

# Comunidades sostenibles: construcción de canales de recolección de agua lluvia con material pet

**Pérez Rodríguez, César Arturo**

Comunidades sostenibles: construcción de canales de recolección de agua lluvia con material pet

Centro Sur, vol. 4, núm. 1, 2020

Grupo Compás, Ecuador

**Disponible en:** <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=588861673005>

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

# Comunidades sostenibles: construcción de canales de recolección de agua lluvia con material pet

Sustainable communities: construction of rainwater collection channels with PET material

César Arturo Pérez Rodríguez [ingcesarcivil@gmail.com](mailto:ingcesarcivil@gmail.com)  
Corporación Universitaria Minuto de Dios, Ecuador  
 <http://orcid.org/0000-0002-5438-5327>

**Resumen:** Los sistemas de recolección de agua lluvia con materiales alternativos permiten la conservación de las fuentes hídricas y la reducción de la huella ecológica del ser humano al disminuir la cantidad de residuos sólidos en rellenos sanitarios, el objetivo es diseñar sistemas de recolección de agua lluvia con material PET reciclado con una investigación cuantitativa en la cual se emplea método racional, donde se evalúan variables climatológicas, hidráulicas y funcionales de los canales propuestos enfocadas en 8 alternativas ensayadas en cuanto a funcionalidad y llegando a cuantificarle costos a 4 donde se obtuvo un menor valor comparado con las canaletas prefabricadas, se debe tomar en cuenta que las botellas plásticas útiles para la fabricación son de 2,5 L y de 3 L sin importar el fabricante, con la menor deformación posible en una sección homogénea de la misma, si se continúa con la evaluación de éstos se puede seguir en desarrollo este trabajo observando otras variables condicionantes con la durabilidad del sistema y llegar a medir caudales reales o incluso calidad del agua captada

**Palabras clave:** agua, precipitación, reciclaje, sostenibilidad.

**Abstract:** (The rainwater collection systems with alternative materials allow the conservation of water sources and the reduction of the ecological footprint of the human being by reducing the amount of solid waste in sanitary landfills, The objective is to design rainwater collection systems with material Recycled PET with a quantitative investigation in which a rational method is used, where climatic, hydraulic and functional variables of the proposed channels are evaluated, focusing on 8 alternatives tested in terms of functionality and reaching quantify costs at 4 where a lower compared value was obtained with prefabricated gutters, it should be taken into account that the plastic bottles useful for manufacturing are 2.5 L and 3 L regardless of the manufacturer, with the least possible deformation in a homogeneous section of the same, if you continue with the evaluation of these can be continued in development this work observing others goes Reliable conditions with the durability of the system and get to measure real flows or even quality of the water collected.)

**Keywords:** Conservation, precipitation, recycling, sustainability.

## INTRODUCCIÓN

Colombia gracias a su ubicación geográfica y a su topografía tiene condiciones climatológicas variables lo cual hace a la disponibilidad hídrica a lo largo del territorio sea variable, el país cuenta con el mayor índice mundial de precipitación por  $m^2$  con una precipitación media de 3240 mm al año y aún más específicamente para Medellín la precipitación anual media es de 1682 mm lo cual indica una variación de la distribución de lluvia en una zona de la geografía nacional con respecto a la media

Centro Sur, vol. 4, núm. 1, 2020

Grupo Compás, Ecuador

Recepción: 01 Julio 2018  
Aprobación: 28 Febrero 2019

Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=588861673005>

CC BY-NC-ND

nacional, para el caso de Pacho en la estación La Cabrera presenta una precipitación media de 1609 mm al año (IDEAM).

#### Contexto Nacional

El autor (MONTERO, 2016) en su trabajo de grado menciona la problemática en Colombia sobre la cobertura de agua potable, existen zonas en las cuales es muy difícil el suministro de agua potable como lo son las zonas rurales o la región del Pacífico, estas poseen deficiencia en cuanto a calidad y cantidad de agua causando detrimento en la vida de los habitantes y (Martínez, 2017) menciona al siglo XXI como “el siglo del agua” debido a que se presenta una deficiencia en la cobertura de agua y el uso de la misma para cerca de 2.000 millones de habitantes en el mundo, lo cual se debe afrontar tanto por las entidades gubernamentales como la academia generando alternativas de solución.

