

MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS EN LA
UNIDAD AGROAMBIENTAL EL VERGEL – EXTENSIÓN FACATATIVÁ.



DAYANA ALEJANDRA BELTRÁN RIVERA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
FACATATIVÁ, COLOMBIA
2025

MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS EN LA
UNIDAD AGROAMBIENTAL EL VERGEL – EXTENSIÓN FACATATIVÁ.

DAYANA ALEJANDRA BELTRÁN RIVERA

INFORME DE PASANTÍAS

DOCENTE TUTOR:

DIONNE PAOLA BALLESTEROS PINTOR

Magister en Ciencias Biología

ASESOR EXTERNO:

JUAN DAVID CRUZ MARIN

Ingeniero Ambiental y Auditor Interno HSEQ

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
FACATATIVÁ, COLOMBIA

2025

Nota De Aceptación

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL
JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

Facatativá, mayo de 2025

Dedicatoria

Este informe y en general este logro grande para mí, quiero dedicárselo a una persona que sin importar el momento o la situación por la que pasáramos desde niña siempre sabía que podía contar con ella para lo que fuera, así fuera algo muy sencillo como un abrazo o hablar por un rato, una persona en quien podía confiar sin preocuparme por ser juzgada, mi abuelita, que aunque un cáncer te haya arrebatado de mi lado en Diciembre y ya no estés conmigo, sé que estuviste conmigo durante todo este proceso, y estarás orgullosa de mí.

Agradecimientos

A DIOS:

Ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera con éxito.

A MI NOVIO:

Por motivarme cada día para no rendirme, por entender el esfuerzo y tiempo que debí dedicarle a cada una de las actividades de mi carrera, por tener siempre una sonrisa para mí, sin importar cuan estresada u ocupada me encontrara. Que, aunque estuviéramos a distancia eso no fue impedimento para fortalecerme el cada día en mi formación profesional.

A MI FAMILIA:

Mis padres que, aunque no tengamos la misma comunicación de antes, les agradezco por formarme como la persona que soy hoy en día, mi hermano por ser mi cómplice y apoyarme en mis sueños y decisiones y estar siempre conmigo.

A LOS DIRECTIVOS Y DOCENTES:

Por orientarme en todo el proceso por el paso de mi carrera, por cada uno de los conocimientos adquiridos y consejos dados.

A MIS AMIGOS:

Pocos, pero más que compañeros, gracias por compartir momentos alegres, pero también por los momentos difíciles en los cuales aprendimos y de los que surgió una amistad fuerte y sincera.

Contenido

1. Introducción	13
1.1 Planteamiento del problema.....	14
1.2 Justificación.....	17
2. Objetivos	18
2.1 Objetivo general	18
2.2 Objetivo específico.....	18
3. Marco referencial	18
3.1 Marco conceptual	18
3.2 Marco teórico	20
3.3 Marco legal.....	22
4. Recursos físicos, talento humano y metodología	25
4.1 Ubicación y características agroclimatológicas.....	25
4.2 Infraestructura, equipos y personal	27
4.3 Metodología	28
4.3.1 Realizar un diagnóstico del sistema de recolección de aguas lluvias.....	28
4.3.2 Diseñar un sistema mejorado de captación de aguas lluvias.....	32
4.3.3 Proponer un presupuesto económico para el sistema de aguas lluvias	36
5. Resultados obtenidos.....	37
5.1 Realizar un diagnóstico del sistema de recolección de aguas lluvias.....	37
5.2 Diseñar un sistema mejorado de captación de aguas lluvias.....	42
5.3 Proponer un presupuesto económico para el sistema de aguas lluvias	52
6. Conclusiones	57

7. Bibliografía.....	59
8. Anexos	62

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Normativa institucional, nacional</i>	22
Tabla 2. <i>Lista verificación fase diagnóstica</i>	37
Tabla 3. <i>Datos de caudal en días lluviosos</i>	41
Tabla 4. <i>Datos de medición balde en ausencia de lluvias</i>	42
Tabla 5. <i>Datos pluviométricos del municipio de Facatativá</i>	44
Tabla 6. <i>Formato presupuesto detallado proveedor N°2</i>	52
Tabla 7. <i>Formato proveedores y cotizaciones</i>	55

Lista de figuras

Figura 1. <i>Mapa ubicación de Facatativá en Cundinamarca</i>	27
Figura 2. <i>Mapa ubicación de la UAA El Vergel en Facatativá</i>	27
Figura 3. <i>Registros bajos de precipitación anual en Facatativá</i>	45
Figura 4. <i>Registros altos de precipitación anual en Facatativá</i>	46
Figura 5. <i>Medida frontal izquierdo UAA El Vergel</i>	50
Figura 6. <i>Medida frontal derecha UAA El Vergel</i>	51
Figura 7. <i>Desglose de los materiales, lateral derecho</i>	54
Figura 8. <i>Desglose de los materiales, lateral derecho</i>	54
Figura 9. <i>Ubicación plano frontal UAA El Vergel</i>	62
Figura 10. <i>Ubicación superior UAA El Vergel</i>	62
Figura 11. <i>Ubicación vista derecha UAA El Vergel</i>	63
Figura 12. <i>Ubicación vista izquierda UAA El Vergel</i>	63
Figura 13. <i>Cotización material 1</i>	64
Figura 14. <i>Cotización proveedor 1 y 2</i>	64
Figura 15. <i>Cotización material 2</i>	65
Figura 16. <i>Cotización material 3</i>	65
Figura 17. <i>Cotización material 4</i>	66
Figura 18. <i>Inspección techos</i>	66
Figura 19. <i>Inspección tanque</i>	67

Título

Mejoramiento del sistema de captación de aguas lluvias en la Unidad Agroambiental El Vergel –
Extensión Facatativá.

Resumen

Este estudio aborda el mejoramiento de un sistema de captación de aguas lluvias con el propósito de analizar/comprender/explorar que el cambio climático representa una de las mayores amenazas del siglo XXI, afectando al medio ambiente, la sociedad y la economía global. Sus manifestaciones incluyen el aumento de temperaturas, fenómenos climáticos extremos y pérdida de biodiversidad, lo que pone en riesgo la sostenibilidad del planeta. Ante esta situación, se hace urgente implementar estrategias de mitigación y adaptación, como los sistemas de recolección de aguas lluvias, que contribuyen al uso eficiente del recurso hídrico y a la reducción de impactos negativos como sequías e inundaciones. El objetivo general consiste en proponer la mejora de un sistema de recolección de agua lluvia en la UAA El Vergel. Para alcanzar este propósito, se emplearon métodos de diagnóstico, diseño y finalmente el presupuesto. Los resultados obtenidos muestran que, para suplir las necesidades básicas de uso de agua, la instalación de doble sistema es la mejor opción. En conclusión, se determina que los sistemas de recolección son un forma útil y económica de implementar.

Palabras clave: ambiental, datos, lluvia, meteorológicos, recolección, sistemas.

Abstract

The This study addresses the improvement of a rainwater harvesting system with the purpose of analyzing/understanding/exploring that climate change represents one of the greatest threats of the 21st century, affecting the environment, society, and the global economy. Its manifestations include rising temperatures, extreme weather events, and biodiversity loss, which put the planet's sustainability at risk. Given this situation, it is urgent to implement mitigation and adaptation strategies, such as rainwater harvesting systems, which contribute to the efficient use of water resources and the reduction of negative impacts such as droughts and floods. The overall objective is to propose the improvement of a rainwater harvesting system at the El Vergel AAU. To achieve this goal, diagnostic, design, and, finally, budgeting methods were employed. The results obtained show that, to meet basic water use needs, installing a dual system is the best option. In conclusion, it is determined that collection systems are a useful and economical implementation.

Keywords: environmental, data, rain, meteorological, collection, systems.

1. Introducción

El cambio climático es una de las mayores amenazas ambientales, sociales y económicas del siglo XXI. Su impacto se manifiesta en el aumento de las temperaturas globales, la intensificación de eventos climáticos extremos y la pérdida de biodiversidad, lo que pone en riesgo la sostenibilidad del planeta (IPCC, 2021). Ante este panorama, es fundamental desarrollar estrategias que contribuyan a la mitigación y adaptación a sus efectos, como la implementación de sistemas de recolección de aguas lluvias.

Estos sistemas representan una alternativa sostenible para optimizar el uso del recurso hídrico, reducir la dependencia de fuentes tradicionales de abastecimiento y minimizar el impacto de fenómenos como sequías e inundaciones. En este sentido, las entidades académicas e investigativas deben asumir un rol protagónico en la generación de conocimiento y en la búsqueda de soluciones innovadoras que fomenten el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia, promoviendo así la resiliencia climática y la sostenibilidad urbana y rural.

La educación y la investigación desempeñan un papel clave en la lucha contra el cambio climático. Según Sterling (2010), es fundamental que los espacios educativos fomenten el aprendizaje crítico y la innovación, promoviendo un enfoque interdisciplinario que permita abordar la complejidad del problema. En este sentido, las universidades y centros de investigación deben impulsar proyectos que integren ciencia, tecnología y políticas públicas para desarrollar estrategias de mitigación y adaptación efectivas (Rockström et al., 2009). Además, la colaboración entre distintos actores académicos, gobiernos, sector privado y sociedad civil es esencial para implementar soluciones sostenibles. Como señala Leal Filho (2018), los espacios académicos deben facilitar el intercambio de conocimientos y la co-creación de respuestas a los desafíos climáticos, promoviendo una transición hacia modelos de desarrollo más resilientes y sostenibles.

En este contexto, el fortalecimiento de la educación ambiental, el desarrollo de tecnologías limpias y la formulación de políticas basadas en evidencia científica se presentan como pilares fundamentales para enfrentar la crisis climática. Solo a través de un compromiso decidido desde la academia y la investigación será posible reducir el impacto de las actividades humanas y construir un futuro más sostenible para las próximas generaciones.

La Universidad de Cundinamarca, como institución de educación superior comprometida con la sostenibilidad, busca consolidarse como una universidad verde mediante la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA). Este sistema permitirá fomentar una cultura ambiental, asegurar el cumplimiento normativo, optimizar el uso de recursos, desarrollar programas ambientales alineados con el Plan Institucional de Gestión Ambiental (PIGA) y promover la formación y sensibilización ambiental en la comunidad universitaria. La universidad de Cundinamarca extensión Facatativá presenta consigo la política ambiental manifestada en su Plan Institucional de Gestión Ambiental (PIGA), en el cual se busca la dar el cumplimiento a los diversos programas planteados como: Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIR), el Programa de Uso Eficiente de Energía (PUEE), el Programa de Uso Eficiente del Agua (PUEA), el Programa de Eco Prácticas Eficientes que integra las actividades relacionadas con Uso Eficiente de Materiales, Uso Eficiente de Servicios Ecosistémicos y Proyectos Ambientales Universitarios, garantizando un uso adecuado de los recursos y una disminución significativa de los impactos ambientales. (Sistema de Gestión Ambiental, 2024).

1.1 Planteamiento del problema

En Colombia, la disponibilidad y calidad del agua se han visto gravemente afectadas en los últimos años debido a diversos factores, entre los que destacan el cambio climático, la

deforestación y la contaminación de fuentes hídricas. El país, a pesar de ser considerado rico en recursos hídricos, enfrenta problemáticas como la reducción de precipitaciones en algunas regiones y el aumento de eventos extremos, como sequías e inundaciones, lo que pone en riesgo la seguridad hídrica de muchas comunidades (IDEAM, 2021).

El cambio climático ha intensificado la variabilidad climática, provocando alteraciones en los patrones de lluvia y afectando la disponibilidad del recurso hídrico en zonas rurales y urbanas. Según un informe del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), en los últimos años se ha evidenciado una disminución en la oferta de agua en diversas cuencas del país, especialmente en regiones como la Sabana de Bogotá y la Costa Caribe, donde los períodos de sequía se han extendido y las fuentes hídricas han sufrido un deterioro significativo (IDEAM, 2021). Adicionalmente, la contaminación de fuentes hídricas por actividades agrícolas, industriales y domésticas ha comprometido la calidad del agua disponible para consumo y uso agroambiental. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2022), el 50% de los cuerpos de agua superficiales del país presentan algún grado de contaminación, lo que genera un desafío en términos de saneamiento y tratamiento del recurso hídrico.

