en días lluviosos, la superficie de la tolda presentaba debilidad cuando se experimentaba un taponamiento en el desagüe; el peso del agua deformada la superficie y afectaba directamente las uniones entre las bolsas plásticas, observándose filtraciones. Esta desventaja mostraba poca eficiencia del colector. Por lo que se pensó en utilizar otro material que fuera resistente, impermeable y de fácil manejo sin afectar su funcionalidad.



Figura 3.3 Prototipo de colector o tolda creada a partir de bolsas plásticas.

Fuente: Elaboración del autor.

3.3 Diseño y construcción del dispositivo portátil.

El diseño que tiene la estructura, se debe en primera medida por la facilidad de armarlo y desmontarlo, de forma práctica por una sola persona, permitiendo con ello almacenarlo cuando esté desarmado. Esto evita que se mantenga expuesto al medio exterior, conservándose de manera más higiénico y protegido de sufrir daños. La forma cuadrada permite abarcar un área más grande.

El arreglo estructural del soporte ayuda a mantener mayor firmeza al nuevo dispositivo portátil, en caso de presentarse fuertes vientos o acumulación excesiva de agua en el colector o tolda. Además, se hicieron pruebas directas en campo y se concluyó que tanto el colector como la estructura metálica pueden llegar a soportar alrededor de 30 kg de agua al mismo tiempo.

Los sistemas y dispositivos mencionados en el Capítulo II, con los cuales se compara este dispositivo, presentan mayor rigidez, en épocas de sequía siempre permanecen armados, exponiéndose a contaminantes del ambiente y a sufrir daños. También traen otros componentes adicionales y son estructuras complejas, de construcción más especializada haciéndolos más costosos.

Este dispositivo es un prototipo para hacer pruebas experimentales, las dimensiones se mencionarán en las siguientes páginas, pero es posible construir dispositivos de mayor o menor área de acuerdo a las necesidades del usuario. Una desventaja del dispositivo es que se debe disponer de un sitio donde pueda ser armado sin dificultad alguna, el cual puede poner límite al tamaño. A medida que la estructura aumenta de tamaño se va volviendo más débil, una alternativa a esta situación es acoplar varios dispositivos de menor tamaño permitiendo con ello mayor fortaleza estructural y facilidad de almacenamiento en temporadas secas.

El diseño del dispositivo portátil comprende una estructura metálica de soporte (1), un colector o tolda (2), una criba o filtro que cubre la parte superior de la tolda y la estructura de soporte metálico (3), una salida de agua o desagüe (4) sin acople alguno y cuatro tiras de lona impermeable (5) como se muestra la Figura 3.4. Todos los anteriores elementos son totalmente desmontables, para que en caso de sufrir algún tipo de deterioro puedan ser reemplazadas. El colector o tolda no tiene estructura alguna, adquiere una forma parecida de pirámide invertida de base cuadrada en la parte superior, es flexible y se forma debido a la gravedad cuando se fija por ganchos a la estructura de soporte, permitiendo que el colector sea desmontable a la misma. En la parte más baja del colector hay una salida o drenaje que puede ser acoplada por medio de líneas de conducción de agua o diferentes dispositivos de almacenamiento.

La estructura de soporte está conformada por cuatro caras laterales: tres caras bitriangulares y una tipo arco rectangular, está formada por once tubos huecos con tornillos ajustables. La criba o filtro, que cubre todo el dispositivo en la parte superior, permite retener hojas, ramas o cualquier material liviano presente en el aire circundante evitando taponamiento de la salida de agua en la parte inferior del colector.

El dispositivo portátil está construido con materiales comerciales y económicos que se consiguen en el mercado local, tales como: lonas, tubos metálicos, ganchos metálicos, poli sombra, tuercas, tornillos y cuerda poliéster.

Cuando la lluvia ha cesado, el colector se puede desenganchar de la estructura metálica de soporte para mantenerlo lo más limpio posible en un tiempo estimado de diez segundos, cabe aclarar que el colector es independiente de la criba o filtro, por lo que ésta puede quedar montada en la estructura metálica de soporte creando un espacio de sombrío.

