

**Evaluación del Sistema de Captación de Agua Lluvia implementado en un proyecto
de Construcción**

Arq. Carolina Molina Gómez

Ing. Pablo Augusto Ortiz López

Especialización en Gerencia de Proyectos

Corporación universitaria Minuto de Dios

NRC: 41-56395

Investigación I-II

Asesora

PhD Olga Lucia Duque Carvajal

Director de Tesis

Mg. Daniel Ricardo Montoya Zuluaga

Agosto 26 2023

Contenido

1.	Resumen.....	10
	Abstrac	11
2.	Introducción	12
3.	Planteamiento del problema.....	14
	Pregunta de investigación	16
4.	Objetivos.....	17
	Objetivo General.....	17
	Objetivos Específicos.....	17
5.	Justificación	18
6.	Limitaciones.....	20
7.	Marco de Referencia.....	21
	Marco Teórico.....	21
	Marco Conceptual.....	23
	La Captación	23
	Beneficios del aprovechamiento de agua lluvia.....	26
	Marco Legal	29
	Objetivo de Desarrollo Sostenible ODS 6	29
	Constitución Política de la República de Colombia 1991	30
	Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.....	31

Resolución 0330 de 2017, Reglamentación Técnica del sector de Agua Potable y Saneamiento básico - RAS.....	32
Resolución 0844 de 2018 “Por la cual se establecen los requisitos técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo los esquemas diferenciales”.....	32
Resolución 501 de 2017.....	33
CONPES 3934 DE 2018 “Política de crecimiento verde”. 10 de julio de 2018.....	33
CONPES 4004 DE 2020 “Economía circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales”. 28 de septiembre de 2020	34
Ley 373 de 1997. Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua	34
Icontec 4576 Desinfección de instalaciones de almacenamiento de agua potable ...	35
Icontec 1500 Código Colombiano de fontanería NTC 1500	35
Antecedentes	36
La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente	36
Diseño de un modelo de captación y distribución de aguas lluvia en baterías sanitarias	37
Evaluación del sistema de captación y aprovechamiento del agua lluvia implementado en el Aeropuerto Internacional El Dorado de Bogotá.....	38
Recolección y aprovechamiento de aguas pluviales, mediante Sistemas de recolección	39
Guía para el diseño de captación, recolección y aprovechamiento de aguas lluvias orientado a conjuntos residenciales.	40

Investigación Para La Implementación De Un Sistema De Captación Y Reutilización De Aguas Lluvias En El Conjunto Residencial Campo Alegre El Dorado En Ricaurte Cundinamarca.....	41
Captación y uso de agua lluvia en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia mediante un modelo físico de recolección de agua.....	42
Medición y caracterización de la calidad del agua lluvia de escorrentía en cubierta para el diseño de un sistema de aprovechamiento implementado a descargas en la Institución Educativa Municipal Nuevo Horizonte de Girardot, Cundinamarca, sede principal, bloque B.....	42
Propuesta Y Evaluación De Un Sistema De Aprovechamiento De Agua Lluvia En La Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Sede Bosa Porvenir, Como Alternativa Para El Ahorro De Agua Potable	44
Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias....	45
8. Sistema De Hipótesis	47
Hipótesis Nula.....	47
El Sistema de Captación de Agua Lluvia implementado en un proyecto de construcción demuestra una diferencia significativa en términos de eficacia y beneficios en comparación con las fuentes de agua convencionales, demostrando su viabilidad y ventajas en la gestión de recursos hídricos en la construcción.	47
9. Marco Metodológico.....	48
Enfoque y tipo.....	48
Diseño	49

Población.....	49
Participantes y Muestra.....	50
10. Técnicas e Instrumentos de Investigación	51
11. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	52
Cálculo de precipitaciones en el sector.....	52
Cálculo de Captación de aguas lluvias por mes.....	52
Cálculo de Consumo de agua de la batería sanitaria.....	53
Eficiencia del sistema de recolección de aguas lluvias.....	55
12. Recursos.....	56
Sistema de captación de aguas lluvias	56
Recursos materiales	57
Área de captación.....	57
Tanque de almacenamiento.....	58
Recolección y traslado del agua pluvial.....	59
Dimensionamiento bajantes aguas lluvias	60
Diseño y dimensión de la tubería para el transporte de aguas pluviales.....	61
13. Resultados.....	62
Consumos de agua generados por baterías sanitarias	62
Cantidad de agua captada por el sistema de captación de aguas lluvias.....	63
Ahorro y disminución del consumo de agua.....	64
14. Conclusiones.....	66

15.	Cronograma de actividades.....	67
16.	Anexos	68
17.	Referencias Bibliográficas.....	71

Lista de Tablas

Tabla 1	32
Tabla 2	34
Tabla 3	53
Tabla 4	54
Tabla 5	61
Tabla 6	61
Tabla 7	63
Tabla 8	64

Lista de figuras

Figura 1	15
Figura 2	23
Figura 3	30
Figura 4	50
Figura 5	58
Figura 6	59
Figura 7	60
Figura 8	65

Lista de anexos

Anexo 1. Formato de consentimiento informado.	68
Anexo 2. Formato de recolección de información captación de agua lluvia.	69
Anexo 3. Formato de reporte diario de ingresos y descargas del sanitario de estudio.	70

1. Resumen

El presente proyecto investigativo busca evaluar y verificar el funcionamiento del sistema de captación de aguas lluvias implementado en el proyecto de construcción Icarú desarrollado en el sector de bosques de Niza de la ciudad de Manizales, con el propósito de identificar si el agua captada es suficiente para abastecer la batería sanitaria y reflejar la disminución del consumo de agua potable del acueducto de la región. Se utilizó el tipo de investigación cuantitativo de carácter no experimental tomando datos en campo del consumo del recurso hídrico generado por parte de los colaboradores y revisión de datos de la cantidad de lluvia registrada por la estación meteorológica Tesorito La Finca del IDEAM cercana al sector.

Se analizó la información suministrada por el IDEAM en cuanto al reporte de las precipitaciones mensuales registradas, se determinó la cantidad de agua consumida por la batería sanitaria en función de los ingresos de la población muestra, se verificaron las fichas técnicas de los elementos del sistema, se tabuló la información para tener como resultado la identificación de los niveles de captación de aguas lluvias para suplir la demanda de consumo de los colaboradores y el porcentaje de agua aprovechada por un servicio sanitario reflejando la disminución del consumo de agua potable por parte del proyecto de construcción, esto con el fin de empezar a implementar en el sector de la construcción estrategias que vayan de la mano con las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible-ODS 6 en cuanto a gestión sostenible del agua.

Palabras Claves: Aguas lluvias, Aprovechamiento, Consumo de Agua, Sistema de Captación, Baterías Sanitarias.

Abstrac

This research project seeks to evaluate and verify the operation of the rainwater harvesting system implemented in the Icarú construction project developed in the Niza forest sector of the city of Manizales, with the purpose of identifying if the water collected is sufficient to supply the sanitary battery and reflect the decrease in drinking water consumption from the region's aqueduct. The type of quantitative research of a non-experimental nature was used, taking field data on the consumption of the water resource generated by the collaborators and reviewing data on the amount of rain recorded by the IDEAM Tesorito La Finca weather station close to the sector.

The information provided by the IDEAM regarding the monthly rainfall report was analyzed, the amount of water consumed by the sanitary battery was determined based on the income of the sample population, the technical sheets of the system elements were verified, The information was tabulated to result in the identification of the levels of rainwater collection to meet the consumption demand of the collaborators and the percentage of water used by a sanitary service, reflecting the decrease in the consumption of drinking water by the project. construction, this in order to begin to implement strategies in the construction sector that go hand in hand with the goals of the Sustainable Development Goals-SDG 6 in terms of sustainable water management.

Keywords: Rainwater, Exploitation, Water Consumption, Capture System, Sanitary Batteries.

2. Introducción

La creciente demanda de recursos hídricos en la industria de la construcción ha avivado una creciente preocupación en torno al uso eficiente y sostenible del agua. La fase de construcción de edificaciones, infraestructuras y proyectos de desarrollo requiere un volumen considerable de agua, la cual se destina a una variedad de actividades, incluyendo la producción de concreto, la limpieza de herramientas y áreas de trabajo, el riego, el consumo personal y otras más. Además, en los campamentos provisionales donde convergen oficinas, alojamientos, acopio de materiales y baterías sanitarias temporales, el suministro constante de agua resulta fundamental.

En este contexto, el recurso del agua pluvial se ha erigido como una alternativa valiosa y utilizable para aquellas actividades que no requieren de agua potable. Es precisamente en este escenario que el presente estudio encuentra su razón de ser, focalizándose en la evaluación del sistema de captación de agua lluvia implementado en el proyecto de construcción Icarú, localizado en el barrio Bosques de Niza de la ciudad de Manizales.

La etapa de construcción de edificios y proyectos de desarrollo demanda una cantidad significativa de agua, la cual con frecuencia proviene de fuentes convencionales. No obstante, esta práctica aumenta la presión sobre los recursos hídricos limitados y contribuye al impacto ambiental. Como respuesta a esta problemática, han sido implementados sistemas de recolección de agua lluvia como estrategia para la conservación y uso racional del agua. Estos sistemas ostentan el potencial de abastecer diversas actividades, entre ellas el suministro de baterías sanitarias provisionales.

El objetivo general de este estudio radica en la evaluación de la eficiencia y efectividad del sistema de captación de agua lluvia implementado en el proyecto de construcción Icarú, con una atención especial en su capacidad para proveer de agua a las baterías sanitarias y así reducir la demanda de agua potable. La justificación de este estudio encuentra sus fundamentos en la coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), cuyo objetivo es garantizar que el agua sea accesible para todos y se gestione de manera sostenible. También tiene como objetivo contribuir a las medidas de ordenamiento territorial del país y la gestión eficaz de los recursos hídricos, según lo estipulado en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.

El marco de referencia abarca los conceptos y enfoques relacionados con la captación de aguas pluviales, resaltando su importancia para la sostenibilidad hídrica en diversos contextos. Se examinan investigaciones previas acerca de sistemas de recolección y almacenamiento de agua pluvial en proyectos urbanos, rurales e industriales, destacando sus beneficios y retos técnicos. Además, se considera la normativa actual y las regulaciones que incentivan la utilización eficiente del agua pluvial en diferentes países.

La metodología empleada en esta investigación se apoya en un enfoque cuantitativo no experimental. Los datos fueron recolectados en campo y se consultaron registros históricos para evaluar la eficacia del sistema de captación de agua lluvia. El proyecto de construcción en Bosques de Niza fue seleccionado como muestra, y se evaluó la correlación entre el volumen de precipitación y el almacenamiento de agua en relación con la demanda de las baterías sanitarias.

3. Planteamiento del problema

Durante la fase de construcción de edificios, obras de infraestructura y otros proyectos de desarrollo se utiliza gran cantidad de agua, este elevado consumo se destina para diversas actividades como en la producción del concreto, la limpieza de herramienta y áreas de trabajo, agua de curado de los concretos, riego, consumo de los colaboradores, entre otros, así como los campamentos provisionales donde se agrupan las oficinas, los alojamientos del personal, acopio de materiales y las baterías sanitarias cuya cantidad a instalar depende del número de trabajadores contratados, siendo uno de los servicios que siempre requiere del suministro de agua para su normal funcionamiento.

El agua lluvia es un recurso aprovechable para muchas actividades que no requieren que esté potabilizada, fue usada por el proyecto de construcción donde se realizó la investigación como abastecimiento de las baterías sanitarias del personal administrativo durante el tiempo de ejecución de la obra y como lo indica Torres (2019), “la literatura que aborda este tema es amplia y reporta fines tales como: cisternas de inodoros, riego de áreas verdes, limpieza de pisos, lavado de vehículos, contra incendios y lavado de ropa” (p. 127), es por eso que con la implementación de un modelo de captación y recolección de agua lluvia se pudo evaluar la factibilidad de este sistema, analizar en qué medida logró abastecer la demanda generada por el personal que hizo uso de este servicio y verificar si su implementación generó una disminución en el consumo de agua potable proveniente de las fuentes de abastecimiento.