Facatativá es una de las zonas que ha experimentado periodos de sequía marcados, lo que ha llevado a la implementación de medidas de racionamiento de agua para la población. Esta situación resalta la necesidad de una gestión más eficiente del recurso hídrico en la región, especialmente en sectores que dependen del agua para actividades agroambientales y productivas. En septiembre de 2024, Facatativá enfrentó nuevamente una grave crisis de agua debido a más de 50 días sin lluvias. El embalse Gatillo Cero, con una capacidad de 400.000 metros cúbicos, se redujo a solo 110.000 metros cúbicos disponibles para consumo, lo que garantizaba agua únicamente para 28 días (Mutantes TV, 2024). En noviembre del mismo año, la situación se agravó

por el desvío ilegal de fuentes de agua y la falta de precipitaciones, lo que llevó a la sequía de ríos y quebradas vitales. Las autoridades locales intensificaron los operativos para frenar el uso indiscriminado de agua para actividades agrícolas y otras intervenciones ilegales (El Dorado Radio, 2024).

Estos eventos resaltan la necesidad de una gestión sostenible y consciente de los recursos hídricos en Facatativá para mitigar los efectos adversos de las sequías y garantizar el suministro de agua a la población. Según Robledo-Buitrago y Bayona-Penagos (2023), la percepción del cambio climático por parte de los agricultores de la región ha llevado a la implementación de estrategias de adaptación en los sistemas agroalimentarios, con el fin de minimizar el impacto de la escasez de agua en la producción agrícola (Luna Azul, 2023).

En este contexto, la Unidad Agroambiental El Vergel – Extensión Facatativá enfrenta dificultades en la captación y aprovechamiento de aguas lluvias, lo que limita su capacidad de garantizar un suministro adecuado para sus actividades agrícolas y ambientales. La ausencia de un sistema eficiente de recolección y almacenamiento de agua de lluvia representa un riesgo frente a períodos de sequía prolongada, comprometiendo la sostenibilidad de la unidad y la producción agroambiental.

La Universidad de Cundinamarca enfrenta desafíos significativos relacionados con la gestión sostenible de los recursos hídricos y energéticos. Actualmente, la Unidad Agroambiental depende del nacedero Moravia para su suministro de agua, lo que genera una presión considerable sobre esta fuente natural, esta problemática nos ayudaría a enmarcar 3 dimensiones que aplican al proyecto que están en el MEDIT las cuales son: Institución, Aula y Naturaleza. (MEDIT,2022)

1.2. Justificación

El desarrollo de este proyecto se fundamentó en el compromiso de la Universidad de Cundinamarca en el marco de la dimensión Naturaleza de Modelo Educativo Digital Transmoderno MEDIT, implementa a nivel institucional el Sistema de Gestión Ambiental bajo la ISO 14001: 2015.

Para ISO 14001, la enmienda permite ampliar el enfoque tradicional de la gestión ambiental para incluir consideraciones relacionadas con el cambio climático. La Universidad de Cundinamarca, ubicada en una región con ecosistemas sensibles, enfrenta desafíos ambientales que requieren una respuesta informada y proactiva. La huella hídrica se clasifica en tres tipos: azul, que corresponde al agua extraída de fuentes superficiales y subterráneas; verde, que hace referencia al agua de lluvia almacenada en el suelo y absorbida por las plantas; y gris, que representa la cantidad de agua contaminada durante los procesos productivos y que requiere tratamiento antes de ser reutilizada (Hoekstra et al., 2011). En este contexto, la recolección de aguas lluvias se presenta como una estrategia sostenible que contribuye a disminuir la presión sobre las fuentes hídricas tradicionales y a mejorar la gestión integral del recurso.

El aprovechamiento de aguas pluviales contribuye a la reducción de la huella hídrica azul al disminuir la dependencia de fuentes convencionales como ríos y acuíferos, lo que es especialmente relevante en regiones con estrés hídrico. Asimismo, su implementación favorece la resiliencia ante eventos climáticos extremos, mitigando los efectos de la sequía y controlando el escurrimiento superficial, lo que previene inundaciones y erosión del suelo (UNESCO, 2020).

Desde una perspectiva de sostenibilidad, el uso de la recolección de aguas lluvias promueve un manejo más eficiente del ciclo del agua, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente con el ODS 6, que busca garantizar la disponibilidad y gestión sostenible

del agua y el saneamiento para todos. De este modo, integrar esta estrategia en el diseño de políticas públicas y prácticas industriales no solo permite optimizar el uso del agua, sino también reducir los impactos ambientales asociados a su consumo excesivo y contaminación (WWF, 2018).

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Proponer la mejora al sistema de captación de aguas lluvias en la Unidad Agroambiental El Vergel – Extensión Facatativá, como aporte a la sostenibilidad del recurso hídrico.

2.2 Objetivos Específicos

2.2.1 Realizar un diagnóstico del sistema de captación de aguas lluvias en la Unidad Agroambiental El Vergel – Extensión Facatativá.

2.2.2 Diseñar un sistema mejorado de captación de aguas lluvias en la Unidad Agroambiental El Vergel– Extensión Facatativá.

2.2.3 Proponer un presupuesto económico para el diseño de captación de aguas lluvias en la Unidad Agroambiental El Vergel– Extensión Facatativá.

3. Marco referencial

3.1 Marco conceptual

La huella de carbono es un indicador ambiental que mide la cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos directa o indirectamente por una persona, organización, evento o producto, expresada en toneladas de CO₂ equivalente (CO₂e) (Wiedmann & Minx, 2008). Se calcula considerando el ciclo de vida de un producto o actividad, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final (IPCC, 2014).

La huella hídrica es un indicador ambiental que mide el volumen total de agua dulce consumida, directa o indirectamente, por una persona, organización, evento o producto a lo largo de su ciclo de vida, expresada en metros cúbicos (m³) (Hoekstra et al., 2011). Su cálculo incluye el agua utilizada en la producción de bienes y servicios, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final, diferenciando entre huella hídrica azul (agua superficial y subterránea), verde (agua de lluvia incorporada en cultivos) y gris (agua contaminada requerida para diluir contaminantes hasta niveles ambientalmente aceptables) (Water Footprint Network, 2020).

El cambio climático se refiere a modificaciones significativas y persistentes en los patrones climáticos globales o regionales debido a factores naturales y, principalmente, a actividades humanas como la quema de combustibles fósiles y la deforestación (NASA, 2020). Este fenómeno se evidencia en el aumento de la temperatura media del planeta, cambios en los regímenes de lluvias y eventos climáticos extremos (IPCC, 2021).

Los paneles solares son dispositivos diseñados para capturar la energía del sol y convertirla en electricidad o calor mediante el efecto fotovoltaico o la energía solar térmica, respectivamente (Luque & Hegedus, 2011). Se han convertido en una solución clave para la generación de energía renovable y la reducción de emisiones de CO₂ (Jacobson & Delucchi, 2011).

Un sistema de recolección de aguas lluvias es un conjunto de tecnologías e infraestructuras diseñadas para captar, almacenar y utilizar el agua de lluvia con fines domésticos, industriales o agrícolas, reduciendo la demanda de fuentes de agua potable y minimizando el impacto ambiental (Gould & Nissen-Petersen, 1999). La implementación de estos sistemas contribuye a la gestión sostenible del recurso hídrico y la resiliencia ante el cambio climático (UNESCO, 2018).

3.2 Marco teórico

El diseño de sistemas de captación de aguas lluvias constituye un componente esencial dentro de la gestión sostenible del recurso hídrico, especialmente en contextos urbanos donde la presión sobre las fuentes de agua potable es creciente. Según Villarini y Smith (2013), estos sistemas permiten recolectar, almacenar y aprovechar el agua de lluvia, disminuyendo así la demanda sobre fuentes tradicionales. Un diseño eficiente debe considerar múltiples elementos, entre ellos techos captadores, canaletas, filtros y tanques de almacenamiento, los cuales deben integrarse de manera adecuada para garantizar un suministro seguro, constante y de calidad (Fewkes & Warm, 2000). La correcta implementación de estos sistemas depende de variables como el régimen de precipitaciones, el área de captación disponible, la calidad requerida del agua según su uso final y las características particulares del entorno (Campisano & Modica, 2010).

Uno de los principales beneficios de estos sistemas es la reducción en el consumo de agua potable, lo cual representa un avance significativo hacia la sostenibilidad. La captación de aguas lluvias no solo disminuye el uso de recursos hídricos convencionales, sino que también promueve una distribución más eficiente del agua, aliviando la presión sobre acuíferos, ríos y embalses. Esta estrategia fomenta una mayor resiliencia frente a la escasez hídrica y al cambio climático, al tiempo que impulsa un modelo de desarrollo ambientalmente responsable. Como destacan Domènech y Saurí (2011), reutilizar el agua de lluvia en actividades no potables —como riego de jardines, lavado de superficies o descarga de sanitarios— puede reducir considerablemente la carga sobre los sistemas públicos de abastecimiento. En efecto, investigaciones han demostrado que estos sistemas pueden cubrir entre el 30 % y el 50 % de la demanda doméstica de agua no potable, generando además un ahorro económico significativo tanto para usuarios como para operadores del servicio (Gould & Nissen-Petersen, 1999).

Desde una perspectiva económica y operativa, los beneficios de la captación de aguas lluvias se extienden al ámbito de la infraestructura y la gestión pública. Al reducir el volumen de agua que debe ser tratada y distribuida, disminuyen también los costos asociados a estas operaciones, además de prolongarse la vida útil de redes de abastecimiento y plantas de tratamiento (Ward, Memon & Butler, 2010). Esto permite liberar recursos que pueden ser invertidos en otras áreas prioritarias, como la expansión de cobertura en zonas vulnerables o el desarrollo de tecnologías limpias. Asimismo, la descentralización parcial del acceso al agua mediante estos sistemas contribuye a una mayor autonomía hídrica y una gestión más participativa del recurso, involucrando activamente a la ciudadanía en prácticas de sostenibilidad.

En términos ambientales, los sistemas de captación de aguas lluvias desempeñan un papel crucial en la mitigación de los impactos negativos de la urbanización sobre los ecosistemas acuáticos. La impermeabilización del suelo en áreas urbanas reduce la infiltración natural del agua y genera un aumento de la escorrentía superficial, lo que provoca fenómenos como inundaciones, erosión de cauces y contaminación de cuerpos hídricos (Fletcher et al., 2013). La implementación de estos sistemas permite disminuir el volumen de agua que se descarga en los drenajes urbanos, ayudando a prevenir la sobrecarga de las redes de alcantarillado y reduciendo la probabilidad de eventos extremos (Mitchell, 2007). Además, al promover una relación más equilibrada entre la ciudad y el ciclo hidrológico, se contribuye a restaurar los procesos naturales de recarga de acuíferos y a preservar la integridad de los ecosistemas acuáticos.

Estudios recientes han señalado que la integración de tecnologías inteligentes en los sistemas de captación de aguas lluvias, como sensores de nivel, automatización de válvulas y monitoreo remoto, mejora significativamente la eficiencia operativa y la capacidad de adaptación frente a eventos climáticos extremos. Por ejemplo, Behzadian et al. (2014) destacan que los

sistemas inteligentes permiten optimizar el almacenamiento según la previsión de lluvias, lo que maximiza la captación y reduce riesgos de desbordamiento. Esta innovación tecnológica resulta especialmente relevante en ciudades densamente pobladas, donde el espacio disponible para almacenamiento es limitado y las exigencias de gestión hídrica son mayores.

Por otro lado, la aceptación social y cultural de los sistemas de captación pluvial es un factor clave para su adopción masiva. Según Devkota, Schlachter y Drewes (2015), la percepción positiva sobre la calidad del agua recolectada y la confianza en la infraestructura instalada influyen directamente en la disposición de las personas a utilizar este tipo de soluciones. Por ello, es fundamental acompañar la implementación técnica con campañas educativas y estrategias de comunicación que sensibilicen a la comunidad sobre los beneficios ambientales, económicos y sociales del uso de aguas lluvias. La participación ciudadana y la apropiación del conocimiento son, en este sentido, elementos indispensables para garantizar el éxito y la sostenibilidad de estos sistemas a largo plazo.