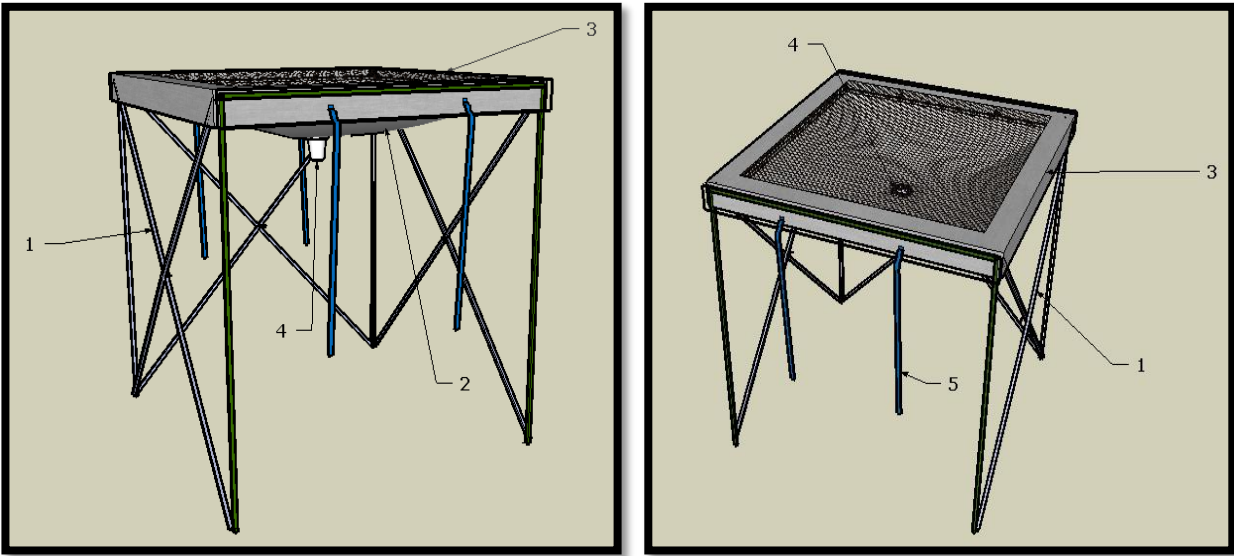


Figura 3.4 Parte diagonal y superior del dispositivo portátil.

Fuente: Elaboración del autor.

La criba o filtro (3) está hecha de una poli sombra con bordes de ajuste de lona impermeable, que ayudan a fijarla en las cuatros esquinas de la estructura metálica de soporte (1) y la sostienen para que no haga contacto con el colector. Su forma es cuadrada, de área $(4,0 \pm 0,5) \text{ m}^2$, en la parte superior. En dos lados opuestos se han fijado dos tiras (5) cada una de ellas para permitir su fácil montaje y desmontaje, y su ajuste en la estructura metálica de soporte (1).

El colector (2) tiene un área de captación de $(3,20 \pm 0,05) \text{ m}^2$, está construido de lona impermeable; para fijarlo en la estructura metálica de soporte (1) se le ha hecho un dobladillo en cada borde, estos dobladillos quedan abiertos en sus extremos, por cada uno de estos pliegues pasa una cuerda de poliéster, anudándolas en los extremos por donde salen y allí entre las cuerdas anudadas se fija una argolla metálica con su respectivo gancho en forma de S (11) (Figura 3.5), que le permiten engancharse en los aros de dicha estructura. Su parte central tiene un orificio de desagüe (4) para el agua lluvia hacia cualquier clase de recipiente. Este orificio está reforzado por un tubo de evacuación, roscado, a su vez la masa de este tubo permite dar tensión a la lona del colector.

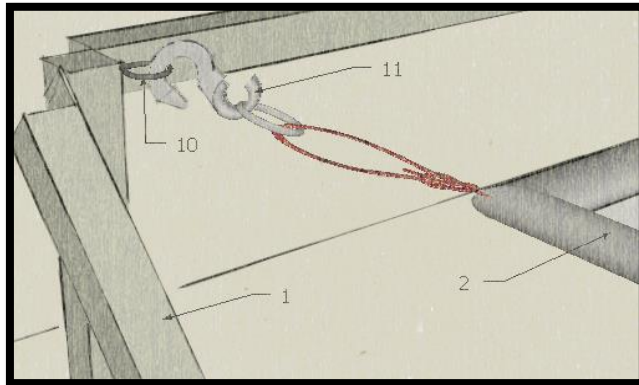


Figura 3.5 Configuración para enganchar la lona con la estructura de soporte.