Así también se analiza la producción de residuos generados la humanidad, es allí donde los estudiantes del semillero generan inquietudes sobre la producción de basuras y la mala disposición de las mismas basados en autores como (Ramirez, Navarro, & Conde Acevedo, 2010) donde expresa que el polietileno tereftalato, material del cual está elaborado una botella de plástico, tiene un proceso de degradación en el ambiente lento, cercano a demorarse entre 100 y 1000 años dependiendo del nivel de concentración de la sustancia.

Teniendo en cuenta estas premisas se plantea el proyecto de investigación “Comunidades sostenibles: aprovechamiento de botellas plásticas en sistemas de recolección de agua lluvia en viviendas rurales del municipio de Pacho, Cundinamarca” (Pérez Rodríguez, C.A., 2019) el cual tiene el enfoque de trabajar con los objetivos de desarrollo sostenible (CEPAL, 2018) el proyecto se desarrolla enfocado en la recolección de agua lluvia como alternativa de abastecimiento de agua no necesariamente potable viabilizando una comunidad sostenible empleando en su construcción materiales reciclados tipo PET con el fin de sustituir los sistemas prefabricados plásticos tipo Amazona (PAVCO, 2014) por canales, bajantes y almacenamiento hechos con material PET acordes a los componentes de capacidad y funcionamiento hidráulico.

#### Historial de diseños académicos en el Semillero Gestión del Recurso Hídrico

Este proceso investigativo parte de los trabajos de grado que desarrollaron proyectos de recolección de agua lluvia empleando canaleta prefabricada son los casos ubicados en la finca La Carolina en Ubaté, Cundinamarca y (Rios & Rios, 2018) ubicado en la finca el bosque de San Juanito en Zipaquirá, Cundinamarca, proyectos cuya base de cálculo fue el sistema prefabricado pero fueron la base de desarrollo del proyecto de investigación (C. Pérez Rodríguez, 2019) “Comunidades sostenibles: aprovechamiento de botellas plásticas en sistemas de recolección de agua lluvia en viviendas rurales del municipio de Pacho, Cundinamarca”, en el cual se plantea una alternativa de fabricación de los elementos de recolección, conducción y almacenamiento de agua empleando plásticos reciclados.

#### Desarrollo del proceso de investigación dentro del semillero

Es así que el proyecto de investigación formativa tiene el fin de llevar a los estudiantes hacia la aplicación de la metodología ejemplificada por (García Puentes, Montaña Santana, & Pérez Rodríguez, 2019), (Guerra, Rodríguez-Mesa, González, & Ramirez, 2017) y (Rodríguez-Mesa, Fernando; Kolmos, Anette; Guerra, 2017) enfocado en el aprendizaje basado en proyectos de ingeniería y en este caso específico definir las condiciones tanto de capacidad de manejo de agua como la unión y pega de las secciones de botellas plásticas, sobretodo en la canal de recolección cuyo contacto con el agua le va a generar a la pega someterse al peso de la misma directamente y genere desgaste o posible deterioro de la junta, teniendo en cuenta las variables climáticas propias de la zona, el área objeto de la captación y el material de la misma.

Para poder diseñar el sistema en forma adecuada es necesario determinar los elementos influyentes en la cuantificación de caudal teniendo en cuenta lo estipulado por (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016) se aplica el método racional ya que el área de trabajo es menor a 80 ha, donde se toma como base de recolección de agua lluvia en las cubiertas de  $70 \text{ m}^2$  desarrolladas por el semillero SIISO del programa de Ingeniería Civil del Centro Regional Zipaquirá de Uniminuto.

Para definir las condiciones de precipitaciones de diseño es necesario determinar la estación meteorológica cercana o local que mida la condición de lluvia específica del sector aplicando la propuesta mediante la cual se generan las curvas I.D.F. sintéticas ajustadas a la región partiendo de los datos de precipitaciones máximas diarias medidas en la estación La Cabrera del IDEAM, con lo cual se obtiene una intensidad de lluvia de diseño de 250.3 mm/h.