3.3 Marco legal

La universidad de Cundinamarca ha gestionado varias resoluciones y decretos donde se enfoca el Sistema de Gestión Ambiental, como se evidencia en la tabla 1.

Tabla 1. *Normativa institucional, nacional*

Norma	Título	Entidad	Descripción
Ley 1931 de 2018	Directrices para la gestión del cambio climático.	Función pública	Establecer las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las personas públicas y privadas, la concurrencia de la Nación, Departamentos, Municipios, Distritos, Áreas Metropolitanas y Autoridades Ambientales principalmente en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases

			efecto invernadero, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país frente a los efectos del mismo y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono.
Ley 373 de 1997	Programa para el uso eficiente y ahorro del agua.	Función pública	Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Decreto 1076 del 2015	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	Función pública	Reglamenta la inmensa mayoría de los asuntos jurídico-ambientales del país, entre ellos: la Estructura del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, la biodiversidad, aguas no marítimas, aguas marítimas, vertimientos, aire, calidad del aire, niveles de contaminación.
PIGA 2024	Plan Institucional de Gestión Ambiental	Universidad de Cundinamarca	Consolida las estrategias del Sistema de Gestión Ambiental SGA a través de los programas ambientales que lo conforman Programa de Gestión Integral de Residuos - PGIR, Programa de Uso Eficiente de Energía - PUEE, Programa de Uso Eficiente de Agua

			- PUEA, Programa de Eco Prácticas Eficientes que integra las actividades relacionadas con Uso Eficiente de Materiales, Uso Eficiente de Servicios Ecosistémicos y Proyectos Ambientales Universitarios.
Resolución 40156 / 2022	Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía	Ministerio de Minas y energía	Establece como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético.
Resolución 070 / 2021	Concesión de Aguas Superficiales a la Unidad Agroambiental El Vergel	CAR	Establece y permite adquirir el derecho a usar o aprovechar las aguas de uso público.
ISO 14001: 2015	Sistema de Gestión Ambiental	Universidad de Cundinamarca	Establece los principios y las normas básicas para asegurar la implementación y el funcionamiento del Sistema de los recursos naturales y el medio ambiente, que incluye las interacciones sociales que fortalezcan la protección y uso sostenible de los recursos naturales y del medio ambiente.

Resolución 155 / 2018	Política de gestión ambiental de la Universidad de Cundinamarca.	Universidad de Cundinamarca	Establece el compromiso ambiental basado en las normas técnicas internacionales vigentes.
--------------------------	--	-----------------------------------	---

Fuente. (Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, s. f.), (Ley 1931 de 2018 - Gestor Normativo, s. f.), (Universidad de Cundinamarca, 2025), (Ley 373 de 1997 - Gestor Normativo, s. f.), (Webmaster, s. f.), (PROURE, 2023).

4. Recursos físicos, Talento humano y Metodología

4.1 Ubicación y características agroclimatológicas

La pasantía se llevó cabo en la Universidad de Cundinamarca - Extensión Facatativá de la Universidad de Cundinamarca en la intersección de la Calle 14 con la Avenida 15 entre latitudes

4°49'45" norte y 74°21'18" oeste, como se puede observar en la Figura 1. Y en la Unidad Agroambiental El Vergel en la vereda Mancilla con latitudes 4°52'2.38" norte y 74°20'29.70" oeste, como se puede observar en la Figura 2.

La extensión de Facatativá está ubicada en el departamento de Cundinamarca, al ser sabana de Bogotá se consideran tierras frías, tiene una extensión de 20.248 m², Facatativá, ubicado en el altiplano cundiboyacense del departamento de Cundinamarca, presenta una notable riqueza biológica gracias a su ubicación geográfica, altitud y características climáticas. A pesar de la creciente urbanización, este municipio aún conserva una variedad de ecosistemas que albergan una importante diversidad de flora y fauna, especialmente en sus áreas rurales, relictos de bosque altoandino y zonas de ronda hídrica.

En cuanto a la flora, Facatativá cuenta con especies tanto nativas como introducidas. Entre las especies nativas destacan el arrayán (*Myrcianthes leucoxylla*), el cucharo (*Myrsine guianensis*), el siete cueros (*Tibouchina lepidota*), la mano de oso (*Oreopanax floribundus*) y la uva camarona (*Macleania rupestris*), todas ellas características del bosque altoandino (Instituto Humboldt, 2014). Estas especies cumplen funciones ecológicas clave, como la captura de carbono, la protección del suelo y la provisión de alimento y refugio para la fauna local. Asimismo, en espacios urbanos y periurbanos predominan especies ornamentales como *Duranta erecta*, *Rosa spp.* y eucaliptos (*Eucalyptus globulus*), muchas de las cuales fueron introducidas sin considerar su impacto ecológico.

La fauna de Facatativá también es diversa. Entre los mamíferos más representativos se encuentran el zorro perro (*Cerdocyon thous*), el borugo (*Cuniculus paca*) y el perezoso de tres dedos (*Bradypus variegatus*), este último más común en sectores rurales boscosos (Vanegas et al., 2017). En cuanto a las aves, se han registrado especies como el mirlo patinaranja (*Turdus fuscater*),

la tangara multicolor (*Tangara chilensis*), el atrapamoscas (*Empidonax minimus*), y varias especies de colibríes y búhos (Lozano-Zambrano et al., 2009). Esta diversidad aviar convierte a Facatativá en un punto de interés para la observación de aves, especialmente en sectores como el cerro Manjui y la laguna La Herrera.

Además, reptiles como el lagarto collarero (*Stenocercus trachycephalus*) y anfibios como la rana sabanera (*Leptodactylus colombiensis*) forman parte del inventario biológico de la zona. Estos grupos son particularmente sensibles a las alteraciones del hábitat, por lo que su presencia es un indicador de la calidad ambiental (Lozano-Zambrano et al., 2009). La conservación de esta biodiversidad requiere estrategias de protección, restauración de hábitats, educación ambiental y ordenamiento territorial, especialmente frente a las amenazas del crecimiento urbano descontrolado y la contaminación de fuentes hídricas como la quebrada La Grande. La riqueza natural de Facatativá representa no solo un valor ecológico sino también una oportunidad para fortalecer procesos de desarrollo sostenible, turismo ecológico y participación comunitaria en la conservación del entorno. Su cuerpo hídrico es el Río Botello, ya para las condiciones ambientales tiene una humedad relativa alta de (84%), el mes de lluvias más alto es abril (183 mm) y el menor con es enero (49 mm); el mes de temperatura más alto es marzo (14.7°C) y el mes más bajo es diciembre (13.1°C) y en la Unidad Agroambiental El Vergel cuenta con un punto de captación que es el Nacedero Moravia con un total otorgado de 0.33 L/s que es de uso doméstico, pecuario y riego (agrícola), sus latitudes 4° 52' 26,84" norte y 74°20'55,25" oeste. (Lozano-Zambrano et al.,2009).



Figura 1. Mapa ubicación de Facatativá en Cundinamarca. Fuente: Propia.



Figura 2. Mapa ubicación de la Unidad Agroambiental El Vergel en Facatativá. Fuente: Propia.

4.2 Infraestructura, equipos y personal

- Universidad de Cundinamarca - Extensión Facatativá
- Estación meteorológica - Unidad Agroambiental El Vergel

Durante el proceso de pasantía, se contó con el apoyo por parte de la Universidad de Cundinamarca por parte del ingeniero Juan David Cruz, a su vez de la profesora tutor Dionne Paola

Ballesteros y docentes como el profesor Víctor Eduardo Banoy, el profesor Karel Aldrin Sánchez y un docente externo como el profesor Mauricio Mesa Caro.

4.3 Metodología

4.3.1 Realizar un diagnóstico del sistema de captación de aguas lluvias en la Unidad Agroambiental El Vergel – Extensión Facatativá.

Para abordar de manera integral la evaluación y mejora del sistema de captación de aguas lluvias en la Unidad Agroambiental El Vergel–Extensión Facatativá, se propusieron dos fases: primero, un diagnóstico detallado de los sistemas existentes; segundo, el diseño de un sistema optimizado de captación a través de techos.

1. Recolección de Información Preliminar:

- ✓ Documentación técnica: Se revisaron planos, manuales y registros históricos de mantenimiento de los sistemas actuales.
- ✓ Entrevistas: Se dialogó con el personal encargado del mantenimiento y operación para identificar problemas recurrentes y percepciones sobre el desempeño del sistema.

2. Inspección Física:

- ✓ Evaluación de estructuras de captación: Se examinó el estado de los techos utilizados para la captación, verificando materiales, pendientes y posibles obstrucciones.
- ✓ Revisión de canaletas y bajantes: Se comprobó la integridad y limpieza de canaletas y tuberías, asegurando una conducción eficiente del agua, esto se comprobó de la siguiente manera:

- Inspección visual

Se revisó si había hojas, ramas, polvo o suciedad acumulada en las canaletas. Se buscaron señales de fisuras, corrosión, grietas o deformaciones en las tuberías. Se comprobó que las uniones y soportes estuvieran firmes y sin fugas.

- Prueba con agua

Se vertió agua con una manguera o balde en la canaleta y se observó el flujo. Si el agua fluía lentamente o se acumulaba, se identificó una posible obstrucción. Se observaron posibles goteos o fugas en las uniones.

- ✓ Inspección de tanques de almacenamiento: Se evaluó la capacidad, condiciones de limpieza, presencia de filtraciones y sistemas de seguridad de los tanques.

- Evaluación de la Capacidad del Tanque

Se analizó si el tanque podía almacenar el volumen de agua requerido (obtenido en el ítem 3) de manera eficiente. Se evaluaron los siguientes aspectos:

Capacidad volumétrica: Se comparó la capacidad del tanque con la demanda de agua y la tasa de recolección de lluvia.

Condiciones estructurales: Se verificó que el tanque no tuviera grietas, fugas o daños en las paredes o base.

Flujo de entrada y salida: Se revisó que las tuberías de entrada y salida permitieran un flujo adecuado de agua sin obstrucciones.

Ubicación y estabilidad: Se aseguró que el tanque estuviera instalado en un área estable y nivelada, sin riesgo de inclinación o colapso.

Sistema de rebose y drenaje: Se confirmó que existieran mecanismos para evitar desbordamientos y para facilitar el drenaje cuando fuera necesario

- Evaluación de las Condiciones de Limpieza

Para garantizar que el agua almacenada se mantuviera en condiciones seguras para su uso, se revisaron los siguientes factores:

Presencia de sedimentos o lodos: Se inspeccionó visualmente el fondo del tanque para verificar acumulación de residuos.

Estado de las paredes internas: Se comprobó que no hubiera algas, hongos, óxido (en tanques metálicos) o acumulación de biopelículas.

Tapa y acceso al tanque: Se verificó que el tanque estuviera bien sellado para evitar el ingreso de insectos, hojas o contaminantes externos.

Filtros y sistemas de prefiltrado: Se aseguró que los filtros en la entrada del tanque estuvieran en buen estado y se limpiaran regularmente.

Frecuencia de limpieza: Se recomendó limpiar los tanques al menos una vez al año o según normativas locales.

3. Análisis del requerimiento del consumo de agua:

Monitoreo de caudales: Se midió la cantidad de agua captada durante diferentes eventos de lluvia para determinar la eficiencia del sistema, tal como se especificó en el ítem del número de mediciones. Para evaluar la eficiencia sin equipos especializados, se implementó un monitoreo manual:

Uso de Recipientes Graduados: Se colocaron baldes o recipientes con capacidad conocida (por ejemplo, de 10 o 20 litros) en la salida del sistema para medir el tiempo de llenado.

- Cálculo del Caudal

Se registró el tiempo (en segundos o minutos) que toma llenar un recipiente con volumen conocido, se calculó el caudal con la fórmula:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q: Caudal en litros por minuto (L/min)

V: Volumen del recipiente (L)

t: Tiempo de llenado (min)

Registro del Volumen Total: Se midió el nivel de agua en el tanque antes y después de cada evento de lluvia, comparando la cantidad recolectada con la precipitación registrada.