La estructura metálica de soporte (1) está conformada por once tubos huecos cuadrados livianos. Cuatro de estos tubos conforman los soportes verticales, donde la distancia que hay entre cada uno de ellos, al formarse la estructura, es de 2 m, es decir, se forma un cuadrado. En sus extremos superiores, van fijados tornillos con tuercas tipo mariposa (7) (Figura 3.6) para facilitar el ajuste manual, es decir, sin necesidad de utilizar herramienta alguna, y además, aros fijos (10) donde se engancha el colector. La parte inferior de los soportes verticales tiene una superficie cuadrada más ancha que evita el hundimiento en terrenos blandos o arenosos. La estructura metálica de soporte forma una figura de cuatro caras laterales: tres bitriangulares y una tipo arco rectangular.

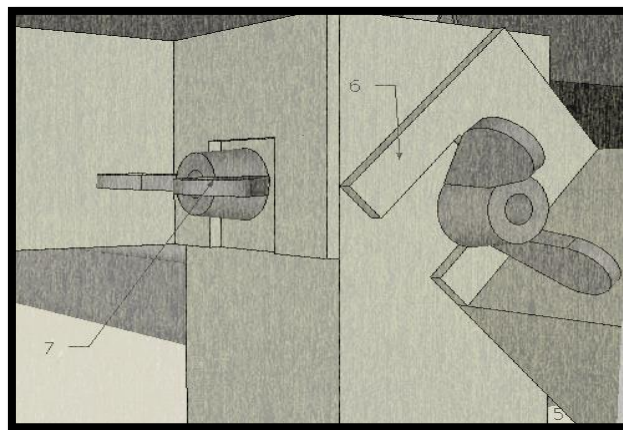


Figura 3.6 Extremos de los tubos cruzados y tubo horizontal.

La conformación de cada una de las tres caras laterales bitriangulares se forma por el ensamble de dos soportes verticales con dos tubos cruzados que se enganchan y se fijan con la tuerca tipo mariposa (7) que hay en cada soporte vertical. El sistema de los tubos cruzados tiene en sus extremos ganchos (6) para engancharse a los tornillos de los soportes y fijarlos, con un giro, mediante la tuerca tipo mariposa (7). El eje de este sistema cruzado está formado por un tornillo de seguridad con palanca (9) (tipo rueda de bicicleta) (Figura 3.7) para permitir acomodar los tubos en un ángulo adecuado, fijándolos y facilitando así el ensamblaje por una sola persona.

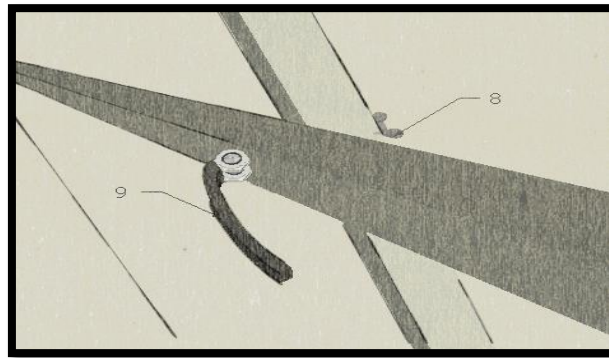


Figura 3.7 Tornillo de seguridad con palanca (tipo rueda de bicicleta).

La cara lateral tipo arco rectangular, se conforma por dos soportes verticales y un tubo horizontal, el cual tiene dos ganchos a los extremos para engancharse a los tornillos de estos soportes y fijarlos manualmente con las tuercas tipo mariposas (7). Este tubo horizontal va en la parte superior de la cara.

En la Figura 3.8 se aprecia la construcción final del dispositivo portátil para la captación de agua de lluvia. Las Figuras 3.8 a-b muestra la parte lateral y diagonal de la estructura metálica de soporte (1) con el colector (2) recogido en el extremo superior derecho por medio de los ganchos tipo S (11). En la Figura 3.8 c, se muestra la parte frontal de la estructura con el colector extendido y el recipiente para el almacenamiento del agua de lluvia. En las Figuras 3.8 d-e-f se muestra el dispositivo portátil con el filtro (3) visto desde la parte lateral, superior e inferior, respectivamente.



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Figura 3.8 Construcción final del dispositivo portátil.