Es así que determinadas las componentes del método racional (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016) se procede a calcular el caudal de diseño dando un resultado de 4.38 L/s, este valor se convierte en el parámetro mínimo a cumplir en capacidad de transporte hidráulico de las secciones de las botellas plásticas recicladas, esta condición de transporte se evalúa partiendo de la suposición teórica de desarrollo de flujo uniforme en la longitud de canal instalada con una pendiente de 0.7% y un diámetro de 15 cm se obtiene una altura de 4,95 cm de lámina de agua y con una pendiente de 1% con el mismo diámetro se obtiene una altura de 4,51 cm, el diámetro de 15 cm lo cumplen las botellas de tamaños de 2,5 L y 3 L en capacidad volumétrica, teniendo variaciones dependiendo de la fábrica.

Una vez definidas estas geometrías es allí donde se empieza el proceso de elaboración de los procesos de fabricación y pega con materiales alternativos de las botellas PET evaluando alternativas como son engrudo común y engrudo artístico (papel, agua y colbón) los cuales fueron descartados ya que perdían su capacidad de pega en contacto con agua o con movimiento del canal.

Otra alternativa funcional parcial es el uso de icopor y gasolina, dio como resultado una macilla viscosa la cual permitía la pega entre secciones de material plástico pero dejaba espacios de aire en las pegas lo que causaba

posteriormente con el paso del tiempo la cristalización de la misma y su fractura con el movimiento de la misma.

El proceso térmico fue parcialmente descartado como se planteó debido a la forma de aplicación del calor con pistola no es eficiente causando deformaciones incontroladas en el plástico y no se acomoda al molde deseado, se postergó este proceso y se sigue desarrollando enfocado en la transformación del plástico con triturado previo y elevar su temperatura hasta volverlo un fluido para moldearlo adecuadamente.

Los procesos que se han llevado a construcción e instalación de los sistemas de canales de recolección se basan en uniones con silicona líquida, coser las uniones con nilón y los amarres de cubiertas, estos elementos se ensayaron bajo condiciones de contacto con agua controlada en el banco hidráulico de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Centro Regional Zipaquirá, Cundinamarca, Colombia con el fin de optimizar los avances, detectar oportunidades de mejora y desglosar el proceso constructivo para potenciarlo y lograr llevar a prototipos de ensayo en condiciones reales de exposición estos sistemas, evaluar la durabilidad, funcionalidad y resistencia para así posteriormente entregar una cartilla de fabricación a la comunidad objeto del proyecto y replicar estos diseños por proceso autoconstrucción con acompañamiento de la academia.

Estos procesos desarrollados por grupos de estudiantes buscan mejorar los niveles de consumo eficiente de recursos naturales, en este caso lo que tiene que ver con consumo de agua y reciclaje, se potencializa el proceso de diseño e implementación por resultados como (Ghimire, Johnston, Ingwersen, & Sojka, 2017) o (Domènech & Saurí, 2011) cuyos resultados indican eficiencia en los sistemas de agua lluvia e inclusive reducción de costos en consumos de agua potable.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En enfoque metodológico de este artículo es cuantitativo fundamentado en el aprendizaje basado en problemas (Guerra et al., 2017), se propone un proyecto de investigación anclado al semillero Gestión del Recurso Hídrico, cuyo fin es el establecer alternativas de fabricación de sistemas de recolección de agua lluvia con materiales reciclados tipo PET cumpliendo las condiciones de funcionalidad e impermeabilidad propias para estos sistemas dentro de la comunidad del municipio de Pacho, Cundinamarca, Colombia es así que el desarrollo del trabajo tiene dos pilares fundamentales:

Conservación del recurso hídrico bajo la condición de aprovechabilidad del agua lluvia mediante su captación y uso en procesos no potables en la vivienda con fines de reducción en consumos de agua potable.