- Frecuencia de Medición

Durante eventos de lluvia: Se tomó la medición al final de cada evento de lluvia.

- Número de Mediciones:

Se realizaron mediciones en al menos 5 eventos de lluvia con diferentes intensidades.

Se monitoreo el nivel del balde una vez por semana en ausencia de lluvias, donde se observó el nivel que había bajado.

4. Identificación de Problemas y Limitaciones:

- ✓ Detección de pérdidas: Se observó para localizar fugas o puntos de evaporación que reduzcan la eficiencia del sistema.
- ✓ Evaluación de mantenimiento: Analizó la frecuencia de las actividades de mantenimiento realizadas.

- ✓ Compatibilidad de materiales: Se verificó que los materiales utilizados sean adecuados esto se verificó con la garantía que nos daban de los materiales mediante las cotizaciones.

5. Informe final- trabajo pasantía:

- ✓ Resumen de hallazgos: Se presentó los resultados obtenidos en las etapas anteriores.

4.3.2 Diseñar un sistema mejorado de captación de aguas lluvias en la Unidad Agroambiental El Vergel – Extensión Facatativá.

1. Determinación de Requerimientos Hídricos:

- ✓ Análisis de demanda: Se calculó el volumen de agua necesario según los diferentes usos (riego, consumo animal, limpieza, etc.).

Para calcular el volumen de agua necesario para cada uso (riego, consumo animal y limpieza), se tomó un método específico con fórmulas concretas:

- Agua para Riego

El agua requerida depende de la evapotranspiración del cultivo (ETc), la superficie del cultivo y la eficiencia del sistema de riego. Con la siguiente formula:

$$V_{riego} = \frac{ETc * Superficie}{Eficiencia\ del\ riego}$$

Donde:

ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm/día o mm/mes). Se convierte en litros (1 mm = 1 L/m²).

Superficie: Tamaño del área de riego en m².

Eficiencia del riego: Este dato se obtuvo de Riego por goteo: 80–95% (0.8–0.95), esto lo encontramos en los manuales técnicos FAO que son las normas agrícolas, y como sabemos los cultivos de la unidad son por goteo. Según un dato establecido por un docente de agronomía la eficiencia del riego de esos cultivos oscila entre los 80% - 85%.

- Agua para Consumo Animal

Se calculó según el número de animales y su consumo promedio diario, esto con la siguiente fórmula:

$$V_{animal} = N * C$$

Donde:

N: Número de animales.

C: Consumo promedio por animal (L/día).

- Agua para Limpieza

Depende del área a limpiar y el consumo unitario de agua por metro cuadrado o unidad específica, con la siguiente fórmula:

$$V_{limpieza} = \text{Área o unidades} * \text{Consumo Unitario}$$

Donde:

Á: (m²). Este dato se obtuvo del número de áreas que limpian en la Unidad que en este caso son 5 áreas.

C: (L). Este dato se obtuvo de los litros que gastaban en lavar cada lugar y se determinó mediante la medida del balde que recolectaban el agua.

- Volumen Total de Agua Requerida

La suma del agua requerida para cada uso:

$$V_{total} = V_{riego} + V_{animal} + V_{limpieza}$$

2. Evaluación Climática:

- ✓ Estudio de precipitaciones: Se analizó los datos históricos de lluvia en la región para estimar la disponibilidad de agua. Esto se realizó con una ventana temporal de (2014-2024) con el siguiente método:

- Recolectar Datos Históricos de Precipitación

Se consultó fuentes oficiales como estaciones meteorológicas locales, institutos de hidrología o plataformas en línea (ej. servicios meteorológicos nacionales).

Se buscó datos de al menos 5 a 10 años para identificar patrones climáticos.

- Organizar la Información

Registró la precipitación mensual y anual (en mm o L/m²).

Identificó los meses con mayor y menor lluvia.

- Calcular la Precipitación Promedio Mensual y Anual

$$P_{promedio} = \frac{\Sigma P_{mensual}}{N^{\circ} \text{ Años}}$$

Donde:

Ppromedio: Es la precipitación promedio en mm/mes o mm/año.

- Identificar Períodos de Sequía y Lluvias Intensas

Se determinó cuantos meses al año tienen precipitaciones bajas.

Se determinó cuantos meses al año tienen precipitaciones altas.

- Estimar la Captación de Agua

Se obtuvo la superficie de captación del sistema (por ejemplo, un techo de 100 m²), y se estimó la cantidad de agua recolectada:

$$\text{Agua Captada} = \text{Panual} * \text{Área de captación} * \text{Ce}$$

Donde:

Agua captada: (mm/m²)

Ce: Es el coeficiente de esorrentía (ej. techo metálico = 0.9). Este dato se tomó de las características que tiene el techo de la Unidad.

3. Sistema de Recolección y Conducción:

- ✓ Diseño de canaletas y bajantes: Se dimensionó las medidas de la bodega y con esto utilizamos el programa CEDREO para diseñar en 3D el diseño de las canaletas y bajantes que en este caso las medidas son ajustadas a la proporción de la bodega, de igual manera las bajantes son proporcional a las medidas de la canaleta.

4. Implementación de Interceptores de Primeras Aguas:

- ✓ Diseño del sistema de descarte Inicial: Se diseñó un dispositivo que desvíe los primeros litros de cada lluvia, eliminando contaminantes acumulados en la superficie del techo.

5. Tipo de Almacenamiento:

- ✓ Selección del tipo de tanque: Se eligió entre opciones como tanques de concreto, plástico reforzado o metálicos, asegurando su durabilidad y adecuación al entorno.

6. Tratamiento y Distribución del Agua:

- ✓ Sistemas de purificación: Se propuso la utilización de pastas para clorar el agua según el uso de ella y los requerimientos mínimos.

7. Plan de Mantenimiento:

- ✓ Programación de inspecciones regulares: Se obtuvo información de los periodos de programación para la limpieza de canaletas, filtros y tanques, que están establecidos desde la dirección de recursos humanos.

4.3.3 Proponer un presupuesto económico del diseño de captación de aguas lluvias en la Unidad Agroambiental El Vergel – Extensión Facatativá.

Para proponer un presupuesto económico para el diseño de captación de aguas lluvias en la Unidad Agroambiental El Vergel – Extensión Facatativá, es necesario seguir un enfoque estructurado. A continuación, se detallan los pasos clave:

1. Elaboración del Presupuesto:

- ✓ Materiales: Costos de tuberías, tanques, canaletas, filtros, etc.
- ✓ Mano de obra: Costos de instalación, excavaciones y montaje.
- ✓ Equipos y herramientas: Costos de bombas, válvulas, herramientas de instalación.
- ✓ Gastos administrativos: Licencias, estudios previos, imprevistos.
- ✓ Mantenimiento y operación: Costos a mediano y largo plazo.

2. Comparación de Proveedores y Cotizaciones:

- ✓ Solicitar y comparar cotizaciones de distintos proveedores.
- ✓ Evaluar calidad y garantía de los materiales: Esto se sabe con el tiempo de garantía que nos da el proveedor por los materiales cotizados.
- ✓ Seleccionar opciones más rentables.

3. Presentación del Presupuesto:

- ✓ Elaborar un documento con desglose de costos.
- ✓ Incluir planos listos del diseño del sistema.
- ✓ Justificar la inversión con beneficios ambientales, económicos y sostenibles.

4. Impactos:

- ✓ Se mencionarán los impactos logrados con el proyecto.

5. Resultados obtenidos

5.1 Realizar un diagnóstico del sistema de captación de aguas lluvias en la Unidad

Agroambiental El Vergel – Extensión Facatativá.

Tabla 2. Lista de verificación fase diagnóstico.

Item	Actividad / Subactividad	Descripción	¿Realizado? (Sí/No) Y el análisis de la respuesta
Recolección de Información Preliminar	Documentación técnica	Revisar planos, manuales y registros históricos de mantenimiento.	No, ya que el lugar no contaba con un sistema ya diseñado, por ende tampoco se revisó planes de mantenimiento.
	Entrevistas	Dialogar con personal de mantenimiento y operación.	Si, se llevaron a cabo entrevistas con el personal de mantenimiento, quienes brindaron información detallada sobre el estado actual del sistema, el cual se encuentra en condiciones mínimas de funcionamiento, prácticamente inexistente. Como propuesta de mejora, el personal planteó la necesidad de implementar un sistema de recolección de agua para la unidad, con el fin de optimizar el recurso y reducir la

			dependencia del suministro proveniente de los tanques ubicados en la parte superior. Asimismo, proporcionaron datos clave sobre el elevado consumo de agua y ofrecieron orientaciones específicas sobre cómo podría desarrollarse el diseño del sistema, incluyendo sugerencias sobre los materiales a utilizar y aquellos que debían ser considerados para su cotización.
Inspección Física	Estructuras de captación	Examinar techos (materiales, pendientes, obstrucciones).	Si, se realizó revisión de techos en los cuales se determinó que están en buen estado ya que fueron cambiados recientemente. Hay dos tipos diferentes de techo, el primero es de ZINC con una pendiente de 15° y el otro es termoacústico con una pendiente de 20°. Ninguno de los dos techos cuenta con obstrucciones o agujeros que generen goteos. Como se observa en la figura 18.
	Canaletas y bajantes - Inspección visual	Buscar hojas, ramas, fisuras, corrosión, fugas.	No, ya que la unidad no contaba con canaletas, ni bajantes, por lo tanto no se pudo visualizar hojas, fisuras o fugas en canaletas, en conclusión no se hizo inspección visual.
	Canaletas y bajantes - Prueba con agua	Verificar flujo y detectar obstrucciones o fugas.	No, ya que la unidad no contaba con canaletas, pero la prueba de agua se hizo más hacia los techos en los cuales no tuviera goteo alguno, para evitar algunas pérdidas de agua adicional.

	Tanques de almacenamiento - Capacidad	Evaluar volumen, integridad, ubicación y flujo.	No, ya que la unidad no contaba con un tanque de almacenamiento, nos informó el personal de mantenimiento que el tanque fue destinado para otros usos. Por otra parte, se implementó el tanque de concreto ya establecido en la unidad, para ello la ubicación está en la parte más estratégica de la zona, tiene una capacidad de volumen de 2.000 litros y posee un flujo de agua constante que proviene de la concesión. Como se observa en la figura 19.
	Tanques de almacenamiento - Limpieza	Verificar sedimentos, algas, tapa, filtros, limpieza anual.	Si, se verificó el tanque de concreto ya establecido en la unidad, donde no se encontraron sedimentos, algas ni ningún otro factor de contaminación visible. La limpieza que se realiza al tanque es una vez por semana. Con lo único que no se cuenta es con una tapa, por lo que el tanque está expuesto a contaminantes atmosféricos, ambientales y también la propagación de animales.
Identificación de Problemas y Limitaciones	Detección de pérdidas	Buscar fugas o evaporaciones.	Si, la parte de los techos no cuenta con fugas, y en la parte de detección de pérdidas se realizó con la evaporación de agua que tuvo los baldes para la toma de caudal, que se ve reflejado en la tabla 3.
	Evaluación de mantenimiento	Analizar frecuencia y calidad del mantenimiento.	Sí, esta evaluación se centró únicamente en el tanque de concreto, cuya frecuencia de mantenimiento es

			aproximadamente mensual. Sin embargo, se identificó que dicho mantenimiento debería realizarse con mayor regularidad mínimo 1 vez por semana, considerando que el tanque actualmente no cuenta con una tapa, lo cual reduce la efectividad de las limpiezas a lo largo del tiempo. Mientras no se instale una tapa que proteja adecuadamente el contenido, la limpieza no será sostenible. En caso de que se implemente una cubierta, se recomienda que el mantenimiento tanto de este tanque como del resto de las unidades de almacenamiento se realice al menos una vez al mes, a fin de garantizar que la calidad del agua no se vea comprometida para los usos previstos.
	Compatibilidad de materiales	Revisar si los materiales son adecuados.	Si, la compatibilidad de materiales se hace ya con las cotizaciones de este, ya que no se encontró material a la vista. Por otro lado los materiales se revisan teniendo en cuenta la calidad y garantía que el proveedor nos da sobre ellos.
Informe de final – trabajo pasantía.	Resumen de hallazgos	Consolidar los resultados de los análisis previos.	Si, en este cuadro están los resultados del diagnóstico, de forma clara para cada aspecto establecido.
	Recomendaciones	Proponer mejoras y correcciones al sistema.	Si, se propuso mejoras y correcciones que debe tener el sistema, de igual

			manera se van a dar recomendaciones finales para que el proyecto sea viable.
--	--	--	--

Fuente. Elaboración propia.