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó un dispositivo portátil totalmente desmontable para el aprovechamiento de agua lluvia, que comprende las siguientes partes: una estructura metálica de soporte de cuatros caras (tres bitriangulares y una tipo arco rectangular), un dispositivo colector o tolda, flexible e impermeable, que se ajusta por medio de ganchos a la estructura de soporte, una criba o filtro de poli sombra que cubre la parte superior de la estructura de soporte y el dispositivo colector y un desagüe tipo lavaplatos.

Esta idea tuvo su origen al observar algunas situaciones de emergencia como la ausencia de agua de consumo por el colapso de acueductos en temporadas de lluvia o suspensión del servicio por alta turbidez. La población tiene la necesidad de disponer de agua y a pesar de eso el agua lluvia no se aprovecha de la mejor manera; en pocas veces, ésta es recolectada por medio de techos contaminados. Por lo tanto, se observó la necesidad de implementar un dispositivo que pudiera recolectar esa agua de una manera más limpia posible.

La construcción del dispositivo portátil se realizó con materiales comerciales de fácil adquisición. Esto representa una ventaja sustancial porque en caso de presentar daño en cualquier parte de sus elementos que lo componen puede ser comprado de manera rápida y eficiente sin afectar su funcionalidad. La implementación de este dispositivo, novedoso y asequible lo hace parte importante en el manejo del agua para la población.

Esta clase de iniciativas de captar agua lluvia, hace parte de una cultura que va en crecimiento y fortalecerá la disponibilidad de agua en zonas y sectores vulnerables, ya que el agua es un recurso fundamental para el desarrollo sostenible de la sociedad que mejora el bienestar general y la calidad de vida de la misma.

TRABAJOS FUTUROS

- Estudiar las características del agua lluvia recogidas mediante este nuevo dispositivo portátil en diferentes zonas.
- Estudiar el costo de utilidad de este nuevo dispositivo.
- Estudiar calidad del agua lluvia en diferentes recipientes de almacenamiento.
- Hacer pruebas físicas con diferentes materiales.
- Elaborar un modelo físico matemático que se aproxime al vaciado de tanques no lineales debido a la deformación de la lona por efecto de la gravedad.

REFERENCIAS

- [1] Carabias, J. y Landa, R., (2005). Agua, medio ambiente y sociedad: hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. Primera Edición, México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México, p.15-16.
- [2] Joel T. Heinen (2005) GEO Yearbook 2003. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Nairobi, Kenia. 208 pp., *Environmental Practice*, 7: 1, 58-59, DOI: 10.1017 / S1466046605250056.
- [3]. Shiklomanov, I.A., y J. Rodda. (2003). World Water Resources at the Beginning of the Twenty-First Century. *International Hydrology Series*. ISBN: 0 5218208 5.
- [4]. Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación. FAO. (2007). “Afrontar la escasez del agua.” *Claridades Agropecuarias*.166:37-39.
- [5]. López-Hernández, N. A., Palacios-Vélez, O. L., Anaya-Garduño, M., Chávez-Morales, J., Rubiños-Panta, J. E., & García-Carrillo, M. (2017). Diseño de sistemas de captación del agua de lluvia: alternativa de abastecimiento hídrico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(6), 1433-1439.
- [6] Díaz Delgado, Carlos, García Púlido, Daury, Solís Morelos, Carlos (2000). Abastecimiento de agua potable para pequeñas comunidades rurales por medio de un sistema de colección de lluvia-planta potabilizadora. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva* [en línea]. 2000, 7 (2). ISSN: 1405-0269.
- [7] Avelar Roblero, J. U., Sánchez Bravo, J. R., Domínguez Acevedo, A., Lobato de La Cruz, C., & Mancilla Villa, O. R. (2019). Validación de un prototipo de sistema captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano. Volumen 37, N° 1. Páginas 53-59.
- [8] Silva, C. M.; Sousa, V.; Carvalho, N. V. (2015). Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences. *Resources, Conservation and Recycling*, 94: 21–34.
- [9] Şahin N.; Manioğlu, G. (2018). “Water conservation through rainwater harvesting using different building forms in different climatic regions. *Sustainable Cities and Society*”, 44: 367–377.
- [10] Gutiérrez, M.; Rubio-Arias, H.O. (2014). Captación pluvial en Chihuahua: una alternativa sustentable. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 8: 1-6.