Reciclaje de material PET cuya vida útil es muy reducida dentro del hogar pero su durabilidad en el planeta es de 100 años para lograr biodegradarse, partiendo de procesos de separación en la fuente, limpieza de las botellas PET y uso de materiales comerciales o asequibles.

Fases del proyecto:

Fase 1: Determinación de las variables climatológicas en el área de trabajo, definición de secciones hidráulicas y geometrías.

En cuanto al proceso de diseño y cuantificación de la lluvia de diseño se sigue el método racional (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016) en él se determina la intensidad de la lluvia de diseño definiendo las curvas i.d.f. sintéticas por la metodología de, el área de trabajo se delimita a 70 m<sup>2</sup> correspondiente a la superficie de las cubiertas de las viviendas objeto de diseño del proyecto (García Puentes et al., 2019) con esto se define el caudal captado y las secciones mínimas circulares que deben adoptarse para transportarlo adecuadamente.

Fase 2: elaboración de alternativas de recolección de agua lluvia con material PET reciclado.

Una vez definidas la cantidad de caudal a transportar se procede a comparar las secciones circulares de las botellas plásticas con una sección semejante permitiendo la conducción de ese fluido adecuadamente, además las uniones entre las secciones soporten tanto el peso como la interacción con el agua garantizando la funcionalidad y la capacidad de manejo, este proceso es desarrollado fundamentalmente por los estudiantes del programa de ingeniería civil participantes en el semillero en modalidades como Voluntarios, Práctica en Responsabilidad Social, Práctica Profesional y Opción de Grado, en los cuales los grupos de trabajo se subdividen y evalúan alternativas de fabricación del sistema bajo condiciones preliminares de ensayos de durabilidad y resistencia al agua, propiedades del plástico que favorecen su uso dentro del sistema además de su durabilidad en intemperie.

## RESULTADOS

Los resultados se enfocan entonces a partir de las 2 fases previamente definidas,

3.1. Fase 1: se determina la aprovechabilidad del agua lluvia a partir de datos de la estación meteorológica La Cabrera del IDEAM a la cual se le genera la curva i.d.f. sintética cuya ecuación a aplicar es:

$$i = \frac{a * T^b * M^d}{(t/60)^e} \quad \text{[Ecuación 1]}$$

Donde:

I = intensidad de la lluvia o precipitación de diseño

a, b, c y d son los coeficientes determinados para cada región en Colombia

T= período de retorno de las lluvias bajo recomendación de diseño

M = valor máximo anual de precipitación diaria

t= duración de la lluvia en tiempo de concentración

Al determinar estas variables para el municipio de Pacho se obtiene la intensidad de lluvia es 250,3 mm/h, de allí se parte para determinar

el caudal aplicando método racional (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016, p93) como se muestra:

$$Q = 2.78 * C * i * A \quad \text{[ECUACION 2]}$$

Donde:

Q= caudal determinado por método racional.

C= coeficiente de escorrentía, para superficies duras o impermeables es 0.9

I= intensidad de diseño

A= área de captación de la cubierta de la vivienda analizada.

Aplicando este método se determina el caudal a conducir por el sistema es de 4.33 L/s con esto se modela, evaluando alternativas en el software Hcanales en cuanto a dimensiones, pendiente y materiales como se muestra:

The screenshot shows the 'Cálculo del tirante normal, sección circular' window. It contains the following data:

Lugar:		Proyecto:	
UNIMINUTO CRZ ICIV		RECO AGUAS LLUVIAS	
Tramo:		Revestimiento:	
VIS 3 HABITACIONES		PET	