En las obras de construcción se hace indispensable capacitar al personal sobre el uso racional del recurso con el fin de minimizar el desperdicio durante todas las etapas del proceso constructivo, se precisan estrategias de gestión del agua al interior de las constructoras y la

concientización acerca de cómo reducir la huella hídrica generada por la cadena de valor alrededor de la construcción, ver figura 1.

Figura 1

Espina de pescado



Figura 1. Elaboración propia a partir del planteamiento del problema frente al alto consumo de agua potable por el sector de la construcción.

La investigación se desarrolló en el Conjunto Cerrado Icarú, ubicado en el barrio Bosques de Niza durante el tiempo de construcción de la Torre 1 de éste proyecto, sin embargo se cuenta con 18 meses de ejecución adicional correspondientes a la etapa de construcción de la Torre 2 para poder evaluar la eficiencia del sistema de recolección, verificar en qué medida logra suplir la demanda generada por el uso de los servicios sanitarios puestos en funcionamiento y promover practicas sostenibles en cuanto a la gestión del agua dentro de las obras de construcción.

Pregunta de investigación

Las obras de construcción por su naturaleza hacen uso de gran cantidad de agua proveniente del acueducto de cada región, y lograr la eficiencia en cuanto a su consumo implica el uso racional del recurso, dado que el agua es un recurso finito, su conservación se vuelve crucial para garantizar que haya suficiente para las generaciones futuras y para sustentar los ecosistemas. Para ello se han venido implementando sistemas de recolección de aguas lluvias como estrategias de compensación buscando la disminución del consumo de agua potable en actividades que no requieren que el agua sea tratada, como en las baterías sanitarias de uso provisional por parte del personal administrativo de la obra de construcción ubicada en el barrio Bosques de Niza de la ciudad de Manizales.

¿Cuál es la eficiencia del sistema de captación de agua lluvia implementado como abastecimiento de las baterías sanitarias del proyecto de construcción ubicado en el sector de Bosques de Niza en la ciudad de Manizales?

4. Objetivos

Objetivo General

Evaluar la eficiencia del sistema de recolección de agua lluvia implementado en el proyecto de construcción Icarú, ubicado en el barrio Bosques de Niza como abastecimiento de las baterías sanitarias para la disminución del consumo de agua potable por medio de la determinación de los volúmenes de precipitación y el almacenamiento de la mayor cantidad posible de agua.

Objetivos Específicos

Identificar los consumos de agua generados por baterías sanitarias en el proyecto de construcción Icarú, ubicado en el barrio Bosques de Niza para la comprensión de la demanda del recurso hídrico.

Estimar el volumen de agua que puede ser captado por la superficie destinada para ésta investigación, en este caso la terraza de los parqueaderos construidos para el proyecto de construcción Icarú, ubicado en el barrio Bosques de Niza.

Determinar si el sistema de captación implementado en el proyecto de construcción Icarú, ubicado en el barrio Bosques de Niza refleja un ahorro en el consumo de agua potable.

5. Justificación

El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 tiene un elemento constitutivo y el primero dentro de su estructura llamado El ordenamiento del territorio alrededor del agua y justicia ambiental, con el que busca que Colombia aborde el Ordenamiento territorial en torno al agua en pro de una eficiente gestión del recurso hídrico y la adaptación al cambio climático, alineando estos esfuerzos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS 6 Agua limpia y saneamiento, cuyo fin es garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, consecuentes con el objetivo 6.4 que apunta de aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores. Naciones Unidas, (ONU, 2015).

Al referenciar diferentes investigaciones que se ajustaron a los parámetros de la investigación en curso se encontró que uno de ellos es el proyecto de investigación de Caicedo D., Loaiza M., Mahecha M., Martínez R. aspirantes a Especialistas en Gerencia de Proyectos de la Universidad Piloto de Colombia (2022), nombrado Diseño de un modelo de captación y distribución de aguas lluvia en baterías sanitarias, con el que buscaron dirigir esfuerzos para la optimización del uso de un recurso finito mediante el diseño de un sistema que les permitiera captar, almacenar y utilizar el agua lluvia de las edificaciones de vivienda con la meta de no desperdiciar el agua potable en actividades que no requerían que fuera tratada.

El enfoque de la investigación se centró en verificar si el sistema de captación y almacenamiento implementado como alternativa de aprovechamiento de agua lluvia en el proyecto de construcción Icarú, en el barrio Bosques de Niza como abastecimiento de las baterías sanitarias del área administrativa lograría abastecer la demanda de agua generada. La factibilidad de este sistema se traduce entonces en la obtención de beneficios ambientales al estar

alineados con la ODS haciendo uso responsable y eficiente de este recurso, pudiendo quizás lograr replicar este sistema en cualquier proyecto de construcción a través de prácticas sostenibles en función de la gestión del agua en el sector de la construcción.

6. Limitaciones

Las limitaciones fueron evaluadas en función de la puesta en marcha del sistema, la toma de datos en campo y la revisión de datos extraídos de fuentes externas, dando como resultado las restricciones acá descritas en el orden en que se fueron generando.

Una restricción que se contempló al momento de dar inicio al proyecto de investigación fue que la constructora encargada de realizar el proyecto de construcción en Bosques de Niza no permitiera el desarrollo de la investigación en este lugar específico impidiendo la construcción del sistema de almacenamiento y conducción, afectando la ejecución del proyecto planteado, esto debido a que se haría dentro de las instalaciones de la obra de construcción y se requería del ingreso para la verificación de los consumos.

Teniendo presente que a los colaboradores del área administrativa de la obra en construcción que hicieron uso de la batería sanitaria objeto de investigación se les requirió de manera personal el permiso para la toma de datos con fines estadísticos, presentaron al inicio del ejercicio señales de rechazo debido a que se sentían vigilados, sin embargo aceptaron participar en el caso de estudio y finalmente tuvieron la disposición de colaborar con la información que se les pidió, siendo esta la toma de datos específicos acerca de la cantidad de veces que hacían uso del servicio sanitario. La limitación principal que se tuvo en el proyecto fueron las temporadas de pocas precipitaciones de agua lluvia en el sector, impidiendo captar la cantidad necesaria de aguas lluvias para el óptimo funcionamiento de la batería sanitaria. En los meses de mayo, junio y julio del presente año, se presentó el fenómeno del niño el cual generó una temporada de altas temperatura y poca pluviosidad en el sector dificultando la captación de aguas lluvias y minimizando la cantidad de agua aprovechable para el abastecimiento del sistema sanitario.

7. Marco de Referencia

El presente marco referencial explora los conceptos y procesos de captación de aguas lluvias, enfocándose en su importancia para la sostenibilidad hídrica en diversas aplicaciones y actividades comerciales. Se analizan enfoques previos de recolección y almacenamiento de agua de lluvia en contextos urbanos, rurales y proyectos relacionados con captación de aguas lluvias en sectores industriales y comerciales, resaltando su eficiencia en la reducción de la demanda de agua potable de cuerpos hídricos locales. Se basa en antecedentes y conceptos tecnológicos, sistemas de captación y evaluaciones de proyectos previos, así como sus ventajas y desafíos técnicos. Además, se considera la normativa vigente, normas técnicas y leyes que incentivan el uso de aguas lluvia en diferentes países. Este marco referencial busca proporcionar una base sólida para comprender y evaluar el potencial de los sistemas de captación de agua lluvia en el ámbito de la investigación propuesta.

Marco Teórico

La expansión acelerada de la población y por ende de la construcción ha provocado que este sector sea un consumidor insaciable de agua dulce con un impacto del 12% sobre el gasto mundial según reporte de la Cámara Colombiana de la construcción CAMACOL, es por esto que hoy en día los procesos de construcción enfatizan cada vez más en la implementación de medidas sustentables con el fin de minimizar el impacto en el medio ambiente en la fase de construcción como en la operación de las edificaciones, por tal motivo la atención se centra en el tratamiento eficiente del agua y la facilidad del uso, de tal forma que se trata de usar la cantidad mínima de fuentes tradicionales que suministran tan preciado recurso. (Reyes & Rubio 2014).

La captación de agua de lluvia constituye una solución para el abastecimiento de agua ya que se ha convertido en una medida amigable, económica y ecológica en la gestión de agua urbana, (Hyoungjun, et al., 2012) y es así como se encuentran varios sistemas de almacenamiento de agua de lluvia, desde los sistemas más tradicionales, como tanques de mampostería, PVC, hormigón, hasta los sistemas más avanzados, como el sistema AquaCell. (PAVCO, 2014) que permiten implementar rápidamente estrategias de aprovechamiento y ponerlas en funcionamiento de manera práctica y eficiente.

En cuanto a sistemas de conducción del agua recolectada hasta el tanque de almacenamiento, existen tuberías de PVC ya que son materiales livianos, impermeables y fáciles de conectar mitigando la pérdida del líquido, aunque en algunos casos se han utilizado materiales como la madera, bambú, hormigón o ciertos metales que no son corrosivos (Barreto & Barbosa 2022). Para el sistema implementado en la obra Icarú se utilizaron materiales de uso común en las obras de construcción, así las tuberías de PVC sanitarias fueron empleadas para la conducción del agua lluvia del área de captación al tanque de recolección y almacenamiento y la tubería PVC presión para la conducción del líquido del tanque al aparato sanitario donde tendría su destinación final.

Un punto importante que también puede ser tomado en cuenta al momento de gestionar estrategias de aprovechamiento de agua lluvia, es buscar su aplicación en comunidades que tienen déficit en cuanto a sistemas de saneamiento, ya que según estimaciones de la Organización Mundial de la salud para el año 2020 alrededor de 1700 millones de personas seguían sin tener acceso a servicios básicos de saneamiento, como inodoros.

Marco Conceptual

Para los fines de esta investigación se debe primero entender el concepto de agua lluvia como el agua producida por la precipitación natural, un fenómeno atmosférico en el que el agua cambia su estado físico y pasa por diversos ambientes como lo indica la figura 2.

En un lugar determinado, el agua pluvial urbana es agua de lluvia que no penetra en el suelo y se escurre por las calles, bajantes de edificios, arroyos, pequeñas cuencas, alcantarillados y otras superficies (Robles & Moreno 2022).

Figura 2

Ciclo de vida del agua

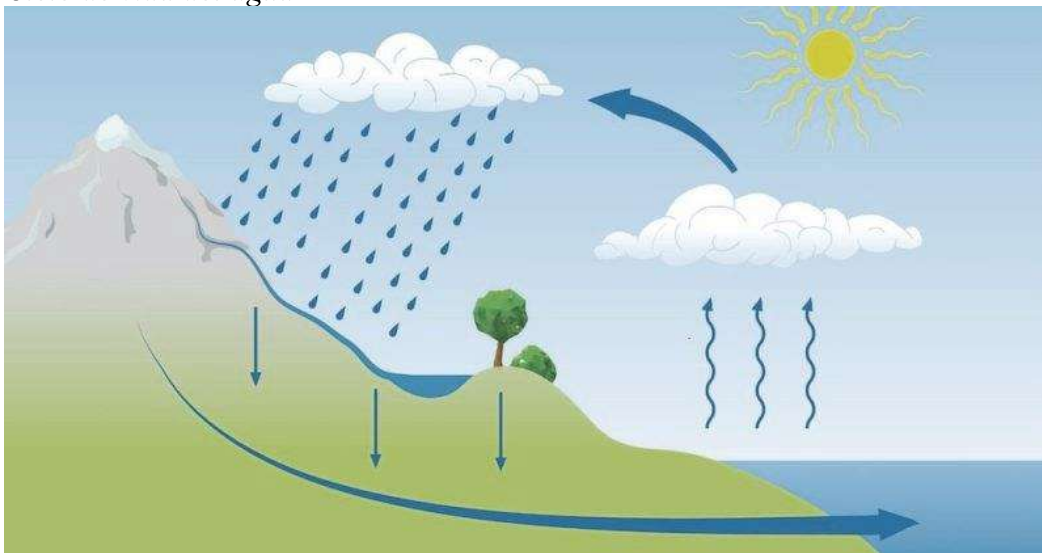


Figura 2. Ciclo hidrológico del agua. Enciclopedia Conceptos, 2013-2023.