Al realizar la inspección física de las estructuras de captación como se observa en la figura 19, se encontró una división de material en el techo, donde por la parte izquierda tenemos el techo de material de zinc con una pendiente de 15° y el lado derecho un material termoacústico con una pendiente de 20°; sus respectivas medidas se encuentran en el plano de la figura 6 y 7. Por otro lado se realizó inspección de techos los cuales se encuentran en buen estado ya que se hizo un cambio recién y de esta forma son aptos para poder realizar el sistema de recolección de aguas lluvias. En este caso no se cuenta con canaletas, pero si con un tanque de concreto que también será utilizado para el sistema; en las evaluaciones de limpieza se verificaron las paredes internas de este, toda esta información la hicimos de forma detallada en la tabla 2.

Luego de hacer el diagnostico principal se hizo monitoreo de caudales, y esto se realizó con 5 periodos de lluvia con diferente intensidad. Se tomó el caudal de lluvia a cielo abierto por medio de un balde de 10 litros, y por otro lado se hizo monitoreo de 5 periodos con ausencia de lluvias.

Estos fueron los resultados obtenidos:

Tabla 3. *Datos para caudal en días lluviosos.*

Medición semanal en eventos de lluvias		Tiempo y volumen de agua recolectada	Caudal
	1 (2 Abril 2025)	t: 39 min Vol: 255 ml	$Q = \frac{255 \text{ ml}}{39 \text{ min}} = 6.5 \text{ ml/min}$


	2 (10 Abril 2025)	t: 44 min Vol: 82 ml	$Q = \frac{82 \text{ ml}}{44 \text{ min}} = 1.8 \text{ ml/min}$
	3 (14 Abril 2025)	t: 15 min Vol: 23 ml	$Q = \frac{23 \text{ ml}}{15 \text{ min}} = 1.5 \text{ ml/min}$
	4 (23 Abril 2025)	t: 44 min Vol: 90 ml	$Q = \frac{90 \text{ ml}}{44 \text{ min}} = 2.0 \text{ ml/min}$
	5 (28 Abril 2025)	t: 35 min Vol: 42 ml	$Q = \frac{42 \text{ ml}}{35 \text{ min}} = 1.2 \text{ ml/min}$

Fuente. Elaboración propia.

Al sumar los datos de caudal obtenidos en la tabla 3, que hacen alusión a un periodo de lluvias mensual con un total de 13 ml/min, esto también nos ayudó a referenciar el volumen del tanque que se va a tomar para el diseño. De igual manera se adjunta la tabla 4 de volumen de agua en ausencia de lluvias, dato que sirvió al momento del diseño ya que se analizó cuando no hay periodos de lluvia como se va a suplir las necesidades en el consumo de agua.

Tabla 4. *Datos de medición del balde en ausencia de lluvias.*

Medición semanal en ausencia de lluvias		Volumen del balde en ausencia de lluvias, una vez por semana
	1 (F. Inicial 2 abril 2025) (F. Final 9 abril 2025)	Vol inicial: 255 ml Vol final: 247 ml
	2 (F. Inicial 10 abril 2025) (F. Final 13 abril 2025)	Vol inicial: 82 ml Vol final: 81 ml
	3 (F. Inicial 14 abril 2025)	Vol inicial: 23 ml

	(F. Final 22 abril 2025)	Vol final: 21,5 ml
	4 (F. Inicial 23 abril 2025) (F. Final 27 abril 2025)	Vol inicial: 90 ml Vol final: 89 ml
	5 (F. Inicial 28 abril 2025) (F. Final 2 mayo 2025)	Vol inicial: 42 ml Vol final: 41 ml

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 4 nos muestra el volumen del balde cuanto ha bajado su nivel por la ausencia de lluvias hasta que se tomó el siguiente dato en presencia de lluvia y así sucesivamente hasta completar los 5 periodos secos que equivale a 1 mes, de igual manera podemos afirmar que los niveles no descendieron de una forma notable.

5.2 Diseñar un sistema mejorado de captación de aguas lluvias en la Unidad Agroambiental El Vergel – Extensión Facatativá.

Para el desarrollo del diseño tuvimos en cuenta el análisis de demanda para sus diferentes usos cuyo valor es estimado junto al personal de mantenimiento.

- Agua para riego:

8 mm de evapotranspiración, dato obtenido por un docente de prácticas agropecuarias de la Unidad.

Resultado:

$$V_{riego} = \frac{0,008 \frac{L}{m^2} * \text{día} * 500 m^2}{80 \%} = 5 \frac{L}{\text{día}}$$

- Agua para consumo animal:

1 caballo: 3 L/día

15 Vacas + 6 terneros: 350 L/día

2 perros: 2 L/día

Resultado:

$$VCaballo = 1 * 3 \frac{L}{día} = 3 \frac{L}{día}$$

$$VTerneros y vacas = 21 * 350 \frac{L}{día} = 7.350 \frac{L}{día}$$

$$VPerros = 2 * 2 \frac{L}{día} = 4 \frac{L}{día}$$

$$Consumo total = 7.357 \frac{L}{día}$$

- **Agua para limpieza:**

30 L* 5 zonas de limpieza que hay en la Unidad

(3): Hace alusión a que la limpieza se hace cada 3 día

Resultado: Este dato los dividimos entre 3, para hacer el promedio diario.

$$Vlimpieza = 5 * 30 \frac{L}{día (3)} = 150 \frac{L}{día (3)} = 50 \frac{L}{día}$$

- **Volumen de agua total requerida:**

$$Vtotal = Vriego + Vanimal + Vlimpieza$$

Resultado:

$$Vtotal = 5 \frac{L}{día} + 7.357 \frac{L}{día} + 50 \frac{L}{día} = 7.412 \frac{L}{día}$$

Estos son los resultados obtenidos para cada tipo de uso que tiene el agua en la unidad, y es un valor promedio estimado de cuantos litros de agua se pueden utilizar diariamente en estas actividades. También tengamos en cuenta que para el cultivo este consumo es diario y teniendo en

cuenta que algunos días llueve, el consumo animal también cuenta con algunos reservorios de agua donde ellos consumen el líquido y finalmente la limpieza de las zonas se hace cada tercer día, pero se hizo la relación de cuanto podía consumir diariamente.

Luego realizamos la evaluación climática, con una ventana temporal del 2014-2024, con fuentes oficiales del IDEAM con los datos anuales en mm de estos años referenciados en la tabla 5. Estos datos se tomaron de la estación EL CORAZÓN en el municipio de Facatativá con el código 21201070.

Tabla 5. Datos pluviométricos del municipio de Facatativá - IDEAM

NOMBRE ESTACIÓN	EL CORAZÓN	LATITUD	4.865.361.111
MUNICIPIO	Facatativá	LONGITUD	-7.428.941.667
FRECUENCIA	Anual	CATEGORÍA ESTACIÓN	Pluviométrica
FECHA DE CONSULTA	01/01/2014-31/12/2024	ELEVACIÓN	2845

FECHA	VALOR
1/01/2014	884.5
1/01/2015	560.3
1/01/2016	964.1
1/01/2017	1207.9
1/01/2018	938
1/01/2019	944.9
1/01/2020	580.4
1/01/2021	1031.1
1/01/2022	1290.8
1/01/2023	915.9
1/01/2024	809.5

Fuente: propia.

Por otro lado, con la información del IDEAM, y como se observó en la figura 3, los años con las precipitaciones más bajas fueron principalmente el mes de junio del año 2023, sigue el mes de enero del año 2019 y por último el mes de diciembre con el año 2018, con esto se evidenció que al pasar de los años las precipitaciones han disminuido considerablemente y puede ser un factor del cambio climático.

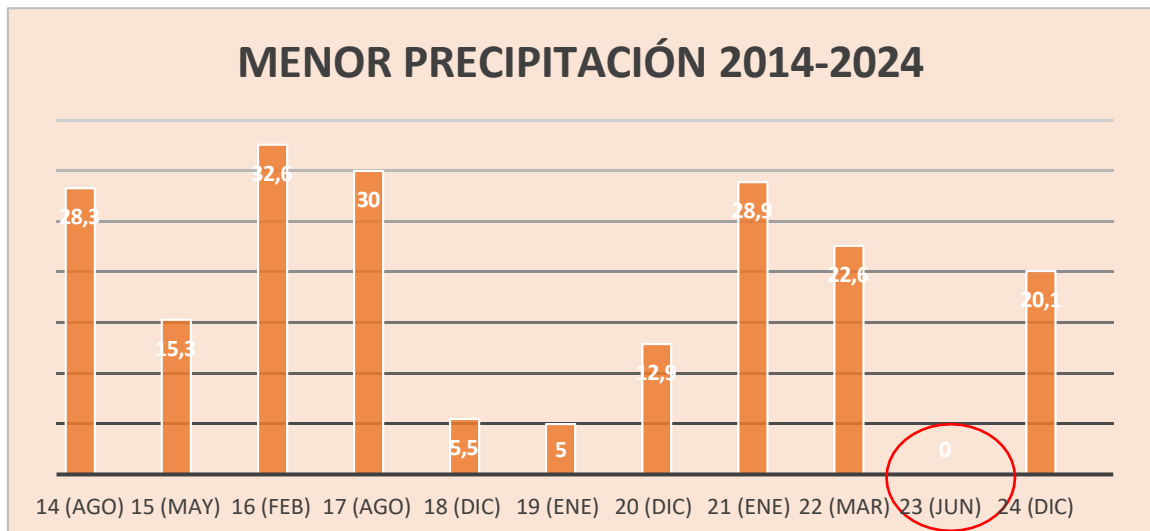


Figura 3. Registros bajos de precipitación anual en Facatativá- IDEAM. Fuente: propia

En la figura 4 se mostró los periodos de precipitación más altos el mes de junio del año 2022, sigue el mes de marzo del 2023 y por último el mes de abril del 2019, donde evidenciamos que entre más aumento de los años mayor precipitación, todo de igual forma como se nombró anteriormente por el cambio climático.

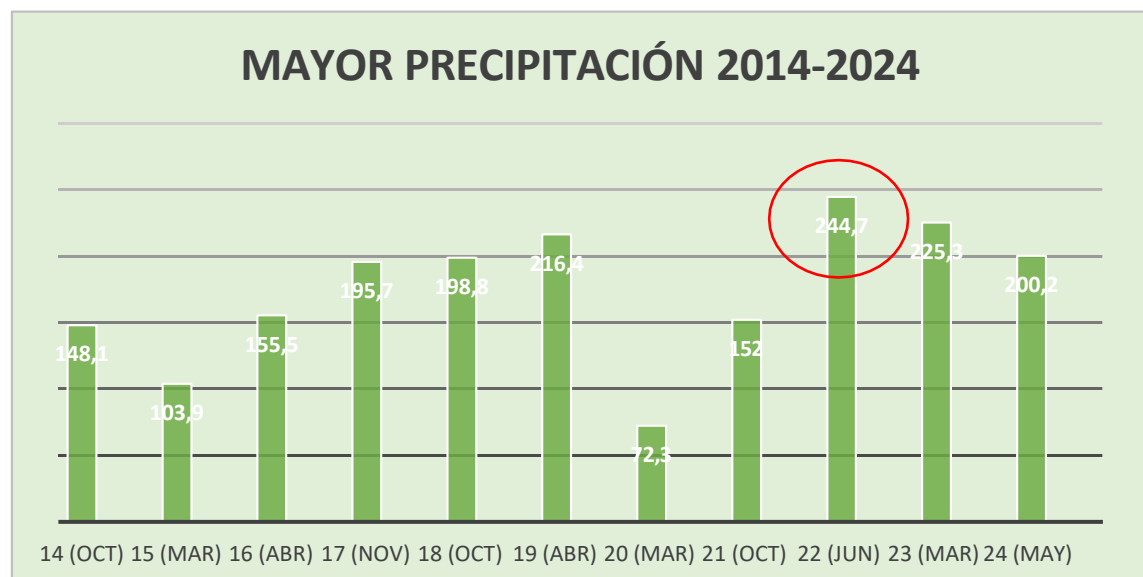


Figura 4. Registros altos de precipitación anual en Facatativá- IDEAM. Fuente: propia

Se obtuvo el promedio de precipitación anual, que en este caso se tomó el valor total de los años 2014-2024, como se muestra en la tabla 5, que fue 10.127 y se dividió por los 10 años y nos dio un promedio de lluvia por cada año.