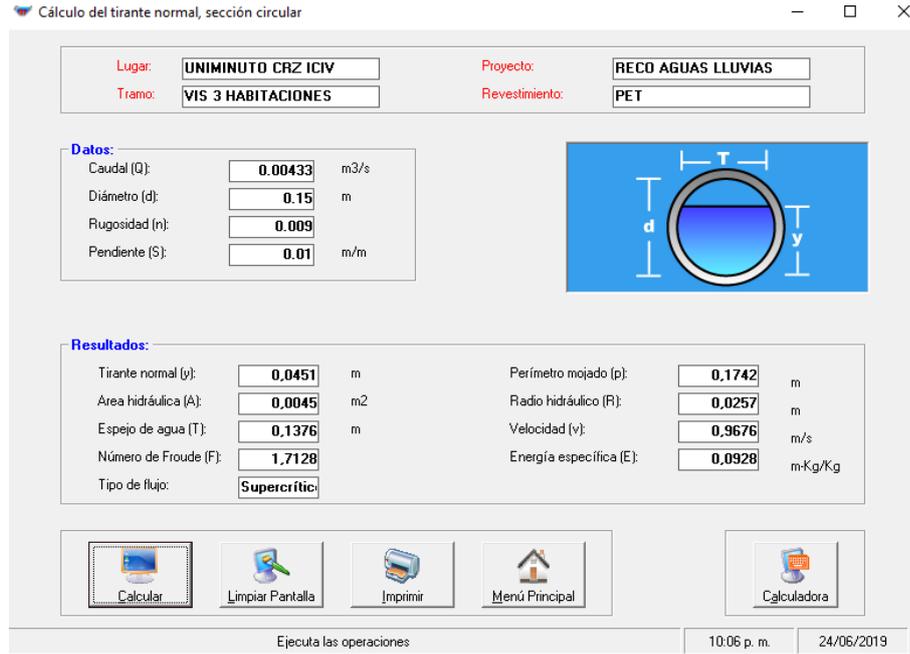
Datos:	
Caudal (Q):	0.00433 m3/s
Diámetro (d):	0.15 m
Rugosidad (n):	0.009
Pendiente (S):	0.007 m/m

Resultados:			
Tirante normal (y):	0.0495 m	Perímetro mojado (p):	0.1836 m
Área hidráulica (A):	0.0051 m2	Radio hidráulico (R):	0.0277 m
Espejo de agua (T):	0.1411 m	Velocidad (v):	0.8512 m/s
Número de Froude (F):	1.4311	Energía específica (E):	0.0864 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

At the bottom of the window, there are icons for 'Calcular', 'Limpiar Pantalla', 'Imprimir', 'Menú Principal', and 'Calculadora'. The status bar shows 'Ejecuta las operaciones', '10:04 p. m.', and '24/06/2019'.

Software hcanales con pendiente de canal de 0.7%  
elaboración propia



Software hcanales con pendiente de canal de 1%  
 elaboración propia

A partir de los análisis desarrollados y de las geometrías de las botellas PET se ha medido una sección variable entre los 12 cm y los 19 cm de diámetro, con el análisis del software se observa que para la lluvia de diseño la sección dada por el material PET es adecuado y permite su implementación en las viviendas bajo esta condición de superficie de captación.

3.2. Fase 2: Una vez establecidas estas condiciones geométricas y de funcionamiento hidráulico se comienza la fase experimental donde el aporte de los estudiantes del programa de ingeniería civil se hace valioso al plantear alternativas de construcción y fabricación de los canales de recolección como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1  
 Matriz de resultados: Alternativas para fabricación de canaletas PET