La Captación

Es el conjunto de estructuras necesarias para tomar el agua de una fuente de abastecimiento (Robles & Moreno 2022) o bien del agua lluvia que cae sobre una superficie construida para tal fin llamada área de captación, conduciéndola al lugar de almacenamiento de agua conocido como el proceso o técnica que nos permite guardar de forma indefinida el recurso

natural como lo es el agua, mediante pozos, tanques de almacenamiento, o tubería en diferentes materiales. (Rodríguez 2001).

Para conducir el agua recogida a su destino puede hacerse mediante un dispositivo mecánico llamado motobomba capaz de llevar el líquido de un lugar a otro absorbiéndolo e impulsándolo, aunque si se tiene la posibilidad, el agua puede abastecer los aparatos por gravedad siempre y cuando estos tanques de abastecimiento estén construidos a cierta altura.

Los sistemas de captación de agua de lluvia son prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente ya que consisten en recoger y almacenar agua de lluvia para diversos usos, reduciendo la dependencia de las fuentes de agua tradicionales. Estos sistemas se han utilizado durante siglos y se están volviendo cada vez más populares tanto en las áreas rurales como urbanas, debido a sus numerosos beneficios que incluyen la conservación del agua, la reducción de la escorrentía de aguas pluviales y la recarga de aguas subterráneas.

Hay varios componentes y métodos involucrados en los sistemas de captación de agua de lluvia y que se describen a continuación:

Superficie de captación. Es la zona donde se recoge el agua de lluvia. Las superficies de captación comunes incluyen techos, áreas pavimentadas como caminos de acceso o pasarelas, e incluso superficies naturales como colinas o valles. Para el caso de la investigación se tuvo como superficie de captación la terraza del edificio de parqueaderos conformada por una losa de concreto con pendiente hacia las rejillas de piso conectadas a la tubería de captación del agua. Se aconseja evitar la captación de agua de lluvia de las aceras y carretera para su posterior aprovechamiento, debido al elevado nivel de contaminación que suelen tener. Sin embargo, en caso de ser imprescindible captar estas aguas pluviales, se debe contar con una instalación de

tratamiento específica, como filtros que sean capaces de eliminar o contener las impurezas presentes en las aguas captadas. (Bejarano 2023).

Canalones y tanques de almacenamiento. Estos elementos se utilizan para canalizar el agua de lluvia desde la superficie de captación hasta el sistema de almacenamiento. Las canaletas generalmente se instalan a lo largo de los bordes de los techos y los bajantes dirigen el agua desde las canaletas hacia el tanque de almacenamiento. El agua de lluvia recolectada se almacena en un tanque o cisterna. Los tanques pueden estar hechos de varios materiales, como plástico, hormigón o metal, y su capacidad puede variar según las necesidades y el espacio disponible. (Reyes & Rubio 2014).

Protectores de hojas y filtros. Se emplean con el propósito de prevenir la entrada de residuos, hojas y otros agentes contaminantes dentro del depósito de almacenamiento. El mantenimiento de la limpieza del agua ostenta una importancia fundamental en múltiples aplicaciones, tales como el abastecimiento de agua potable o el riego de áreas verdes. En el caso del agua de lluvia destinada al consumo humano, se requiere la implementación de enfoques adicionales para su filtración y purificación, haciendo uso de dispositivos como filtros de sedimentos, sistemas de carbón activado y la aplicación de la esterilización ultravioleta. Todo ello busca garantizar que el agua alcance los niveles necesarios de seguridad para su ingesta. En aras de elevar la calidad del agua, se recurre a mecanismos desviadores en la descarga inicial. Estos elementos desvían el flujo inicial de agua, que podría contener elementos contaminantes, lejos del depósito de almacenamiento, asegurando de este modo que solo el agua de lluvia más purificada acceda al interior del tanque. (Mielo 2018).

Beneficios del aprovechamiento de agua lluvia

Los usos del agua de lluvia recolectada de estos sistemas pueden variar desde aplicaciones no potables como riego y descarga de inodoros, hasta usos potables como beber, cocinar y bañarse, según la calidad del agua obtenida y los procesos de tratamiento en el lugar. La recolección de agua de lluvia ofrece varios beneficios, incluida la reducción de la presión sobre las fuentes de agua existentes, la promoción de la autosuficiencia, la reducción de la escorrentía de aguas pluviales y la conservación de energía al reducir la demanda de suministro y tratamiento de agua municipal. Es un enfoque sostenible para la gestión del agua, especialmente en áreas con recursos hídricos limitados o que enfrentan desafíos de escasez de agua.

La reutilización del agua de lluvia ofrece numerosos beneficios, tanto desde una perspectiva ambiental como práctica. Aquí hay algunas razones convincentes por las que la reutilización del agua de lluvia es ventajosa:

Conservación del agua. La reutilización del agua de lluvia contribuye a la disminución de la demanda ejercida sobre las fuentes de agua convencionales, tales como los sistemas de acueducto regionales y las reservas de agua subterránea y superficial. Esta medida cobra especial relevancia en aquellas áreas que se encuentran confrontando escasez hídrica o experimentando condiciones de sequía. Al llevar a cabo la recolección y reutilización del agua pluvial, se logra una gestión más eficiente de los recursos hidrológicos, fomentando al mismo tiempo prácticas sostenibles que garantizan la resiliencia del suministro hídrico en las venideras etapas. (Torres 2019).

Reducción de la escorrentía de aguas pluviales. La escorrentía tradicional de aguas pluviales puede transportar contaminantes de las carreteras y los techos a los cuerpos de agua locales, lo que afecta negativamente la calidad del agua. La reutilización del agua de lluvia

disminuye el volumen de escorrentía y la contaminación asociada, lo que ayuda a proteger el medio ambiente y los ecosistemas. La recolección de agua de lluvia puede ayudar a reducir el impacto de las fuertes lluvias y prevenir inundaciones en áreas urbanas. Al capturar agua de lluvia y usarla en el sitio, menos agua ingresa a los sistemas de aguas pluviales, lo que reduce el riesgo de sobrecargar los sistemas de drenaje durante tormentas intensas. (Pérez 2021).

Resistencia a la sequía. Durante los períodos de sequía, los sistemas de recolección de agua de lluvia pudieron haber ayudado a mantener la disponibilidad de agua para usos esenciales, aun cuando las fuentes de agua tradicionales eran escasas o estaban restringidas. La recolección de agua de lluvia ofreció un nivel de autosuficiencia, dado que las personas, los hogares y las comunidades pudieron haber dependido del agua de lluvia recopilada para satisfacer necesidades específicas, lo que habría reducido su dependencia de los servicios de agua centralizados. (Torres 2019).

Construcción ecológica y certificación LEED. La implementación de sistemas de recolección de agua de lluvia desempeñó un papel crucial en la obtención de certificaciones de construcción ecológica en el pasado, como el reconocido Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental, el cual fomentó la edificación y operación con conciencia ambiental. En aquel entonces, la captación y el aprovechamiento del agua pluvial aportaban un importante valor a la sostenibilidad del entorno construido. El tratamiento y bombeo de agua para el consumo humano había requerido una notable cantidad de energía en ese momento. Sin embargo, al reutilizar el agua de lluvia con fines no potables, se lograba un ahorro significativo en términos energéticos, al tiempo que se reducía la huella de carbono global asociada a los sistemas de abastecimiento y tratamiento de agua. La utilización de agua de lluvia en tareas como el riego de plantas, el desecho de inodoros o el lavado de vehículos había tenido un impacto palpable en la disminución

de las facturas de agua. Estos beneficios eran particularmente valiosos tanto para los hogares como para las empresas, y se extendían de manera positiva hacia sectores como la agricultura y el diseño paisajístico. En retrospectiva, la integración de la recolección de agua de lluvia había demostrado ser una estrategia eficaz en la búsqueda de un enfoque más sostenible en el uso de los recursos hídricos. (LEED 2023)

Marco Legal

El agua es esencial y como lo indica la ONU “El agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía, la producción de alimentos, los ecosistemas y para la supervivencia de los seres humanos.” Es así como a partir del establecimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el año 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas se hace indispensable propender por el cumplimiento la Agenda 2030 en el marco de desarrollo global de los 17 objetivos expuestos en la figura 3, que buscan el crecimiento económico, la inclusión social y la protección del medio ambiente discutidos y generados en consenso por 193 Estados Miembros de la ONU, la sociedad civil y la academia.

Objetivo de Desarrollo Sostenible ODS 6

El objetivo ODS 6 Agua limpia y Saneamiento extraído de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la meta 6.4 Uso de los recursos hídricos y escasez del agua plantea que:

De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua. (Naciones Unidas [ONU], 2015).

Consecuente con el ODS 6 y específicamente con la meta 6.4 se plantea este trabajo de investigación, como una forma de iniciar a mitigar los impactos generados por el sector de la construcción en materia de consumo de agua implementando acciones que aborden de frente la problemática de falta de gestión del recurso, como es el caso de los sistemas de recolección y aprovechamiento de agua lluvia.

Figura 3
Objetivos de Desarrollo Sostenible



Figura 3. Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS 6. Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015)

Constitución Política de la República de Colombia 1991

En el ámbito nacional está como primera medida la Constitución Política de Colombia Título I De Los Principios Fundamentales proclama en el Artículo 8, que “es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación”, así como en el Título III, De Los Derechos colectivos y del Ambiente, Artículo 79 donde confirma su compromiso de preservar la integridad del ambiente y afirma que “El Estado tiene especial deber de protección del agua.”, además el Artículo 80 del mismo título indica que “El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución.” Constitución Política de Colombia [Const.]. Julio de 1991.

Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026

El reto planteado en el actual PND 2022-2026 tiene como primer elemento constitutivo y transformador El ordenamiento del territorio alrededor del agua y justicia ambiental, con el que busca que Colombia aborde el Ordenamiento territorial en torno al agua en pro de una eficiente gestión del recurso hídrico y la adaptación al cambio climático, haciendo un llamado a la cooperación regional, nacional e internacional con el fin de cumplir con el reto planteado en la Agenda 2030. Para esto es necesario reconocer el agua como un derecho fundamental y generar conciencia acerca de la importancia del agua dentro de la transformación social y económica.

Incluye este eje constitutivo un catalizador llamado El agua, la biodiversidad y las personas, en el centro del ordenamiento territorial con el que “ formularán lineamientos para el manejo de aguas lluvias, gestión de escorrentía y los excedentes hídricos urbanos” (Bases Plan Nacional de Desarrollo, 2022-2026), se alinea entonces este trabajo investigativo con el que se buscó a través de un sistema de captación de aguas lluvias, plantear estrategias básicas para la gestión eficiente de este recurso hídrico en función de la compensación que el sector de la construcción debe tener con el medio ambiente.

En el marco de la reglamentación del agua potable y saneamiento básico encontramos la siguiente normativa y en la que se buscaron herramientas para la ejecución de la investigación propuesta y donde se buscaron los lineamientos técnicos que permitieran dar sustento normativo a la implementación del sistema de recolección, conducción y finalmente el aprovechamiento del agua lluvia.

Tabla 1

Normativa RAS vigente

Reglamento	Normativa que lo soporta
RAS	Resolución 330 de 2017 modificada parcialmente por las Resoluciones 799 de 2021 y 908 de 2021
RAS Rural	Resolución 844 de 2018
Reglamento de tuberías y accesorios	Resolución 501 de 2017

Tabla 1. Reglamentación Técnica RAS vigente. Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (MVCT, 2022)

Resolución 0330 de 2017, Reglamentación Técnica del sector de Agua Potable y Saneamiento básico - RAS

En Colombia se cuenta con el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS adoptado mediante Resolución 0330 de 2017 y derogando las actuaciones de la Resolución 1096 de 2000 conocida como RAS 2000. Esta resolución aplica para todas las entidades prestadoras de servicios públicos, entidades públicas y privadas y actualizada en 79 artículos con la Resolución 799 de 2021 donde se encuentra el parágrafo del artículo 54 Tipo de captaciones de agua superficial de la resolución 0330 de 2017 que permite hacer captación de aguas lluvias o combinar sistemas para abastecer de agua potable a una comunidad. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio [MVCT], 2017).