Resultado:

$$P_{\text{promedio}} = \frac{10.127 \text{ mm /años}}{10 \text{ años}} = 1.013 \text{ mm/año}$$

La estimación promedio de agua recolectada se pudo obtener con el tamaño del techo y el tipo de material, para este caso se hizo con dos tipos de techo que posee la bodega de la Unidad:

Resultado: TECHO DE ZINC

Con base en los datos establecidos previamente, se realizó el diseño de un sistema de recolección de agua lluvia, considerando una precipitación anual de 1.013 mm, una superficie de captación (techo) de 18,57 m², un coeficiente de escorrentía de 0,9 y un tanque de almacenamiento de 3.000 litros. A continuación, se presentó el análisis integral del funcionamiento y dimensionamiento del sistema en relación con estos valores. Se obtuvo el volumen anual de agua captado por el sistema:

$$A_{\text{Captada}} = 1.013 \text{ mm} * 18,57 \text{ m}^2 * 0.9 = 16.933 \frac{\text{mm}}{\text{m}^2} / \text{año}$$

Este resultado indicó que el sistema tiene el potencial de recolectar hasta 16.933 mm/m² de agua al año, lo que equivale a un promedio de aproximadamente 1.411 mm por mes, aunque este valor puede variar dependiendo de la distribución estacional de las lluvias (mayor en temporada húmeda y menor o nula en temporada seca). En cuanto al almacenamiento, el tanque propuesto tiene una capacidad de 3.000 litros, lo cual permite almacenar más de lo que se capta en un mes promedio. Sin embargo, este volumen representa solo alrededor del 18% del total de agua que puede captarse anualmente, lo que tiene varias implicaciones importantes para el funcionamiento del sistema:

- Durante la temporada de lluvias, es probable que el tanque se llene rápidamente, incluso en pocos días si las precipitaciones son intensas, lo que puede ocasionar desbordamientos y pérdida del agua excedente si no se dispone de un sistema de rebose o almacenamiento adicional.
- Durante la temporada seca, el sistema dependerá exclusivamente del agua almacenada previamente. Si el consumo es constante y el tanque no cuenta con suficiente reserva, se corre el riesgo de quedarse sin agua en los periodos sin lluvias.

Por tanto, aunque el sistema está correctamente dimensionado para captar el agua disponible en la zona, la capacidad del tanque de 3.000 litros puede resultar limitada si se pretende cubrir necesidades más allá del corto plazo o asegurar autonomía en temporadas secas prolongadas. No se puede decir que el tanque esté sobredimensionado, ya que no se aprovecha la totalidad del agua que podría recolectarse. De hecho, con un volumen anual disponible de más de 16 mil mililitros, podría ser recomendable considerar la instalación de tanques adicionales o modulares que permitan ampliar la capacidad de almacenamiento de forma escalonada según la demanda y la estacionalidad. El sistema de recolección de agua lluvia, tal como está planteado, funciona correctamente en términos de captación, pero presenta limitaciones claras en su capacidad de almacenamiento. Para optimizar su rendimiento, se sugiere evaluar el consumo estimado de agua, la distribución mensual de las lluvias y la posibilidad de ampliar el volumen de almacenamiento. Todo esto debe integrarse al diseño general y contemplarse también en el ítem de presupuesto, considerando los materiales y soluciones constructivas apropiadas para garantizar un sistema eficiente, funcional y sostenible en el tiempo.

Para dar la solución del punto anterior en el diseño se adicionó un tanque de almacenamiento como se indicó en el siguiente resultado.

Resultado: TECHO TERMOACUSTICO

El presente análisis se basó en el diseño de un sistema de recolección de agua lluvia, considerando una precipitación media anual de 1.013 mm, una superficie de captación (techo) de 26,11 m², un coeficiente de escorrentía de 0,9, y un tanque de almacenamiento con capacidad de 5000 litros. Estos parámetros permiten evaluar la eficiencia del sistema en cuanto a captación, almacenamiento y aprovechamiento del recurso hídrico a lo largo del año.

$$\mathbf{Agua\ Captada} = 1.013\ mm * 26,11\ m^2 * 0.9 = 23.804\ \frac{mm}{m^2} /año$$

Esto representa un promedio mensual de captación de aproximadamente 1.982 mm, aunque esta cifra puede variar dependiendo de la distribución estacional de las lluvias, que en muchas regiones tiende a concentrarse en unos pocos meses del año. En relación con el almacenamiento, el tanque de 5.000 litros es capaz de contener aproximadamente el 21 % del volumen anual captado, lo que resulta adecuado para garantizar una reserva útil de agua.

- Durante los meses de mayor precipitación, el tanque podría llenarse en poco más de dos meses si se capta el volumen promedio mensual, lo que implica que en periodos de lluvia intensa podría alcanzarse rápidamente su capacidad máxima.
- Por otro lado, en temporada seca, el tanque proporciona una reserva considerable que, en función del consumo, podría asegurar varios meses de abastecimiento, lo que mejora significativamente la autonomía y sostenibilidad del sistema. Esto es especialmente valioso en contextos donde el suministro de agua es irregular o limitado.

En cuanto a su dimensión, el tanque de 5.000 litros no está sobredimensionado, ya que el volumen anual de agua captada lo supera ampliamente. Más bien, puede considerarse una capacidad equilibrada que permite aprovechar parte del potencial de captación sin incurrir en un gasto excesivo o en espacio innecesario. No obstante, si el objetivo del sistema es maximizar el

aprovechamiento de toda el agua disponible o garantizar abastecimiento en temporadas largas de sequía, sería recomendable contemplar la instalación de tanques adicionales o módulos ampliables, en función del consumo estimado y del comportamiento climático local. El sistema diseñado es funcional y adecuado en términos de captación y almacenamiento, con un balance razonable entre capacidad instalada y volumen disponible. Aun así, para optimizar su desempeño, es fundamental considerar el consumo mensual estimado, la variabilidad de las lluvias durante el año, y las posibilidades de ampliación del sistema. Estos elementos deben estar integrados en la planificación técnica y reflejarse en el ítem de presupuesto, junto con los materiales seleccionados, para asegurar una solución duradera, eficiente y adaptable a las condiciones reales de uso.

Planos del sistema de recolección de aguas lluvias en la UAA El Vergel.



Figura 5. Medida frontal izquierdo, UAA El Vergel. Fuente: Propia

La figura 5 muestra un sistema de captación de agua de lluvia implementado en la parte lateral izquierda de la casa. El sistema cuenta con una superficie inclinada de techo a 15° que actúa

como área de captación principal. Esta superficie está orientada de manera que permite el escurrimiento natural del agua hacia el sistema de recolección. Se observan medidas claras de las estructuras principales. La cubierta inclinada tiene una longitud de 15,80 metros y un ancho de 2,77 metros, lo que sugiere una superficie útil considerable para la captación. La estructura principal de la vivienda también tiene dimensiones señaladas, con una longitud visible de 7,45 metros. En el costado de la vivienda se ubica un tanque de almacenamiento con una capacidad de 3.000 litros. Este tanque está situado estratégicamente cerca de la salida de la cubierta para facilitar la recolección del agua de lluvia. Se especifican también sus dimensiones físicas (altura, largo y ancho), lo que permite evaluar el espacio requerido para su instalación y mantenimiento. La posición del tanque, parcialmente soterrado o embebido en una base de concreto, sugiere una intención de estabilizar la estructura y protegerla del entorno. El conjunto presenta un diseño funcional y bien integrado al entorno, pensado para optimizar la recolección de agua pluvial.

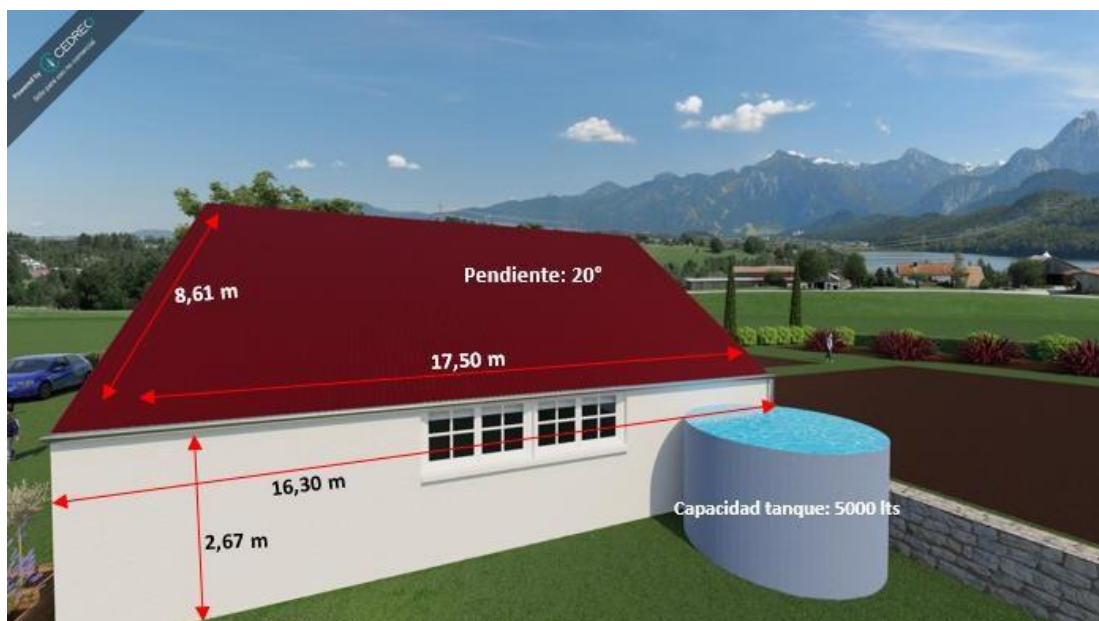


Figura 6. Medida frontal derecho, UAA El Vergel. Fuente: Propia

El diseño de la figura 6, se puede unir con el anterior al decir que incluye un techo a dos aguas con una inclinación de 20° , lo cual favorece el escurrimiento eficiente del agua hacia los

bordes del techo, donde presumiblemente se instalarían los canales de recolección. El techo tiene una longitud horizontal de 17,50 metros y una altura inclinada de 8,61 metros por cada lado, lo que proporciona una amplia superficie de captación. La casa también muestra una longitud de fachada de 16,30 metros y una altura de 2,67 metros hasta la base del techo. Estas dimensiones indican que se trata de una construcción de gran tamaño, adecuada para recolectar volúmenes significativos de agua pluvial.

A un costado de la vivienda se encuentra un tanque de almacenamiento con capacidad para 5.000 litros. El tanque está instalado en un terreno plano y abierto, lo que facilita su acceso y mantenimiento. Su forma cilíndrica y su ubicación estratégica junto a la casa optimizan el sistema de recolección, ya que reduce la distancia entre el punto de captación y el de almacenamiento. La elección de un tanque de gran capacidad sugiere una intención de asegurar la disponibilidad de agua durante periodos prolongados sin lluvia, lo cual es especialmente útil en regiones con estaciones secas marcadas.

5.3 Proponer un presupuesto económico del diseño de captación de aguas lluvias en la Unidad Agroambiental El Vergel – Extensión Facatativá.