COORDINADOR	ESTUDIANTE	SECTOR	MATERIAL DE PET	REPERIENCIAS	COSTO FABRICACIÓN ml
	ANDRÉS PABLO Y ANDRÉS DONCEL	PRÁCTICA DE INVESTIGACIÓN	BOVEDÓN COBERTO, BARRIDO ARTÍSTICO	se fabrica en que se conecte con el líquido para la propiedad de adherencia	\$10
SEMIESTRO 2019-10	DANIELA RODRÍGUEZ, NEIRA CANDELO, SANTIAGO OSBERRO, DAVID RODRÍGUEZ	PRÁCTICA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL	COLORES Y GASOLINA	El material empleado de la combinación de propiedades de durabilidad y peso adecuado para el uso de campo de construcción y a una de adherencia	\$10
	LUISA RODRÍGUEZ, PAULA BERNARDEZ	VOLUNTARIO	TEMPERATURA Y CAMBIO DE FORMA CON CALOR	Se genera adherencia con el material usado debido al calor de la máquina al estar en funcionamiento exponiendo al punto de calor en que el plástico se deforma de manera permanente en el punto de calor	\$10
	JESLA BETHAGO Y JIVANAL COBARI	OPCIÓN DE GRADO	MOLEADO CON PPT DESBETADO	Se diseñó un sistema de integración del material y con eso hecho esto se lava a una temperatura de 200 °C lo cual se lava su material	no determinado
	GERALDINE BERNARDEZ	PRÁCTICA PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN	SILICONA LIQUIDA	se prueba adherencia con el material, luego se prueba de la calidad con el agua y de adherencia, también se prueba de la adherencia adherencia en las juntas	\$ 8.000
SEMIESTRO 2019-00	CRISTIAN ROLA, VIVIANA ROLDAN, HANRY OSORIO	PRÁCTICA PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN Y VOLUNTARIO	TRAZA DE INCHOS Y COBERTAS LAS TIRANES DE LAS BOTELLAS	se usó el fondo interno de la botella de plástico (la cual, por lo común, es de plástico) y se usó el fondo interno de la botella de plástico	\$ 5.400
	NATALY ROLDAN Y PABLO VALERO	PRÁCTICA PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN	SUPER BONDING, SILICONA Y DINTA DORADA	Se usó el fondo interno de la botella de plástico (la cual, por lo común, es de plástico) y se usó el fondo interno de la botella de plástico	\$ 5.000
	LUISA RODRÍGUEZ, PAULA BERNARDEZ	VOLUNTARIO Y PRÁCTICA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL	SUPER BONDING, COLEADORA PVC Y AMARRES DE COBERTAS	se fabrica el agua brando la adherencia de PVC se usa en otras maneras y se adherencia para el uso de las canaletas de recolección	\$ 5.700

Elaboración propia

Estas alternativas se fabrican con botellas plásticas de 2,5 L y 3 L las cuales tienen la capacidad de transportar el caudal a trabajar, es decir, tener en cuenta que la sección de la botella no se llene completamente y evitar su rebose, además se garantice la impermeabilidad y la recolección adecuada del agua.

## DISCUSIÓN

Los resultados de la tabla 1 muestran los costos de los materiales empleados por metro lineal de la canaleta sin tener en cuenta la mano de obra ni las horas hombre en su proceso de fabricación, pero es claro que estos costos son viables comparados con el costo por metro lineal de la canaleta Amazona (PAVCO, 2014) de \$18.316 pesos aunque se abre la posibilidad de evaluación de la durabilidad constructiva del sistema, estos costos de horas hombre y mano de obra pueden tomarse como 0 siempre y cuando la comunidad beneficiaria sea la fabricante del sistema.

El método evaluativo de los materiales de pega desarrollados en el primer semestre de 2019 por los estudiantes del programa de ingeniería civil permitió descartar muchos de éstos debido a que se sometieron a pruebas de resistencia en períodos largos de tiempo y no funcionaron adecuadamente en condiciones de intemperie lo cual conlleva a seguir valorando las alternativas medidas con costos de fabricación para así determinar en mejor medida su relación de costo beneficio.

Una oportunidad de mejora diagnosticada a partir de este proceso de investigación se relaciona con la durabilidad del sistema que continúa con su evaluación además de la adaptabilidad a climas variados, para este caso se proyecta su implementación en la vereda San Jorge del municipio de Zipaquirá, Cundinamarca, Colombia e incluso en Girardot, Cundinamarca, Colombia o en Carmen de Apicalá, Tolima, Colombia, sitios en los cuales la comunidad ha mostrado interés en la implementación de estos sistemas.

El grado de comprensión y de lenguaje simple que debe contener la cartilla o manual guía de fabricación garantizará el éxito de que los sistemas sean replicados en las comunidades previamente mencionada, es por esto que el proceso evaluativo de la fabricación y acompañamiento al desarrollo del mismo continúa ya que se desea tener varios sitios de evaluación y puesta en marcha de la recolección con material PET.