Resolución 0844 de 2018 “Por la cual se establecen los requisitos técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo los esquemas diferenciales”.

En su sección 2, Etapa de planeación, donde hace alusión en el artículo 13 Fases de verificación, que como parte de la caracterización de las fuentes abastecedoras “evaluar la

posibilidad de implementar prácticas como el reúso, la recirculación, el uso de aguas lluvias, control de pérdidas, la reconversión de tecnologías o cualquier otra práctica orientada al uso sostenible del agua”, (Resolución 0844 de 2018).

Resolución 501 de 2017

“Por la cual se expiden los requisitos técnicos relacionados con composición química e información, que deben cumplir los tubos, ductos y accesorios de acueducto y alcantarillado, los de uso sanitario y aguas lluvias, que adquieran personas prestadoras de servicios de acueducto y alcantarillado, así como instalaciones hidrosanitarias al interior de las viviendas y se derogan las resoluciones 1166 de 2006 y 1127 de 2007”, resolución que indica básicamente que requisitos deben cumplir todas las tuberías de acuerdo al uso para el que fueron diseñadas con el fin de que resistan los ataques químicos provenientes de las aguas que estos transportarán.

CONPES 3934 DE 2018 “Política de crecimiento verde”. 10 de julio de 2018

Política alineada con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, tiene como segundo eje que los sectores económicos aumenten la eficiencia y efectividad al momento de hacer uso de los recursos naturales donde se busque minimizar el impacto ambiental generado producto de su desarrollo. Este documento muestra incluso que aunque Colombia tiene una gran disponibilidad del recurso hídrico, su uso es bastante ineficiente por todos los sectores así que se plantea con esta política crear las estrategias para que se haga un uso eficiente del agua en todos los sectores productivos, a través de la promoción del uso responsable del recurso.

CONPES 4004 DE 2020 “Economía circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales”. 28 de septiembre de 2020

Política que pretende brindar herramientas de gestión tanto de aguas residuales como de aguas lluvias con el fin de fortalecer los procesos de reúso y aprovechamiento.

Tabla 2
Evolución de la Normatividad Técnica RAS

Resolución	Objeto	Estado
1096 de 2000	Adoptó el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS	Derogada
424 de 2001	Modificó los artículos 178 y 180 de la Resolución 1096 de 2000	Derogada
0668 de 2003	Modificó los artículos 86, 123, 126 y 210 de la Resolución 1096 de 2000	Derogada
1459 de 2005	Modificó el artículo 22 de la Resolución 1096 de 2001	Derogada
1447 de 2005	Modificó el artículo 9 de la Resolución 1096 de 2002	Derogada
2320 de 2009	Modificó el artículo 67 de la Resolución 1096 de 2003	Derogada
330 de 2017	Adoptó el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y derogó las anteriores 6 Resoluciones	Vigente
650 de 2017	Adicionó un artículo transitorio a la Resolución 330 de 2017 (transitoriedad de 2 años frente a la Resolución 1096 de 2000)	No aplica actualmente
844 de 2018	"Por la cual se establecen los requisitos técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo los esquemas diferenciales definidos en el capítulo 1, del Título 7, parte 3, del libro 2 del Decreto 1077 de 2015"	Vigente
799 de 2021	Realizó modificaciones a la Resolución 0330 de 2017	Vigente
908 de 2021	Realizó ajustes a la numeración de tablas de la R. 799 de 2021	Vigente

Tabla 2. Evolución de la Normatividad Técnica RAS, indica las resoluciones derogadas y las vigentes de obligatorio cumplimiento. Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (MVCT, 2022)

Ley 373 de 1997. Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua

“Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para uso eficiente y ahorro del agua. Se entiende por programa para uso eficiente y ahorro de agua el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico. Las Corporaciones Autónomas Regionales y

demás autoridades ambientales encargadas del manejo, protección y control del recurso hídrico en su respectiva jurisdicción, aprobarán la implantación y ejecución de dichos programas en coordinación con otras corporaciones autónomas que compartan las fuentes que abastecen diferentes usos.”(LEY 373 DE 1997).

Icontec 4576 Desinfección de instalaciones de almacenamiento de agua potable

“Esta norma establece las especificaciones mínimas para la desinfección e instalaciones para el almacenamiento de agua, retiro de contaminantes químicos e impurezas que afecte al correcto funcionamiento de los sistemas sanitarios. Preparación de instalaciones de aplicación de desinfectantes a las superficies interiores de los embalses, toma de muestras”
(NTC 4576 DE1999).

Icontec 1500 Código Colombiano de fontanería NTC 1500

“El diseño de las instalaciones hidráulicas y sanitarias se efectúa con base en la norma ICONTEC 1500 (Código Colombiano de Fontanería NTC 1500). Las redes se diseñarán para un máximo de accesibilidad y seguridad” (NTC 1500 DE 2017)

Antecedentes

En respuesta a la escasez hídrica y el cambio climático, la captación de aguas lluvias se alza como solución vital con procesos donde recolectar, almacenar y evaluar el agua pluvial no solo se abordan por la demanda creciente de proyectos de vivienda y proyectos de construcción de infraestructura, sino también con los que se promueve la sostenibilidad y la gestión eficiente de este recurso. Para este trabajo de investigación se hizo necesaria la revisión de teorías y proyectos relacionados donde se exploró la efectividad de la captación de aguas lluvias y sus resultados presentaran un enfoque integral para el manejo de tan preciado líquido. Se realizó recolección de datos y teorías de estos documentos de los cuales un (1) documento fue de carácter Internacional y nueve (9) documentos de carácter Nacional extrayendo las bases y conocimientos previos de la problemática planteada.

La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente

Este trabajo realizado por el Ronnie Torres Hugues (2019) de la Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba, plantea que la lluvia puede tener múltiples usos cotidianos que no requieren que esté potable y para las cuales el agua de lluvia es una alternativa sin costo y adecuada, pudiendo reducir más del 40% del consumo de agua potable en un hogar. La importancia de captarla, almacenarla, y utilizarla para estos fines es de gran relevancia para la mayoría de las poblaciones, sobre todo aquellas que no tienen acceso a ese vital líquido o se encuentra en escasez. Este trabajo de investigación tiene relación con el interés investigativo en cuanto a la captación de agua lluvia y su utilización como alternativa al consumo de agua potable procedente de la red de acueducto local.

El objetivo de esta investigación está centrado en realizar una revisión bibliográfica sobre las tecnologías para el aprovechamiento del agua de lluvia que se han implementado en diferentes épocas y lugares del planeta. La necesidad de contar con este tipo de materiales en tiempos donde cada vez requieren del ahorro de los recursos es la principal motivación. Siendo una investigación cualitativa con enfoque descriptivo, basado en la documentación bibliográfica. En la investigación el autor concluye que ésta permitió comprender que los sistemas de captación de agua de lluvia, teniendo en cuenta su diversidad, tuvieron gran difusión en tiempos ancestrales, pudiéndolos encontrar en Europa, América, Asia y África, sobre todo en las regiones con escasez. Los usos más frecuentes a los que se destinó este recurso fueron doméstico, consumo humano y agrícola, tanto en zonas rurales como urbanas.

Se recalca entonces la importancia que ha tenido a lo largo de los años el aprovechamiento de este recurso con la captación y almacenamiento haciendo uso de tecnologías sencillas que con el paso del tiempo han ido evolucionando, permitiendo hoy en día fomentar el uso eficiente del agua proveniente del acueducto local migrando a alternativas de consumo responsable del agua lluvia. (Ronnie ,2019)

Diseño de un modelo de captación y distribución de aguas lluvia en baterías sanitarias

Caicedo D., Et Al. (2022), para demostrar los problemas asociados con el crecimiento excesivo de la población y la mayor demanda de consumo de agua potable, presentaron un proyecto con el fin de dirigir esfuerzos para la optimización del uso de un recurso natural escaso, por medio del diseño de un modelo que permitiera integrar funcionalidad y adaptación arquitectónica, a través de sistemas de captación y distribución de aguas lluvias, para su

aprovechamiento en baterías sanitarias, puntos de riego, lavado de pisos o vehículos, y actividades de comercio o industria.

Mediante la investigación exploratoria y analizando la información de casos existentes formularon un sistema capaz de recoger las aguas lluvias, almacenarlas y distribuirlas a los lugares que requerían de su uso con el objetivo de generar un impacto positivo en el medio ambiente y permitiendo a las comunidades tener un valor agregado tanto en desarrollo sostenible como en ahorro económico minimizando el consumo de agua potable local. (Caicedo & Loaiza & Mahecha & Martínez 2022)

Evaluación del sistema de captación y aprovechamiento del agua lluvia implementado en el Aeropuerto Internacional El Dorado de Bogotá

La investigación realizada por Mielo J (2018) de la universidad de la Salle y su justificación se basan en la conciencia ambiental y la necesidad de implementar sistemas de aprovechamiento de recursos naturales para construcciones sostenibles. Como un objetivo del estudio es evaluar el sistema de captación y aprovechamiento del agua lluvia en el aeropuerto más grande y concurrido de toda Colombia utilizando un enfoque de estudio de tipo cuantitativo con el fin de tener datos concisos de la cantidad de aguas lluvias recolectadas y utilizada en sus instalaciones mediante la consulta en fuentes bibliográficas de casos de éxitos y proyectos relacionados, aplicación de encuestas a los empleados, colaboradores, viajeros y visitantes del aeropuerto el dorado.

Dicha información recolectada y suministrada por la empresa contribuyo al análisis de las mediciones de consumo y cantidad de lluvia utilizada en el sistema del aeropuerto.

Brindando como resultado el aprovechamiento del recurso y ahorro del preciado líquido,

mediante el sistema de recolección empleado en las cubiertas superiores de los bloques de administración y salas de espera , el cual es almacenado y utilizado en varios procesos y funciones del aeropuerto. (Mielo, 2018).

Recolección y aprovechamiento de aguas pluviales, mediante Sistemas de recolección

El medio ambiente brinda la posibilidad de ser utilizado para mitigar el impacto negativo a las poblaciones en lugares donde no se posee acueducto público. En el proyecto ejecutado por Guzmán L., Barros H (2018) trabajo de grado para la obtención del título gerencia de proyectos de la universidad nacional abierta a distancia, se centra en la problemática de la escasez de agua en varias regiones de Colombia, especialmente en zonas rurales donde una gran cantidad de hogares y habitantes carecen de acceso a agua potable y saneamiento adecuado. Debido a la falta del suministro por parte del estado y la baja calidad del agua en sistemas pequeños y medianos sistemas de acueductos de la región, se plantea la necesidad de aprovechar las aguas pluviales como una alternativa para cubrir las necesidades básicas de las comunidades afectadas.

Centrándose en el objetivo de identificar alternativas mediante sistemas de recolección de aguas pluviales, con el fin de disminuir la problemática de escasez de agua, arrojó como resultado, las ventajas y beneficios que estos sistemas pueden ofrecer a una comunidad o área específica, incluyen la compatibilidad de criterios y metodologías de evaluación en el sector constructivo para lograr una visión más sostenible y respetuosa con el medio ambiente generando una mentalidad de apertura y adaptación al cambio climático, así como la implementación de infraestructura verde en espacios públicos.

Destacan la importancia de considerar el agua y el saneamiento como un ciclo interconectado, reciclando las aguas lluvias como una medida para abordar la escasez del líquido

esencial para la vida humana Se enfatiza en la gestión local de los suministros de agua y se sugiere el uso de aguas pluviales como una fuente sustitutiva del agua de la red de suministro. (Guzmán & Barros 2018)

Guía para el diseño de captación, recolección y aprovechamiento de aguas lluvias orientado a conjuntos residenciales.