Tabla 6. *Formato presupuesto detallado proveedor N° 2*

Concepto		Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
	Tuberías	TUBO 4" SANIT S/P	4	\$ 80.000	\$320.000
		TUBO 2" SANIT S/P	2	\$ 45.000	\$ 90.000
	Tanques de almacenamiento	TANQUE 5000LTS	1	\$ 3.694.600	\$ 3.694.600

Materiales	Filtros (Pastillas de cloro)	PASTILLAS CLORADAS DE 1K * 1 mes	3	\$ 25.000	\$ 75.000
	Otros	CODO CXC SANIT 4"	4	\$ 19.600	\$ 78.400
		CODO CXC 2" SANIT	2	\$ 4.800	\$ 9.600
		BUJE 4*2 SANIT	2	\$ 14.800	\$ 29.600
		TAPON PRUEBA 4"	2	\$ 4.500	\$ 9.000
		LLAVE DE JARDIN KAUDAL	1	\$ 15.900	\$ 15.900
		TEJA ZINC 3.50	3	\$ 47.000	\$ 141.000
		DURMIENTES DE 3M	10	\$ 11.000	\$ 110.000
		PRIMERAS AGUAS LLUVIAS	2	\$ 178.990	\$ 357.980
		ENCHAPE 16 M DE 20*20	16	\$ 28.000	\$ 448.000
PEGANTE CERAMICO	6	\$ 14.000	\$ 84.000		
Mano de obra	Montaje	INSTALACIÓN DEL SISTEMA	1	\$ 450.000	\$ 450.000
Gastos administrativos	Imprevistos	GASTOS EXTERNOS	1	\$ 250.000	\$ 250.000
Mantenimiento y operación	Costos a mediano y largo plazo	MANTENIMIENTO	1	\$150.000	\$ 150.000
Total general	\$ 6.263.080				

Fuente. Elaboración propia.

Para saber que esta cotización de la tabla 6 es óptima, se muestra en la figura 7 y 8 el desglose y cantidad de todos los materiales y así mismo tener confiabilidad que lo cotizado es lo mismo que se utilizaría para realizar el sistema de recolección de agua lluvia, tanto en el lateral derecho e izquierdo.



Figura 7. Desglose de los materiales, lateral derecho UAA El Vergel Fuente: Propia

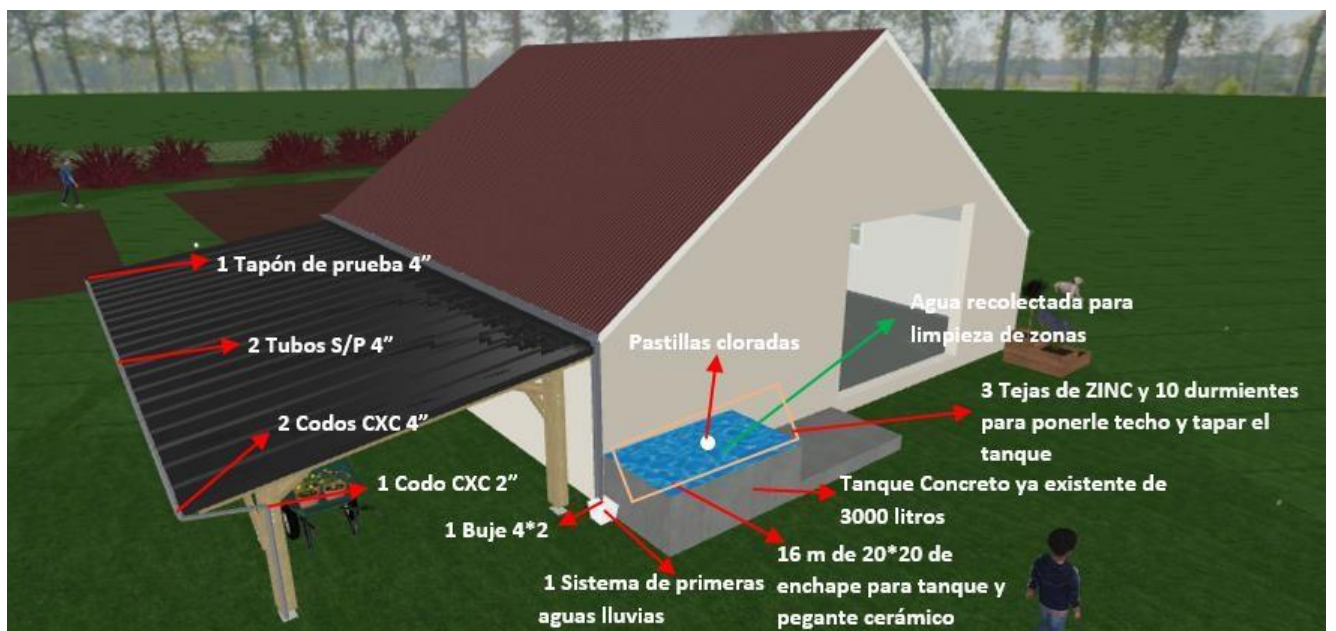


Figura 8. Desglose de los materiales, lateral izquierdo UAA El Vergel Fuente: Propia

Tabla 7. *Formato proveedores y cotizaciones.*

Proveedor	Cotización	Calidad y garantía	Opción seleccionada
Proveedor 1	\$ 6.960.600	10 años	
Proveedor 2	\$ 4.952.100	10 años	X

Fuente. Elaboración propia.

La tabla 7 presenta una comparación entre dos proveedores en función de dos criterios: cotización, calidad y garantía. El Proveedor 1 ofrece una cotización de \$6.960.600 con una garantía de 10 años, mientras que el Proveedor 2 presenta una oferta más económica de \$4.952.100, manteniendo la misma garantía de 10 años. Dado que ambos proveedores ofrecen igual respaldo en términos de calidad y durabilidad, la diferencia de precio se convierte en el factor decisivo. Por ello, se ha seleccionado al Proveedor 2 como la opción más conveniente, ya que representa una solución más eficiente desde el punto de vista económico, con un ahorro del 28,85% en comparación con la propuesta del Proveedor 1, sin comprometer la calidad del producto o servicio.

Esto a su vez generando el mismo sistema, pero con una canaleta en tubo PVC más económico y hacerlo de forma más artesanal, dando un plus económico y ambiental.

La implementación de sistemas de recolección de agua de lluvia en la Universidad de Cundinamarca, específicamente en la UAA El Vergel, trae consigo diversos beneficios que abarcan aspectos económicos, ambientales y sostenibles. Estos sistemas no solo ofrecen una solución práctica para la gestión hídrica, sino que también tienen un impacto positivo a largo plazo, contribuyendo al bienestar de la institución y al entorno.

En términos económicos, la recolección de agua de lluvia permite a la UAA El Vergel reducir sus costos asociados con el consumo de agua potable y la sobreexplotación del nacedero Moravia. Al utilizar el agua de lluvia para fines no potables como el riego de jardines o la limpieza,

se disminuye la demanda de agua potable proveniente de fuentes externas, lo que se traduce en un ahorro significativo.

6. Conclusiones

- El diagnóstico del sistema actual de captación de aguas lluvias en la Unidad Agroambiental El Vergel permitió identificar debilidades significativas en cuanto a su eficiencia, mantenimiento y capacidad de recolección. Se evidenció que la infraestructura existente no responde de manera adecuada a las necesidades hídricas de la unidad ni al potencial de aprovechamiento del recurso hídrico disponible durante las lluvias, lo que justifica la necesidad de una intervención técnica para su mejora.
- El diseño propuesto para el sistema mejorado de captación de aguas lluvias responde a las condiciones climáticas, topográficas y operativas del lugar, incorporando criterios técnicos que optimizan el aprovechamiento del recurso hídrico. La propuesta incluye componentes estructurales eficientes, sistemas de almacenamiento adecuados, lo cual garantizará un suministro sostenible de agua para usos agroambientales y educativos dentro de la unidad.
- El presupuesto elaborado contempla todos los elementos técnicos y logísticos necesarios para la implementación del sistema propuesto, presentando un balance entre viabilidad económica y eficiencia operativa. Este presupuesto permite visualizar la inversión requerida y facilitar la gestión de recursos ante entidades institucionales o externas, promoviendo la ejecución del proyecto en un marco de sostenibilidad y responsabilidad financiera.
- Se seleccionó al Proveedor 2 por ofrecer la misma calidad y garantía a un menor costo, generando un ahorro del 28,85%. Además, se propone usar canaletas en tubo PVC más económico y técnicas artesanales, lo que mejora la viabilidad económica y ambiental del sistema de recolección de agua lluvia en la UAA El Vergel. Esta implementación permitirá reducir el consumo de agua potable y la presión sobre el nacedero Moravia, aportando a la sostenibilidad

institucional.

- El sistema diseñado en la UAA El Vergel capta aproximadamente 23.804 litros de agua al año a partir de una superficie de 26,11 m², con una precipitación media anual de 1.013 mm y un coeficiente de escorrentía de 0,9. El tanque de 5.000 litros permite almacenar cerca del 21 % del volumen anual captado, ofreciendo una reserva útil para épocas secas y mejorando la eficiencia hídrica de la unidad.

7. Bibliografía

Behzadian, K., Kapelan, Z., Venkatesh, G., & Sægrov, S. (2014). Integrated sustainability assessment for urban water system planning. *Urban Water Journal*, 11(3), 197–210.

<https://doi.org/10.1080/1573062X.2013.795234>

Campisano, A., & Modica, C. (2010). Optimal sizing of storage tanks for domestic rainwater harvesting systems in Sicily. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(9), 746-752.

Devkota, J., Schlachter, H., & Drewes, J. E. (2015). Attitudes and perceptions of urban residents towards alternative water sources for potable use. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 1(5), 622–633. <https://doi.org/10.1039/C5EW00148A>

Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s. f.). Función Pública.

de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

Domènech, L., & Saurí, D. (2011). A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain). *Resources, Conservation and Recycling*, 55(7), 660-666.

El Dorado Radio. (2024). Desvío ilegal y sequía agravan la crisis de agua en Facatativá. Recuperado de <https://eldoradoradio.cundinamarca.gov.co>

Fewkes, A., & Warm, P. (2000). A method of modelling the performance of rainwater collection systems in the UK. *Building Services Engineering Research and Technology*, 21(4), 257-265.

Fletcher, T. D., Andrieu, H., & Hamel, P. (2013). Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art. *Advances in Water Resources*, 51, 261-279.

Gould, J., & Nissen-Petersen, E. (1999). Rainwater catchment systems for domestic supply: design, construction and implementation. Intermediate Technology Publications.

GUÍA METODOLOGICA PARA LA CAPTACION y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA EL SECTOR RURAL. (2016). <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/407b3624-80ee-4269-ac36-24cabf1057ee/content>

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard. Earthscan.

IDEAM (2021). Informe sobre el estado del recurso hídrico en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2014). Biodiversidad del altiplano cundiboyacense. Bogotá D.C.: Instituto Humboldt. Recuperado de <https://www.humboldt.org.co/>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Sixth Assessment Report: The Physical Science Basis. Cambridge University Press.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2014: Synthesis Report. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

JACOBSON, M. Z.; DELUCCHI, M. A. providing all global energy with wind, water, and solar power. Energy Policy, 2011, vol. 39, p. 1154-1169.

Leal Filho, W. (2018). Climate Change and the Role of Education. Springer.

Ley 373 de 1997 - Gestor Normativo. (s. f.). Función Pública. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=342>

Ley 1931 de 2018 - Gestor Normativo. (s. f.). Función Pública.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765>

Lineamientos para potencializar el uso del agua lluvia del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2022. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/07/LINEAMIENTOS-USO-AGUAS-LLUVIAS.pdf>.

Lozano-Zambrano, F. H., Lynch, J. D., & Ramírez-Pinilla, M. P. (2009). Guía para la identificación de anfibios y reptiles de los Andes colombianos. Universidad Industrial de Santander.

LUQUE, A.; HEGEDUS, S. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. 2nd ed. Chichester: Wiley, 2011.

Marlow, D. R., Moglia, M., Cook, S., & Beale, D. J. (2013). Towards sustainable urban water management: A critical reassessment. *Water Research*, 47(20), 7150-7161.

MEDIT. (2022). Universidad de Cundinamarca.
<https://www.ucundinamarca.edu.co/investigacion/media/attachments/2022/11/02/medit-y-cti2.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2022). Diagnóstico nacional Del agua y su gestión en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Mitchell, V. G. (2007). How important is the selection of computational analysis method to the accuracy of rainwater tank behaviour modelling? *Hydrological Processes*, 21(21), 2850-2861.