- [11] Perez -Hernandez, A; Palacios Velez, O.L; Anaya-Garduño, M. & Tovar- Salinas, J. L. (2017). “Agua de lluvia para consumo humano y uso doméstico en San Miguel Tulancingo, Oaxaca”. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* Vol.8, n.6, pp.1427-1432.
- [12] Hugues, R.T. (2019). “La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente”. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. Centro de Investigaciones Hidráulicas, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae). Vol. XI, p. 125-139.
- [13] Suárez, J., García, M., & Mosquera, R. (2006). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. *VI SEREA-Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua João Pessoa (Brasil)*, 5.
- [14] Anaya Garduño, M., Salazar Cruz, J. J., Tunarosa Murcia, V., & Trejos Mancillas, J. (1998). *Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el Caribe; manual técnico* (No. IICA-P10 32). IICA, México, DF (México). Agencia de Cooperación Técnica.
- [15] Peraza Herrera, W. (2014). Precipitación media total anual: “*Promedio multianual 1981-2010*” mensual. Grupo de Climatología y Agrometeorología Subdirección de Meteorología – IDEAM. Cartografía Básica.
- [16] Jahan, S. (2018). Índice e indicadores de Desarrollo Humano (IDH). Actualización estadística. *Publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)*, Nueva York, Estados Unidos.
- [17] Eslava R., J.A.(1994). “Acerca de la distribución espacio-temporal de la precipitación en la región del Pacífico colombiano”. *Atmósfera* 22:71-80.
- [18] Olubanjo, O. O. (2016) “*Evaluation of Quality of Rainwater Harvested from Different Roof Catchments Systems*”. Department of Agricultural and Environmental Engineering. *Journal of Sustainable Technology*, Vol. 7, No. 1.
- [19] Bluhm Gutiérrez, J., Núñez Peña, E. P., Valle Rodríguez, S., Aguirre Bañuelos, C., Magallanes Quintanar, J.D. (2009). “Aspectos de la medición del pH del agua de lluvia”.
- [20] Calli, M. C., Coaquira, E. V., & Calsín, J. J. E. (2016). “Captación de agua de lluvia en cobertura de viviendas rurales para consumo humano en la Comunidad de Vilca Maquera, Puno-Perú”. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 18(3), 365-373.
- [21] “Manual Sistema de captación, almacenamiento y purificación de agua de lluvia”. (2013). *Paquete Tecnológico*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). México.

- [22] Momparler, S. P., & Andrés-Doménech, I. (2008). Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia". *Revista Técnica de Medio Ambiente. C&M Publicaciones*, 124, 92-104.
- [23] Betancourth, G. S. (2016). "Ventajas económicas del aprovechamiento del agua lluvia". *Equidad & Desarrollo*, (26), 101-113.
- [24] Bocanegra Gamarra, C. A., & Almanza Pérez, C. A. (2015). "Diseño de sistema piloto de almacenamiento de agua lluvia a escala laboratorio en la Sede Piedra de Bolívar de la Universidad de Cartagena". *Tesis doctoral*.
- [25] Montaña, N. A. (2016). Diagnóstico del sistema de aprovechamiento del agua lluvia en el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de Los Lagos, Buenaventura. *Revista Luna Azul*, (43), 29-55.
- [26] Sandoval Betancour, G. (2016). Ventajas económicas del aprovechamiento del agua lluvia. *Equidad&Desarrollo*,(26),101-113. Doi:<http://dx.doi.org/10.19052/ed.3650>
- [27] Yaxin, D. (2011). Chinese Patent No. *CN201962724U*. Disponible en: <https://patentimages.storage.googleapis.com/a3/63/38/aea17df70da4f7/CN20196272U.pdf>
- [28] Xinning, T. (2015). Chinese Patent No. *CN105178388A*. Disponible en: <https://patentimages.storage.googleapis.com/22/a7/35/4ef07a1b2c06d7/CN105178388A.pdf>
- [29] Hengsong, W. (2016). Chinese Patent No. *CN105484316A*. Disponible en: <https://patentimages.storage.googleapis.com/86/d7/99/d3d3c6e17f8b54/CN105484316A.pdf>
- [30] Campbell, M. L. (2016). U.S. Patent No. *9,228,326*. Washington, DC: U.S. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US9228326B1/en?q=US+9.228%2c326+B1>
- [31] Orjuela Matta, H.M. (2015). Sistema y método de recolección, almacenamiento y distribución de aguas lluvias con fines de uso doméstico u otros usos. *Patente Colombiana No. 15-297915*.