Este trabajo de grado realizado por Trujillo. B., Acevedo. M. (2020) de la Universidad Católica de Colombia, justifica la necesidad de implementar mejores prácticas de recolección y aprovechamiento del agua de lluvia en Colombia. Actualmente, estos sistemas son simples y no ofrecen agua de calidad para el consumo humano. El objetivo del proyecto es proporcionar una guía para el diseño adecuado de la captación, recolección y aprovechamiento de aguas lluvias en conjuntos residenciales.

La guía se desarrolla mediante técnicas como la revisión bibliográfica, cuantificación, análisis de datos y consulta de manuales y fichas técnicas. Los resultados incluyen la guía propiamente dicha, con un ejemplo de diseño, memoria de cálculo y planos. La metodología se basa en el análisis de la bibliografía existente y busca explicar de manera detallada los conceptos, parámetros, cálculos y recomendaciones necesarios para el diseño de este tipo de sistemas, cumpliendo con las normas y teorías establecidas.

Se concluye que es importante implementar el diseño de captación, recolección y aprovechamiento de aguas lluvias en conjuntos residenciales debido al aumento de estos proyectos a nivel nacional. Estos sistemas generan impactos positivos en aspectos socioeconómicos y ambientales, ya que el agua recolectada puede ser utilizada en diversas actividades como descargas sanitarias, limpieza y riego. La guía está destinada a facilitar el

diseño de sistemas de captación, recolección y aprovechamiento de aguas lluvias en conjuntos residenciales, explicada de manera clara. (Trujillo & Acevedo 2020).

Investigación Para La Implementación De Un Sistema De Captación Y Reutilización De Aguas Lluvias En El Conjunto Residencial Campo Alegre El Dorado En Ricaurte Cundinamarca.

En la actualidad las constructoras y empresas dedicadas a la vivienda están viendo una solución en los proyectos de conjuntos residenciales, los cuales generan un alto consumo del recurso hídrico de los Acueductos de cada región. El proyecto de grado realizado por Bejarano. C. (2023). propone la implementación de un sistema de captación y reutilización de aguas lluvias en el conjunto residencial Campo Alegre el Dorado en Ricaurte, Cundinamarca. Este proyecto justifica su investigación en las alteraciones climáticas y la escasez de agua que se presenta en el mundo, buscando cambiar la mentalidad sobre su uso. Se destaca la importancia del ahorro del agua y la reutilización, utilizando técnicas de recolección de agua lluvia para fines no potables. La investigación se enfoca en analizar la factibilidad y los beneficios ambientales de esta propuesta en consonancia con investigaciones previas sobre el tema.

Se utilizarán técnicas como la revisión bibliográfica y el análisis de datos. Los resultados indican que el aprovechamiento de aguas pluviales puede reducir los impactos en fuentes hídricas. Se concluye que la conciencia ambiental es crucial y que el proyecto puede generar un impacto positivo en la calidad de vida de las personas. El enfoque en datos ambientales contribuirá a tomar decisiones claras para el diseño del sistema. Se resalta que el agua recolectada no es apta para el consumo humano, pero sí es adecuada para uso en puntos de lavado y sanitarios. (Bejarano, 2023).

Captación y uso de agua lluvia en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia mediante un modelo físico de recolección de agua.

Mediante la Propuesta planteada por Ortiz. W., Velandia W (2018) de la Universidad católica de Colombia. Plantea construir un filtro con tres capas de materiales granulares para retener contaminantes presentes en la lluvia. El objetivo es generar un ahorro de agua en la universidad y se espera implementarlo en más áreas del campus en el futuro.

El tipo de estudio empleado en el proyecto es descriptivo y experimental, con un enfoque cuantitativo y analítico. Se emplearán técnicas como revisión bibliográfica, cuantificación, análisis de datos y análisis de laboratorio con el fin de saber si el sistema si cumplen con los objetivos propuesto.

Los resultados muestran que, aunque no se obtiene el volumen total requerido para el uso, se logra un ahorro alrededor del 15.8% del agua consumida en actividades mensuales. La presión de servicio es adecuada para abastecer algunos sanitarios, pero podría haber ineficiencias si se utilizan al mismo tiempo. En conclusión, el modelo de recolección y filtrado de agua lluvia es una solución sostenible y brinda agua de calidad para ciertas actividades, excluyendo el consumo humano. (Ortiz & Velandia 2018).

Medición y caracterización de la calidad del agua lluvia de escorrentía en cubierta para el diseño de un sistema de aprovechamiento implementado a descargas en la Institución Educativa Municipal Nuevo Horizonte de Girardot, Cundinamarca, sede principal, bloque B

Apoyándonos en el proyecto realizado por Pérez J (2021) de la Universidad piloto de Colombia, se igualan conceptos acerca de la preocupación por el cambio climático y la escasez del agua, y la necesidad de diseñar alternativas de ahorro y aprovechamiento de este recurso. El

informe de la (UNESCO 2018) advierte que la demanda mundial de agua aumentará significativamente para el año 2050, razón de peso por la que se busca diseñar nuevas alternativas para su mejor uso y sustento. El Ministerio de Ambiente de Colombia establece la obligación de reutilizar el agua, incluyendo las aguas lluvias, en actividades que generen afluentes líquidos, siempre que sea técnica y económicamente viable, lo cual es respaldado por la Ley 373 de 1997.

Los objetivos del proyecto son medir y caracterizar la calidad del agua lluvia de escorrentía en la cubierta del bloque B de la Institución Educativa Nuevo Horizonte, realizar un estudio hidrológico de precipitaciones en la zona, y diseñar un sistema de recolección, tratamiento y distribución de aguas lluvias para ser utilizado en descargas. Utilizando un enfoque del proyecto combinado, un enfoque cuantitativo analítico y un enfoque cualitativo crítico, se busca obtener mediciones y análisis detallados de los datos recopilados, al mismo tiempo que se reflexiona sobre el impacto y las implicaciones de las acciones propuestas.

Los resultados obtenidos indican que el aprovechamiento de aguas lluvias es una práctica económica y sostenible ya que podría generar un ahorro anual del 11.52% en el consumo de agua. Además, se obtuvieron datos importantes sobre la intensidad de las precipitaciones y el caudal resultante, lo que es fundamental para el diseño del sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias. En conclusión, el proyecto busca promover la sostenibilidad y el uso eficiente del agua mediante el aprovechamiento de aguas lluvias en la Institución Educativa Nuevo Horizonte. Los resultados demuestran que esta práctica es viable y puede generar beneficios económicos y ambientales. Se espera que el proyecto tenga un impacto positivo en la comunidad educativa y sirva como ejemplo de cómo todos pueden contribuir al

buen uso de los recursos naturales aplicando conocimientos e ideas, sin importar el rol que se desempeñe. (Pérez, 2021)

Propuesta Y Evaluación De Un Sistema De Aprovechamiento De Agua Lluvia En La Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Sede Bosa Porvenir, Como Alternativa Para El Ahorro De Agua Potable

El uso eficiente y sostenible del agua es un desafío crucial en el contexto actual de cambio climático y creciente escasez de recursos hídricos. En este sentido, la recolección de aguas lluvias ha surgido como una alternativa viable para mitigar la demanda de agua potable en diferentes sectores. En el proyecto realizado por Urueña M., Ardila P., (2018) se propone y evalúa un sistema de aprovechamiento de agua lluvia en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, específicamente en la sede Bosa Porvenir, con el objetivo de contribuir al ahorro de agua potable y reforzar el compromiso de la universidad con el medio ambiente.

El diseño de este sistema se fundamenta en un análisis profundo del comportamiento hidrológico y pluviométrico de la zona de estudio. Mediante la utilización de datos pluviométricos históricos de la región, se ha evaluado la frecuencia y cantidad de agua lluvia disponible en la sede Bosa Porvenir. Este análisis es fundamental para determinar la viabilidad de implementar un sistema de recolección de aguas lluvias, así como para establecer los posibles usos del agua recolectada, como el riego de jardines, lavado de zonas comunes y descargas de sanitarios.

El proyecto se enmarca como un trabajo de grado y propuesta investigativa, y emplea técnicas e instrumentos como análisis de información, estudios de caso y revisión de fichas técnicas los cuales arrojaron los resultados obtenidos de los análisis de las estaciones Inem

Kennedy y Vegas La Hcda que presentan la mejor calidad y cantidad de valores pluviométricos verídicos en la zona de estudio.

Como parte de las conclusiones, se destaca que, si bien predominan precipitaciones bajas y días secos en la región, la captación y almacenamiento de agua lluvia sigue siendo una alternativa válida para complementar el suministro de agua potable. Aunque desde una perspectiva estrictamente económica el proyecto podría considerarse poco rentable, es crucial tener en cuenta las políticas nacionales de uso eficiente del recurso hídrico y el compromiso ambiental de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, especialmente como facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

En conclusión, este proyecto de aprovechamiento de agua lluvia en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, sede Bosa Porvenir, representa una iniciativa importante para promover la sostenibilidad y el cuidado del agua en un contexto de creciente preocupación por el medio ambiente. La implementación de este sistema contribuirá no solo al ahorro de agua potable, sino también a la concienciación sobre el uso responsable de este recurso esencial. (Urueña & Ardila 2018)

Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias.

En el contexto actual de creciente preocupación por la sostenibilidad y el uso responsable de los recursos naturales, la implementación de sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias ha ganado una relevancia significativa en el diseño de edificaciones sostenibles en el país. La propuesta realizada para la obtención del título de Especialización de Recursos Hídricos que fue realizada por Reyes M, Rubio J. (2014). La justificación del proyecto radica en la tendencia creciente de edificaciones sostenibles en el país, las cuales buscan implementar

sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias para satisfacer sus necesidades hídricas internas. Sin embargo, la falta de una normatividad clara sobre estos sistemas en el país ha generado la necesidad de una evaluación detallada de los cálculos para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento de aguas lluvias, un componente fundamental en el diseño de estos sistemas.

En este proyecto, se propone una aproximación cualitativa con el enfoque de describir los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias existentes. Se abordarán los pasos necesarios para planificar adecuadamente un sistema de recolección de aguas lluvias, teniendo en cuenta su mantenimiento y uso eficiente para lograr un máximo aprovechamiento del recurso hídrico.

Entre los resultados preliminares de este estudio, se ha observado que la elaboración de un modelo para obtener el volumen óptimo de almacenamiento de agua lluvia no es una tarea sencilla, ya que intervienen factores diversos y algunos de difícil predicción desde las etapas iniciales de concepción de un proyecto. Por lo tanto, la información recopilada de proyectos ya implementados resulta de gran ayuda para conocer las ventajas y beneficios reales de la implementación de estos sistemas.

Finalmente, se concluye que desde el Estado, se podrían implementar políticas de estímulo para fomentar el aprovechamiento de aguas lluvias, como exenciones tributarias para proyectos que reduzcan el uso de agua potable. Estas acciones, combinadas con la promoción de un uso eficiente del recurso hídrico y el castigo al desperdicio de agua, pueden generar un impacto positivo en la adopción y éxito de proyectos que implementen sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias. (Reyes & Rubio 2014).

8. Sistema De Hipótesis

¿El sistema de recolección de aguas lluvias implementado en las baterías sanitarias logra abastecer la demanda de agua generada por el personal administrativo?

¿Puede este sistema volverse replicable en otras obras de construcción?

Hipótesis Nula

No existe una diferencia significativa en la eficacia y beneficios del Sistema de Captación de Agua Lluvia implementado en un proyecto de construcción en comparación con las fuentes de agua convencionales.

Hipótesis Alternativa

El Sistema de Captación de Agua Lluvia implementado en un proyecto de construcción demuestra una diferencia significativa en términos de eficacia y beneficios en comparación con las fuentes de agua convencionales, demostrando su viabilidad y ventajas en la gestión de recursos hídricos en la construcción.