## CONCLUSIONES

Tomando como procedimiento el cálculo de caudal bajo el método racional la cuantificación de agua lluvia y la sección hidráulica permite la idea de usar las botellas plásticas PET de gaseosa 2,5 L y de 3 L siendo viable como elemento de construcción de sistemas de agua lluvia debido a soportar la capacidad hidráulica necesaria.

En la selección del material para trabajar es importante que las botellas tengan la menor deformación posible, es decir, su separación en la

fuerza se debe hacer en forma adecuada tratando de no dañar su forma, su tamaño ni su geometría para garantizar su uso sea el acorde a las determinantes planteadas en este documento.

Como alternativa de aprovechabilidad tanto del agua lluvia como de los residuos sólidos plásticos el proyecto tiene la viabilidad suficiente para continuar en su proceso de desarrollo debido a que la producción de plásticos continúa, el aprovechamiento del agua lluvia es escaso y la accesibilidad al agua es un problema el cual se debe enfrentar de maneras creativas dando soluciones prácticas, accesibles y trabajables para comunidades rurales o incluso urbanas

## Referencias

- CEPAL. (2018). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40155-la-agenda-2030-objetivos-desarrollo-sostenible-oportunidad-america-latina-caribe>
- Domènech, L., & Saurí, D. (2011). A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): Social experience, drinking water savings and economic costs. *Journal of Cleaner Production*, 19(6–7), 598–608. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.010>
- García Puentes, C. D., Montaña Santana, J. F., & Pérez Rodríguez, C. A. (2019). Aprendizaje Basado En Proyectos Para El Desarrollo Comunitario, Una Experiencia En La Formación De Ingenieros Civiles. *REVISTA CONRADO*, 15(1), 130–134. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ghimire, S. R., Johnston, J. M., Ingwersen, W. W., & Sojka, S. (2017). Life cycle assessment of a commercial rainwater harvesting system compared with a municipal water supply system. *Journal of Cleaner Production*, 151(1), 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.025>
- Guerra, A., Rodríguez-Mesa, F., González, F. A., & Ramirez, M. C. (2017). *Aprendizaje basado en problemas y educación en ingeniería: panorama latinoamericano*. Colombia: Aalborg Unity Press
- Martínez, F. H. (2017). *Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso Manual de capacitación para la participación comunitaria*. Recuperado de <https://solucionespracticas.org.pe/Descargar/581/5166>
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2016). *Título D: Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Recuperado de [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO\\_D.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO_D.pdf)
- MONTERO, J. S. (2016). *ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS COMO ALTERNATIVA EN EL AHORRO DE AGUA POTABLE EN VIVIENDAS* (grado). Universidad Santo Tomás de Aquino, Bogotá D.C, Colombia

- PAVCO. (2014). *Manual técnico de canales y drenajes*. Recuperado de <https://pavcowavin.com.co/manuales-tecnicos>
- Pérez Rodríguez, C. (2019). *Proyecto gestión del recurso hídrico*. Recuperado de <https://www.corpocesar.gov.co/files/Plantilla%20proyectos%20-%20Gestion%20de%20recursos%20hidricos%20V.2.pdf>
- Pérez Rodríguez, C. A. (2019). Design of rainwater collection systems, a commitment to conservation. *Espirales Revista Multidisciplinaria de Investigación*, 3(28), 21–31. <https://doi.org/10.31876/er.v3i28.573>
- Ramírez, A., Navarro, L. G., & Conde Acevedo, J. (2010). Degradación química del poli(etilen tereftalato). *Revista Colombiana de Química*, 39(1), 1–10.
- Rios, I., & Rios, J. (2018). *Diseño de un Sistema de Captación, Conducción y Almacenamiento de Agua Lluvia Para Uso en Labores de Limpieza Doméstica en la Finca El Bosque De San Juanito Municipio de Zipaquirá*. Cundinamarca.
- Rodriguez-Mesa, F.; Kolmos, A.; Guerra, A. (2017). Aprendizaje basado en problemas en ingeniería. *Inventio*, 1(1), 47-55