9. Marco Metodológico

El presente marco metodológico establece la necesidad de abordar diversos aspectos cruciales que guiarán el desarrollo de la investigación, teniendo en cuenta su tipología, diseño, enfoque, población, muestra, entre otros. Este enfoque se fundamenta en la investigación que se está llevando a cabo en el sector Bosques de Niza, con el propósito de proporcionar una base teórica sólida a través de la conceptualización de los componentes de un sistema de captación de aguas pluviales, así como la recopilación de datos en campo mediante un diseño de investigación experimental. El objetivo es evaluar el funcionamiento y la eficiencia del sistema de captación de aguas pluviales.

Enfoque y tipo

La presente investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo de carácter no experimental, el cual se llevó a cabo en el contexto del proyecto de construcción de Bosques de Niza. Durante el desarrollo de la investigación, se procedió a la recopilación de datos a través de actividades de investigación de campo y la consulta de registros históricos proporcionados por la entidad IDEAM. En particular, se realizaron evaluaciones y comparaciones de los registros, contrastándolos con la cantidad de agua utilizada por las baterías sanitarias en el mencionado proyecto de construcción. Estas evaluaciones abarcaron diversas características relevantes, destinadas a inferir la eficiencia del sistema de captación de aguas pluviales y su impacto en la reducción del consumo de agua potable del sistema de acueducto regional.

Durante el proceso de recopilación de datos en campo y consulta de registros históricos, se siguieron protocolos específicos para garantizar la confiabilidad y validez de los datos obtenidos. El propósito fundamental de esta metodología fue proporcionar una base empírica sólida para

evaluar la eficiencia y efectividad del sistema de captación de aguas pluviales implementado en el proyecto Bosques de Niza, y cómo este contribuyó a la reducción del consumo de agua potable en el sistema de acueducto de la región. (Hernandez Mendoza 2018).

Los estudios descriptivos tienen como finalidad especificar las propiedades y características de la comunidad, procesos o cualquier otro fenómeno que pueda ser analizado o presente una recolección de datos en la que evidencia cambios o factores decisivos en la investigación puesto que se busca identificar el volumen de agua requerido para llevar a cabo el proyecto. (Hernández -Mendoza 2018)

Diseño

El diseño de investigación elegido para el presente proyecto es la metodología de investigación de campo. Este enfoque se adecua a la recopilación de datos en el entorno donde ocurren los fenómenos de interés, en este caso, en el sector Bosque de Niza donde se está llevando a cabo el proyecto de construcción. Se hará uso de la información provista por la estación meteorológica del IDEAM, la cual ofrece datos que no pueden ser manipulados, y se trabajará sin tener control directo sobre la variable de pluviosidad en el sector.

Población

El proyecto de investigación se realizó en uno de los países del continente suramericano llamado Colombia, que está conformado por 32 departamentos y se encuentra ubicado en la línea ecuatorial, lo que genera que sea una región con una alta pluviosidad. Donde uno de los 32 departamentos, es el departamento de Caldas situado en la zona central del país, región cafetera por tradición. Su capital Manizales catalogada como la ‘Ciudad de las puertas abiertas’ se encuentra en el occidente del departamento, la cual está constituida por 12 comunas.

La comuna en la que se trabajó es la denominada Eco turística cerro de oro localizada al noreste de la ciudad y de acuerdo a la división territorial urbana, en esta comuna está el área de estudio situada en el barrio Bosques de Niza, en las coordenadas referenciadas al sistema de coordenadas Magna Sirgas Colombia Bogotá zone 5.057777, -75.469994 (Google, 2023). (Ver figura 4). AMPLIAR INFORMACION

Figura 4

Ortofotografía Barrio Bosques de Niza, Manizales Caldas.



Figura 4. Localización de la obra de construcción donde se implementó el aprovechamiento de agua lluvia. (Google, 2023)

Participantes y Muestra

La muestra es el Proyecto de construcción en el barrio Bosques de Niza de la ciudad de Manizales. Este proyecto puede albergar alrededor de 90 trabajadores en su máximo pico de construcción y para atender esta población será necesario la instalación de 6 sanitarios, sin embargo se contó con 1 sanitario que se pudo monitorear a diario y con la frecuencia que se requería para poder calcular la demanda.

10. Técnicas e Instrumentos de Investigación

Para efectos de esta investigación se tuvo como técnica la observación participante con el fin de conocer la cantidad de ingresos diarios para hacer uso del sanitario por parte de los colaboradores que conformaron la muestra quienes aprobaron la recolección de información a través de un consentimiento informado diligenciado de manera individual y voluntaria, ver anexo 1, el instrumento utilizado para esta recolección de datos fue una planilla que indicaba la fecha, cantidad de personas y cantidad de ingresos, ver anexo 3, Formato de reporte diario de ingreso y descarga del sanitario.

El otro instrumento que se utilizó para la obtención de la información y medición del agua lluvia fue un formato tipo plantilla con el que se esperaba obtener el volumen de agua aprovechable, se complementó esta información con el histórico que se extrajo del IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, sobre la cantidad de agua producto de las precipitaciones en el sector, ver anexo 2 cuya técnica fue el análisis de datos.

Para calcular el agua requerida se tomó como referencia un sanitario marca Corona cuya ficha técnica indica un consumo por descarga de 4,8 litros en promedio y teniendo en cuenta lo informado en la Resolución 2400 de 1979, “adyacente a los campamentos se construirán los servicios sanitarios en proporción de uno por cada 15 habitantes”.

Si se requiere un sanitario por cada 15 colaboradores que estén presentes en el proyecto de construcción cada colaborador realiza 3 descargas diarias para un total de 45 descargas por sanitario instalado en el proyecto de construcción.

Se necesitará un volumen aproximado de 216 litros de agua por cada batería sanitaria que se utilice durante la ejecución del proyecto.

11. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Cálculo de precipitaciones en el sector

La medición precisa de la cantidad de lluvia que cae en un sector determinado es esencial para comprender los patrones climáticos locales, monitorear recursos hídricos y tomar decisiones informadas en áreas como la agricultura, la gestión del agua y la planificación urbana. Las estaciones meteorológicas automatizadas son el medio por el cual se pueden medir la cantidad de lluvia en un sector. Estas estaciones están equipadas con sensores de precipitación que detectan automáticamente la intensidad y duración de la lluvia. Los datos son recopilados en formatos predeterminados del IDEAM para ser utilizados en análisis estadísticos. (IDEAM 2020).

Cálculo de Captación de aguas lluvias por mes

La captación de aguas lluvias es un recurso el cual puede ser medible cuando se cuenta con el conocimiento de ciertas variables y utilizando una fórmula que en cuestión es una aproximación comúnmente utilizada para estimar la cantidad de agua captada en una superficie de posible captación, la cantidad de precipitaciones y la eficiencia del sistema de recolección. Esta fórmula puede variar en términos de cómo se presenta en diferentes recursos o enfoques, pero la idea general es la misma. .

Cantidad de agua captada (litros) = Área del techo (m²) x Cantidad de precipitación (mm) x Eficiencia de recolección

$$\text{Área del techo (A)} = 100 \text{ m}^2$$

$$\text{Cantidad de precipitación (P)} =$$

$$\text{Eficiencia de recolección (E)} = 0.05$$

Tabla 3
Valores mensuales de precipitación

VALORES MENSUALES TOTALES DE LAS PRECIPITACIÓN (mm)													
TESORITO FINCA - AUT [26155170]													AÑO:2021 - 2023
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2021	49.1	248.0	243.0	121.7	183.9	155.3	49.9	253.7	109.7	259.4	248.4	114.1	2036
2022	134.6	198.9	281.9	154.0	121.8	226.9	152.1	76.9	132.2	314.5	273.5	124.5	2192
2023	249.9	128.0	457.7	206.8	162.5	141.1	77.0	96.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1519
Fuente : IDEAM													

Tabla 3. Valores de Precipitación en el año (IDEAM).

Cálculo de Consumo de agua de la batería sanitaria

El consumo de agua en las instalaciones sanitarias de los proyectos de construcción guarda estrecha relación con la cantidad de colaboradores que desempeñan sus funciones diariamente. Además, existe otra variable influyente: las condiciones climáticas. Las fluctuaciones en las temperaturas diurnas inciden en la frecuencia de uso y la cantidad de descargas de los sanitarios. Al considerar tanto los registros diarios de ingreso de los colaboradores a los baños como los datos proporcionados en la ficha técnica, que detalla el consumo de agua en litros por cada descarga, es posible calcular con precisión la cantidad de agua consumida tanto en términos diarios como mensuales.

Tabla 4
Registro Diario Uso del Sanitario

REGISTRO DIARIO USO DEL SANITARIO			
OBRA - ICARU CONJUNTO CERRADO			
DIA	CANTIDAD		CONSUMO
	DE PERSONAS	DE INGRESOS	DE AGUA/DIA
17/07/2023	8	18	86.4
18/07/2023	6	14	67.2
19/07/2023	9	11	52.8
21/07/2023	9	16	76.8
22/07/2023	7	11	52.8
24/07/2023	11	21	100.8
25/07/2023	10	19	91.2
26/07/2023	11	19	91.2
27/07/2023	7	14	67.2
28/07/2023	8	16	76.8
29/07/2023	7	12	57.6
31/07/2023	10	21	100.8
01/08/2023	8	18	86.4
02/08/2023	8	15	72
03/08/2023	7	16	76.8
04/08/2023	6	11	52.8
05/08/2023	9	18	86.4
08/08/2023	7	14	67.2
09/08/2023	6	18	86.4
10/08/2023	6	11	52.8
11/08/2023	6	16	76.8

12/08/2023	7	14	67.2
14/08/2023	5	12	57.6
15/08/2023	4	13	62.4
16/08/2023	7	9	43.2
<hr/>			
PROMEDIO	7.56	15.08	58.37
<hr/>			
TOTAL			
CONSUMO DE			
AGUA AL MES (L)			1,809.60

Tabla 4 Elaboración propia a partir de la recolección de datos sobre la cantidad de ingresos y descargas del sanitario por día.

Eficiencia del sistema de recolección de aguas lluvias

Considerando los registros de consumo diario de agua recopilados entre mediados de julio y agosto, se establece la cantidad total de agua consumida en el transcurso de un mes de actividad en el proyecto de construcción la cual fue 1809.60 lt. Esta cifra servirá como punto de referencia para evaluar el consumo mensual de agua, facilitando así la comparación con los datos de captación de aguas pluviales correspondientes a los años 2021, 2022 y hasta agosto de 2023. Con el fin de determinar cuál es el porcentaje ahorro del consumo de agua gracias al sistema de captación de aguas lluvias.

12. Recursos

Sistema de captación de aguas lluvias

En la actualidad en nuestro país Colombia, la implementación de un sistema de recolección y utilización de aguas lluvias para un proyecto construido implica un costo adicional a una obra o proyecto en ejecución, tales como horas de personal realizando la edificación o área de recolección, maquinaria y materiales adicionales a los requeridos. Por lo tanto, es crucial evaluar si estas inversiones son factibles y necesaria, si proporciona beneficios ambientales y económicos justificados para un proyecto específico. Para realizar esta evaluación, se analiza la precipitación efectiva, que es el agua disponible para uso después de descontar las pérdidas por evaporación, percolación profunda o escorrentía. (Reyes - Rubio. 2014).

Asimismo, se considera que el agua que se desea captar sea aprovechable para la batería sanitaria, corresponda a la cantidad de agua requerida por la necesidad de las personas que la utilizaran u otros usos que pueda implementarse en el proyecto de construcción, con base en estos valores se podrá determinar si se presenta un déficit hídrico, por ejemplo, el uso de la batería sanitaria se incrementa y el sistema no suministra la cantidad de agua necesitada para atender esta necesidad.

Un aspecto importante es que el sector presenta alta pluviosidad ayudando a que aumente la proporción de lluvia que fluye superficialmente sobre el terreno, las zonas comunes y las superficies solidas que posee proyecto. Es crucial que la intensidad y duración de la lluvia sean suficientes para producir la escorrentía de manera adecuada.

El diseño del sistema que se evaluó fue construido con los siguientes componentes de la obra de construcción, algunos fueron elementos propios de la construcción, otros fueron

reciclados con el fin de tener una metodología sustentable en cuanto al uso de los materiales, por lo tanto se hace una descripción de los recursos materiales y recurso humano utilizados para el desarrollo de esta investigación.

Recursos materiales

Área de captación.

Tanque de almacenamiento.

Tubería para la recolección y traslado del agua lluvia.

Sanitario.

Área de captación

La captación del agua lluvia se realizó en la terraza de los parqueaderos construidos para el proyecto Icarú Conjunto Cerrado, se utilizó una superficie de 100 m² compuesta por una losa de concreto con una pendiente del 5% y aunque se aconseja evitar la captación de agua de lluvia de las aceras y carretera para su posterior aprovechamiento, debido al elevado nivel de contaminación que suelen tener, esta superficie fue limpiada al inicio de la investigación con el fin de minimizar contaminantes. Sin embargo, en caso de ser imprescindible captar estas aguas pluviales, se debe contar con una instalación de tratamiento específica, como filtros que sean capaces de eliminar o contener las impurezas presentes en las aguas captadas. Ver figura 5 donde se puede observar el área destinada a la captación.

Figura 5
Área de captación



Figuras 5. Se destina para la captación de agua lluvia la terraza del parqueadero.
Elaboración propia (2023)

Tanque de almacenamiento

Se utilizó un tanque con capacidad de 1000 lt como elemento de almacenamiento del agua captada cumpliendo una función importante dentro del diseño del sistema de captación ya que es el encargado de almacenar la cantidad de agua necesaria para abastecer la batería sanitaria.

La Figura 6 que se muestra a continuación corresponde al tanque utilizado para la recolección de las aguas pluviales. Los materiales varían según el volumen y pueden incluir opciones como plástico, fibra de vidrio, concreto y principalmente los de tipo metálico, los más utilizados y con el que se ejecutó el proyecto fue un tanque de polietileno.

Figura 6

Tanque de almacenamiento y tubería de conducción



Figura 6. Tanque de almacenamiento capacidad 1000 lt y tubería de recolección y conducción de agua lluvia, fuente propia (2023)

Recolección y traslado del agua pluvial

Tubería de conducción, elemento que se empleó para el transporte del líquido a su lugar de almacenamiento y luego al llenado del tanque del sanitario utilizado. La tubería utilizada para la recolección del agua proveniente del área de captación fue Tubería sanitaria con diámetro de 6". La tubería que se dispuso desde el tanque de almacenamiento hasta la conexión del tanque de llenado del sanitario fue Tubería presión de 3/4".

Figura 7

Sanitario tipo corona



Figura 7. Bateria sanitaria instalada. Elaboración propia (2023)

Dimensionamiento bajantes aguas lluvias

“El caudal que puede transportar una bajante es función de la relación del área del anillo de agua pegado a las paredes con el área total de la sección”, con el fin de poder calcular el caudal que puede ser transportado por el bajante se utiliza la siguiente ecuación:

$$q = 1.754r^{\frac{5}{3}}d^{\frac{8}{3}}$$

Ecuación 1. Capacidad de las bajantes

Donde:

q: Capacidad en L/s.

r: Relación de áreas del anillo de agua a la sección de la tubería, adimensional.

d: Diámetro de la bajante en pulgadas.

Tabla 5

Capacidad máxima de bajantes

Diámetro en pulgadas	Caudal en Litros por Segundo		
	r=1/4	r=7/24	r=1/3
2	1.1	1.4	1.8
3	3.2	4.2	5.2
4	7	9.1	11.3
6	20.7	26.7	33.4
8	44.5	57.6	71.9
10	80.8	104	130.4
12	131	169.8	212

Tabla 5. Capacidad máxima en bajantes (Trujillo - Acevedo. 2020).

Diseño y dimensión de la tubería para el transporte de aguas pluviales

Las tuberías destinadas al transporte horizontal de aguas pluviales cumplen la función de llevar el agua captada por el área de captación y que a pasada por los bajantes con destino final.

Estas tuberías deben ajustarse a criterios de diseño ideales según las regulaciones técnicas de Colombia, los cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 6

Capacidad máxima de bajantes

Tipo de Tubería	Diámetro Nominal (pulga)	Diámetro Interno (mm)	Tipo de Tubería	Diámetro nominal (pulga)	Diámetro Interno (mm)
PVC.S	11/2	42.68	PVC.N	14	327
	2	54.48		16	362
	3	76.2		18	407
	4	107.7		20	452
	6	160.04		24	595
PVC.L	11/2	45.22		27	670
	2	56.76		30	747
	3	79		33	824
	4	110.08		36	900
	8	182		39	977.6
PVC.N	10	227		42	1054
	12	284		45	1127

Tabla 6. Diámetros Internos Tubería PVC (PAVCO2020).

13. Resultados

El proyecto de investigación proporcionó una serie de resultados derivados de la metodología implementada y del análisis de los datos recopilados a través de los instrumentos utilizados. Estos resultados representan el punto de partida de una evaluación exhaustiva del Sistema de Captación de Agua Lluvia implementado en el proyecto de construcción. Los objetivos iniciales del estudio se cumplieron, permitiendo así un análisis profundo de varios aspectos, entre ellos, la demanda de agua por parte de los colaboradores del proyecto de construcción, la cantidad de agua lluvia que pudo ser captada, el porcentaje de ahorro de agua logrado y la eficiencia del sistema de captación de aguas lluvias en dicho proyecto constructivo.

Consumos de agua generados por baterías sanitarias

Con el propósito de identificar los consumos de agua originados por las baterías sanitarias en el proyecto de construcción Icarú, situado en el barrio Bosques de Niza, se llevaron a cabo mediciones, observaciones directas por parte de los involucrados y un análisis exhaustivo con el objetivo de comprender la demanda del recurso hídrico en este contexto. A lo largo del período de evaluación, se consignó un promedio diario de descargas de la batería sanitaria que rondaba las 15.08 descargas. Estas descargas reflejan la cantidad de agua empleada en las actividades de saneamiento diario del proyecto, generando un promedio diario de consumo de 58.37 litros de agua en condiciones normales de operación. Al sumar los consumos diarios, se estableció que el uso total de agua en las baterías sanitarias durante el mes de evaluación alcanzó los 1,809.60 litros. Este valor proporciona una perspectiva clara de la cantidad global de agua utilizada para las actividades de saneamiento en el proyecto durante el ciclo mensual.

Cantidad de agua captada por el sistema de captación de aguas lluvias

Con el propósito de determinar la cantidad de agua que fue posible captar en los meses utilizados para el análisis, se han examinado los datos de precipitación registrados en los años 2021, 2022 y 2023. Esto se llevó a cabo para evaluar el potencial de captación de agua pluvial en el área en cuestión. Los resultados que se presentan a continuación son el fruto de la estimación del volumen de agua captado por la superficie de la terraza de los parqueaderos a lo largo de los años 2021, 2022 y 2023.

Tabla 7

Captación de agua lluvia

CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA POR MES (L)													VOL
DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX
2021	245.5	1240.0	1215.0	608.5	919.5	776.5	249.5	1268.5	548.5	1297.0	1242.0	570.5	10181.0
2022	673.0	994.5	1409.5	770.0	609.0	1134.5	760.5	384.5	661.0	1572.5	1367.5	622.5	10959.0
2023	1249.5	640.0	2288.5	1034.0	812.5	705.5	385.0	480.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7595.0

Tabla 7. Creada a partir de la Captación De Agua Lluvia efectiva (Mielo 2018).

A lo largo de los períodos de evaluación, se observó una variabilidad sustancial en los niveles de precipitación debido a las temporadas de escasas de lluvias y al fenómeno del niño que se presenta en meses como junio, julio y agosto, influyendo en el volumen de agua que podría haber sido captado por la superficie de la terraza de los parqueaderos.

Ahorro y disminución del consumo de agua

El objetivo de la evaluación fue determinar si el sistema de captación de agua lluvia implementado en el proyecto de construcción ha tenido un impacto significativo en el ahorro de consumo de agua potable. Los resultados se basan en un análisis detallado de los porcentajes de ahorro registrados en los años 2021, 2022 y 2023.

A continuación, se presentan los porcentajes de ahorro en el consumo de agua potable que refleja el sistema de captación en el proyecto Icarú durante los años evaluados:

Tabla 8
Porcentaje de ahorro de agua mensual

PORCENTAJE DE AHORRO POR MESES												
DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2021	13.57 %	68.52 %	67.14 %	33.63 %	50.81 %	42.91 %	13.79 %	70.10 %	30.31 %	71.67 %	68.63 %	31.53 %
2022	37.19 %	54.96 %	77.89 %	42.55 %	33.65 %	62.69 %	42.03 %	21.25 %	36.53 %	86.90 %	75.57 %	34.40 %
2023	69.05 %	35.37 %	126.46 %	57.14 %	44.90 %	38.99 %	21.28 %	26.53 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %

Tabla 8. Porcentaje de ahorro de agua potable a partir del aprovechamiento de agua lluvia. (Elaboración propia)

Los porcentajes de ahorro en el consumo de agua potable reflejan de manera significativa el impacto del sistema de captación implementado en el proyecto Icarú. Durante los años evaluados, se observa que, en la mayoría de los meses, el sistema logró generar ahorros en el consumo de agua potable, con porcentajes que varían entre los meses y años. El año 2023 presenta un aumento significativo en los porcentajes de ahorro en comparación con años anteriores, lo que podría deberse a una mayor eficiencia y optimización del sistema. Estos resultados indican que el sistema de captación ha tenido un efecto positivo en la reducción

del consumo de agua potable en el proyecto Icarú, contribuyendo a la sostenibilidad y la gestión eficiente de los recursos hídricos en el barrio Bosques de Niza.

Estos resultados ofrecen una información sumamente valiosa en términos del potencial de captación de agua pluvial en la superficie de los parqueaderos, así como en lo que respecta al ahorro de agua potable. Esta información adquiere una relevancia considerable al considerar la toma de decisiones futuras en relación con la administración y el aprovechamiento de este recurso hídrico dentro del contexto de los proyectos de construcción llevados a cabo por la empresa.

Figura 8

Porcentaje de ahorro de agua potable al mes

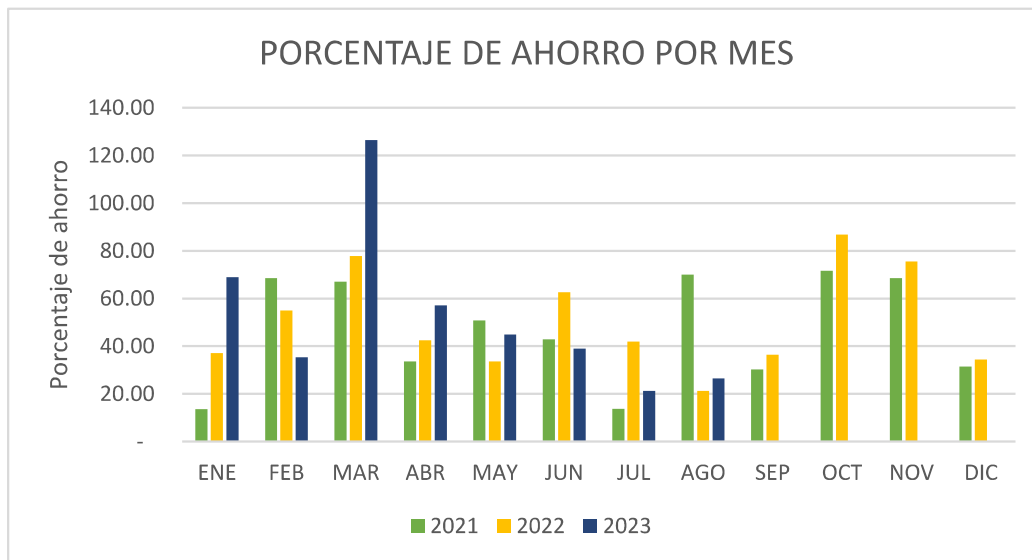


Figura 8. Porcentaje de ahorro de agua potable a partir del aprovechamiento de agua

lluvia. (Elaboración propia)

14. Conclusiones

La utilización de aguas pluviales se ha convertido en una respuesta esencial ante los riesgos presentes y futuros de la escasez de agua. Principalmente aplicada en la industria de la construcción, esta práctica busca minimizar la presión sobre las fuentes públicas de agua en cada región. Al aprovechar aguas de lluvia, no solo se alivia la demanda en suministros convencionales, sino que también se promueve la sostenibilidad y se protegen los recursos hídricos para las generaciones futuras. Esta medida no solo beneficia a las empresas, sino también a la comunidad en general, reduciendo la carga sobre los sistemas de distribución de agua y aumentando la capacidad de resistencia ante desafíos ambientales. En resumen, el uso de aguas pluviales se presenta como un paso fundamental hacia un futuro más sostenible y seguro en términos hídricos.

Mediante la aplicación de la metodología y el diseño de análisis de campo empleados en esta investigación, se lograron adquirir datos esenciales que arrojaron luz sobre diversas facetas del estudio. Entre estos datos se destaca la identificación de los niveles de pluviosidad característicos del sector de Bosques de Niza. Adicionalmente, se pudo cuantificar la cantidad de agua lluvia captada por el sistema en intervalos temporales específicos. Además, se obtuvo información valiosa sobre la frecuencia de uso de las baterías sanitarias, la cual se relaciona directamente con el número de colaboradores en función en el proyecto de construcción.

15. Cronograma de actividades

N.	Detalle	Fecha de entrega	Fecha de retroalimentación	Fecha de entrega final	Observaciones
	Fase 1 Inicio del proyecto investigativo				se identifican las necesidades, oportunidades y objetivos del proyecto. Se crea una visión general del proyecto y se definen los resultados esperados
1	Formulación del problema				
2	Objetivos: General y Específicos				
3	Justificación	27 de abril	2 de mayo	3 de mayo	4 de mayo
4	Limitaciones				
	Fase 2 Revisión de literatura y antecedentes				Revisión de teorías y antecedentes relacionados al proyecto, consulta de bibliografías y normativa
5	Marco conceptual	4 de mayo	9 de mayo	10 de mayo	11 de mayo
6	Marco normativo	11 de mayo	16 de mayo	17 de mayo	18 de mayo
7	Marco referencial primera parte	18 de mayo	23 de mayo	24 de mayo	25 de mayo
8	Marco referencial segunda parte	25 de mayo	30 de mayo	31 de mayo	1 de junio
9	Marco referencial teoría parte y bases teóricas	1 de junio	6 de junio	7 de junio	8 de junio
10	MARCO TEÓRICO: diligenciar las fichas RAE (avance)	8 de junio	13 de junio	14 de junio	15 de junio
11	MARCO TEÓRICO: diligenciar las fichas RAE (totalidad de fichas)	15 de junio	20 de junio	21 de junio	22 de junio
12	SISTEMA DE HIPÓTESIS O SUPUESTOS				
13	SISTEMA DE VARIABLES O CATEGORÍAS	22 de junio	27 de junio	28 de junio	29 de junio
14	MARCO METODOLÓGICO				
	Fase 3 Diseño y planificación del proyecto				Se detalla cómo se alcanzarán los objetivos del proyecto. Se crea un plan que incluye el cronograma, los recursos necesarios, las actividades y tareas específicas, así como la asignación de responsabilidades.
15	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES				
16	NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Exploratoria, Descriptiva, Explicativa				
17	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Documental, de Campo, Experimental				
18	POBLACIÓN Y MUESTRA				
19	TIPOS DE MUESTRO: Probabilístico, al azar Simple, al Azar Sistemático, Estratificado, por Conglomerado, no Probabilístico, Casual o Accidental, Internacional, Opinático, por Cuotas				
	Fase 4 Ejecución y desarrollo del proyecto				se llevan a cabo las actividades planificadas, se aplican las técnicas e instrumentos de recolección de datos.
20	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS				
21	Aplicación instrumentos	6 de julio	11 de julio	12 de julio	13 de julio
	Fase 5 Análisis de la información recolectada				Se realiza la validación de los datos recolectados con los instrumentos, se aplican las técnicas de procesamiento de datos y se analizan los datos obtenidos
22	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	13 de julio	18 de julio	19 de julio	21 de julio
23	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	21 de julio	25 de julio	26 de julio	27 de julio
	Fase 6 Resultados y conclusiones del proyecto				se exponen y explican los resultados obtenidos del análisis de los datos, se generan conclusiones y lecciones aprendidas
24	Hallazgos, resultados	27 de julio	1 de agosto	2 de agosto	3 de agosto
25	Discusiones y conclusiones	3 de agosto	8 de agosto	9 de agosto	10 de agosto

16. Anexos

Anexo 1

Consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL ESTUDIO:

Título del Proyecto:
Investigador Principal:

Yo,

(Nombre y apellidos en MAYÚSCULAS)

Declaro que:

- He leído la hoja de información que me han facilitado.
- He podido formular las preguntas que he considerado necesarias acerca del estudio.
- He recibido información adecuada y suficiente por el investigador abajo indicado sobre:
 - Los objetivos del estudio y sus procedimientos.
 - Los beneficios e inconvenientes del proceso.
 - Que mi participación es voluntaria y altruista
 - El procedimiento y la finalidad con que se utilizarán mis datos personales y las garantías de cumplimiento de la legalidad vigente.
 - Que en cualquier momento puedo revocar mi consentimiento y solicitar la eliminación de mis datos personales.
 - Que tengo derecho de acceso y rectificación a mis datos personales.

CONSIENTO EN LA PARTICIPACIÓN EN EL PRESENTE ESTUDIO

SÍ NO
(marcar lo que corresponda)

Para dejar constancia de todo ello, firmo a continuación:

Fecha

Firma.....

Nombre investigador

Firma del investigador.....

APARTADO PARA LA REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

Yo,

.....

revoco el consentimiento de participación en el proceso, arriba firmado.

Firma y Fecha de la revocación

Anexo 1. Elaboración propia del formato de consentimiento informado.

Anexo 2

Formato de captación de agua lluvia

CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA POR MES (L)													VOL
DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX
2021													
2022													
2023													

Anexo 2. Elaboración propia del formato de recolección de información captación de agua lluvia.

Anexo 3

Formato de reporte diario de ingreso y descarga del sanitario

REGISTRO DIARIO USO DEL SANITARIO OBRA - ICARU CONJUNTO CERRADO			
DIA	CANTIDAD DE PERSONAS	CANTIDAD DE INGRESOS	Consumo de agua por día
1.00			
2.00			
3.00			
4.00			
5.00			
6.00			
7.00			
8.00			
9.00			
10.00			
11.00			
12.00			
13.00			
14.00			
15.00			
16.00			
17.00			
18.00			
19.00			
20.00			
21.00			
22.00			
23.00			
24.00			
25.00			
26.00			
27.00			
28.00			
29.00			
30.00			
31.00			
PROMEDIO			
TOTAL CONSUMO DE AGUA AL MES (L)			-

Anexo 3. Elaboración propia del formato de reporte diario de ingresos y descargas del sanitario de estudio.

17. Referencias Bibliográficas

- Yupanqui J. C. (2021). *Captación y Almacenamiento de Aguas Para Construcción* [Trabajo de grado, Universidad José Carlos Mariátegui]. Repositorio institucional UJCM. <https://hdl.handle.net/20.500.12819/1347>
- Rojas Arias L. D. (2020). *Sistemas de Captación y Aprovechamiento de Agua Lluvia en Actividades Industriales* [Trabajo de Grado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio institucional USTA. <https://orcid.org/0000-0002-8997-3751>
- Barreto D. A., Barbosa E. J. (2022). *Sistema de captación, recolección, almacenamiento y aprovechamiento de aguas lluvias en la construcción de una vivienda en la comuna 5 de la ciudad de Villavicencio, sector barrio hacaritama, bosques de vizcaya, mz 25 casa 5* [Trabajo de Grado, Universidad Corporativa de Colombia]. Repositorio UCC
- Blanco, A. L., Hugues C. R. (abril de 2020). scielo. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382020000100100
- Horna, A. A. (2012). Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa. Lima: Universidad de San Martín de Porres.
- M. C. Reyes - J. J. Rubio (2014) Descripción De Los Sistemas De Recolección Y Aprovechamiento De Aguas Lluvias [Trabajo de Grado]
- Montes Correa, O. D. (2014). Diseño de un sistema de captación y reutilización de aguas lluvias en la planta de Villa Hernández y Cia sas para uso sanitario.
- E. J. Robles - D. M. Moreno (2022) Lineamientos Para potencializar el Uso del agua Lluvia
- Ruiz, P. R. (2001). Abastecimiento de agua. PR Ruiz, Abastecimiento de Agua.

LEY 373 DE 1997 Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua Diario Oficial No. 43.058 de 11 de junio de 1997

NTC-1500 CODIGO COLOMBIANO DE INSTALACIONES
HIDRAULICAS Y SANITARIAS Tercera Actualización 2017-08-23

NTC- 4576 DESINFECCIÓN DE INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE
AGUA POTABLE 1999-01-20

MAGNA-SIRGAS Sistema de referencia oficial de Colombia Obtenido de
<https://www.igac.gov.co/es/contenido/areas-estrategicas/magna-sirgas>

Google. (2020). [Mapa de Google Maps del sector de la sultana]. Recuperado el 23 de abril, 2020.

Resolución 2400 de 1979 Por la cual se establece algunas disposiciones sobre vivienda higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.

Torres H. (2019). La captación del agua lluvia como solución en el pasado y el presente. Riha vol.40 no.2

R. Hernández - C. P. Mendoza (2018) Metodología de la investigación Las rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta

Urueña M., Ardila P., (2018). Propuesta Y Evaluación De Un Sistema De Aprovechamiento De Agua Lluvia En La Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Sede Bosa Porvenir, Como Alternativa Para El Ahorro De Agua Potable.[Trabajo de grado, Universidad distrital francisco josé de caldas].

Perez J. (2021). Medición y caracterización de la calidad del agua lluvia de escorrentía en cubierta para el diseño de un sistema de aprovechamiento implementado a descargas en la

institución educativa municipal nuevo horizonte de Girardot, Cundinamarca sede principal, bloque b. [Trabajo de grado, Universidad piloto de Colombia.

Ortiz. W. , Velandia W. (2018). Propuesta Para La Captación Y Uso De Agua Lluvia En Las Instalaciones De La Universidad Católica De Colombia A Partir De Un Modelo Físico De Recolección De Agua. Proyecto de Grado [Universidad Católica de Colombia].

Bejarano. C. (2023). Investigación Para La Implementación De Un Sistema De Captación Y Reutilización De Aguas Lluvias En El Conjunto Residencial Campo Alegre El Dorado En Ricaurte Cundinamarca. [Monografía, Universidad Piloto de Colombia].

Trujillo. B., Acevedo. M. (2020). Guía para el diseño de captación, recolección y aprovechamiento de aguas lluvias orientado a conjuntos residenciales. [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia].

Mielo J. (2018). Evaluación del sistema de captación y aprovechamiento del agua lluvia implementado en el Aeropuerto Internacional El Dorado de Bogotá. [Trabajo de grado, Universidad de la Salle].

Guzman L., Barros H., (2018). Recolección y aprovechamiento de aguas pluviales, mediante Sistemas de recolección. [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].

Caicedo D., Loaiza M., Mahecha M., Martinez R. (2022). Diseño de un modelo de captación y distribución de aguas lluvia en baterías sanitarias. [Trabajo de grado, Universidad Piloto de Colombia].

PAVCO WAVIN. (24 de Febrero de 2020). Pavco Wavin Colombia. Obtenido de <https://pavcowavin.com.co>

Salinas López, J. C.; Cavazos González, R. A.; Vera Herrera, J. A (2016). Evaluación de un sistema de captación de agua de lluvia en la zona metropolitana de Monterrey (Salinas Cavazos vera 2016)

Consejo de Construcción Ecológica de EE. UU. (2023). Sistema de calificaciones LEED.

Obtenido de <https://www.usgbc.org/leed>