Mutantes TV. (2024). Facatativá: autoridades preocupadas por los bajos niveles de los embalses. Recuperado de <https://www.mutantes.tv>

NASA. Climate Change: How Do We Know. National Aeronautics and Space Administration, 2020. Disponible en: <https://climate.nasa.gov>.

Naciones Unidas. (s.f.). Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

PROURE. (2023). Ministerio de Minas y Energía. https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PROURE/Resolucion_40156_2022_MME.pdf

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., et al. (2009). A Safe Operating Space for Humanity. *Nature*, 461(7263), 472-475.

Robledo-Buitrago, D. A., & Bayona-Penagos, L. V. (2023). Percepción del cambio climático y estrategias de adaptación en sistemas agroalimentarios de Facatativá, Cundinamarca. *Luna Azul*, (57), 88–99. <https://doi.org/10.17151/luaz.2023.57.6>

Sistema de Gestión ambiental. (2024). UCundinamarca. <https://www.ucundinamarca.edu.co/index.php/servicios2022/sistema-de-gestion-ambiental>.

Sterling, S. (2010). Transformative Learning and Sustainability: Sketching the Conceptual Ground. *Learning and Teaching in Higher Education*, 5, 17-33.

UNESCO. The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water. París: UNESCO, 2018.

UNESCO. (2020). The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change.

Universidad de Cundinamarca (2025).

<https://www.ucundinamarca.edu.co/sgc/index.php/macroproceso-estrategico/proceso-gestion-sistemas-integrados/sga>

Universidad de Cundinamarca. (2021). Comprometidos con alcanzar el logro de los ODS. Recuperado de <https://www.ucundinamarca.edu.co/index.php/noticias-ucundinamarca/84-institucional/2980-comprometidos-con-alcanzar-el-logro-de-los-ods>

Vanegas, V. H., Cuervo, A. M., & Stiles, F. G. (2017). Diversidad de aves en el altiplano cundiboyacense y su relación con la estructura del paisaje. *Ornitología Colombiana*, 17, 1–18. <https://doi.org/10.15472/m0mctg>

Villarini, G., & Smith, J. A. (2013). Flooding in the Mississippi River Basin: A modeling approach. *Journal of Hydrology*, 487, 1-12.

Water Footprint Network. (2020). Water Footprint Assessment. Retrieved from <https://waterfootprint.org>

Ward, S., Memon, F. A., & Butler, D. (2010). Harvested rainwater quality: The importance of appropriate design. *Water Science and Technology*, 61(7), 1707-1714.

Webmaster. (s. f.). CAR otorga concesión de aguas a Unidad El Vergel. <https://www.ucundinamarca.edu.co/index.php/noticias-ucundinamarca/90-noticias-extension-facatativa/2988-car-otorga-concesion-de-aguas-a-unidad-el-vergel>

WIEDMANN, T.; MINX, J. A Definition of ‘Carbon Footprint’. *Ecological Economics Research Trends*, 2008.

WWF. (2018). *Water Stewardship and Business Sustainability*.

8. Anexos



Figura 9. Ubicación de plano frontal UAA El Vergel. Fuente: Propia.

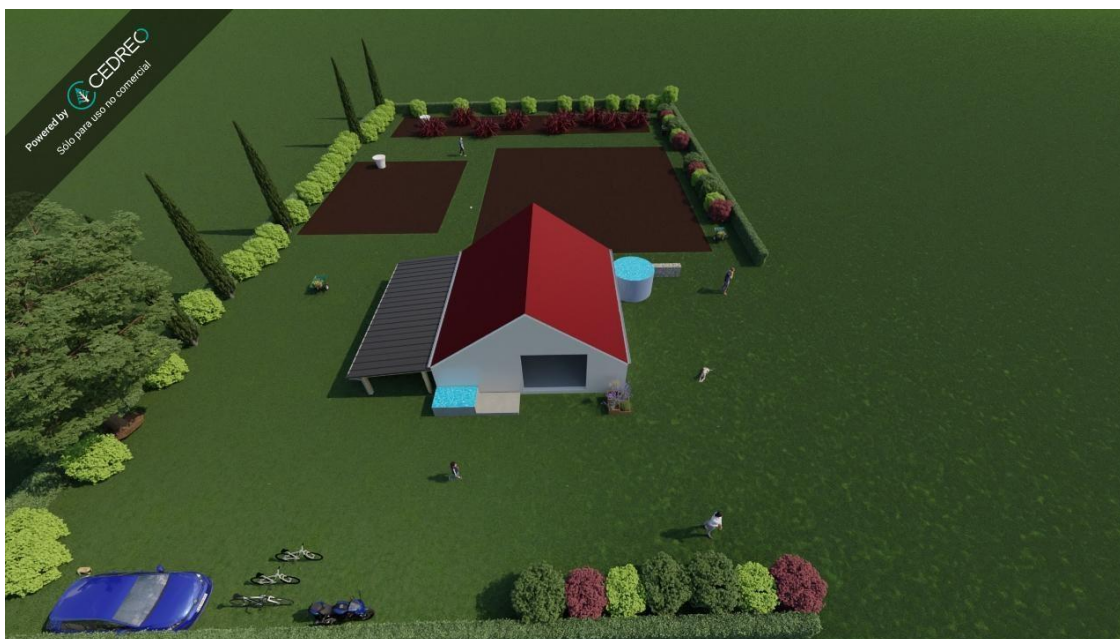


Figura 10. Ubicación superior UAA El Vergel. Fuente: Propia.



Figura 11. Ubicación vista derecha UAA El Vergel. Fuente: Propia.



Figura 12. Ubicación vista izquierda UAA El Vergel. Fuente: Propia.



Durmientes de madera

Tweet

Compartir

Google+

Estado: Producto nuevo

Madera Ordinaria para Construcción

Medidas: 4cm x 4cm x 3 metros aproximadamente.

PRECIOS ANTES DE IVA

\$ 11,000

Medidas

3 m

Figura 13. Cotización de material 1. Fuente: Propia.

COTIZACIÓN 1				
CANTIDAD		PRODUCTO	PRECIO	TOTAL
1	und	TANQUE 5000LTS	\$ 3.694.600	\$ 3.694.600
40	MTS	CANAL AMAZONAS	\$ 138.000	\$ 1.932.000
2	UND	BAJANTES	\$ 111.100	\$ 222.200
6	UND	CODOS	\$ 11.700	\$ 70.200
13	UND	SOPORTE CANAL GANCHO	\$ 3.900	\$ 50.700
1	UND	LLAVE JARDIN KAUDAL		\$ 15.900
3	UND	TEJA ZINC 3.50	\$ 47.000	\$ 141.000
2	UND	TUBO 1/2 PVC	\$ 28.000	\$ 56.000
2	UND	CODO 1/2 PVC	\$ 900	\$ 1.800
1	UND	HEMBRA 1/2 PVC	900	\$ 900
14	UND	UNION CANAL	\$ 12.200	\$ 170.800
1	UND	TAPA DERECHA	\$ 7.900	\$ 7.900
1	UND	TAPA IZQUIERDA	\$ 10.300	\$ 10.300
4	UND	SOPORTE BAJANTE	\$ 3.800	\$ 15.200
1	UND	UNION BAJANTE	\$ 7.100	\$ 7.100
TOTAL				\$ 6.396.600

COTIZACIÓN 2				
CANTIDAD		PRODUCTO	PRECIO	TOTAL
4	UND	TUBO 4" SANIT S/P	\$ 80.000	\$ 320.000
2	UND	TAPON PRUEBA 4"	\$ 4.500	\$ 9.000
4	UND	CODO CXC SANIT 4"	\$ 19.600	\$ 78.400
2	UND	BUJE 4X2 SANIT	\$ 14.800	\$ 29.600
2	UND	TUBO 2" SANIT S/P	\$ 45.000	\$ 90.000
2	UND	CODO CXC 2" SANIT	\$ 4.800	\$ 9.600
1	UND	LLAVE JARDIN KAUDAL	\$ 15.900	\$ 15.900
3	UND	TEJA ZINC 3.50	\$ 47.000	\$ 141.000
1	UND	TANQUE 5000LTS	\$ 3.694.600	\$ 3.694.600
TOTAL				\$ 4.388.100

Figura 14. Cotización proveedores 1 y 2. Fuente: Propia.

ENCHAPES ACABADOS V&P SOLUCIONES

COTIZACIÓN

02/05/2027

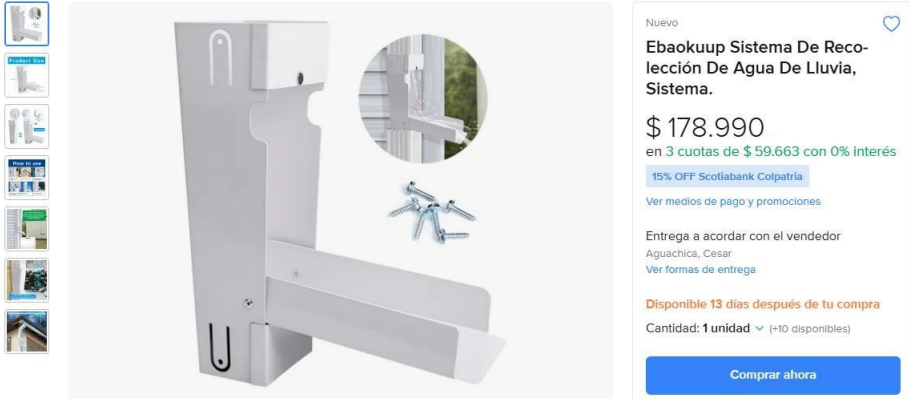
SEÑORES: _____ TEL.: _____
 DIRECCIÓN: _____
 NIT: _____ FECHA: _____

CANT.	DESCRIPCIÓN	VR. UNIT.	VR. TOTAL
16m	de 20x20	28.000	448.000
6	Pegante Cerámico	14.000	84.000
\$ 533.000			
TOTAL			

Coraima Sainchi

SHOT ON REDMI 10 05/05/2025 08:51

Figura 15. Cotización de materia 2. Fuente: Propia.



Nuevo

Ebaakuup Sistema De Recolección De Agua De Lluvia, Sistema.

\$ 178.990
 en 3 cuotas de \$ 59.663 con 0% interés

15% OFF Scotiabank Colpatria

Ver medios de pago y promociones


Entrega a acordar con el vendedor
 Aguachica, Cesar
 Ver formas de entrega

Disponibles 13 días después de tu compra

Cantidad: 1 unidad (-10 disponibles)

[Comprar ahora](#)

Figura 16. Cotización de material 3. Fuente: Propia.



Nuevo | +25 vendidos

MÁS VENDIDO 3º en Limpiadores para Inodoros

Pastillas Cloradas De 1k

4.5 ★★★★★ (2)

\$ 25.000

en 3 cuotas de \$ 8.333 con 0% interés

15% OFF Banco de Occidente

15% OFF Scotiabank Colpatría

Ver medios de pago y promociones

Envío a nivel nacional
Conoce los tiempos y las formas de envío.
Calcular cuándo llega

Stock disponible
Almacenado y enviado por **FULL**

Cantidad: 1 unidad (▼) (+5 disponibles)

Figura 17. Cotización de material 4. Fuente: Propia.



Figura 18. Inspección techo. Fuente: Propia.



Figura 19. Inspección tanque. Fuente: Propia.

MEMORIA DE CÁLCULO

DATOS PARA CAUDAL DÍAS LLUVIOSOS

	TIEMPO (min)	VOLUMEN (ml)	TOTAL (ml/min)
SEMANA 1	39	255	6,5
SEMANA 2	44	82	1,9
SEMANA 3	15	23	1,5
SEMANA 4	44	90	2,0
SEMANA 5	35	42	1,2
	TOTAL		13,2

DATOS PARA CAUDAL DÍAS SECOS

	TIEMPO (min)	VOLUMEN (ml)	TOTAL (ml/min)
SEMANA 1	247	255	8,0
SEMANA 2	81	82	1,0
SEMANA 3	21,5	23	1,5
SEMANA 4	89	90	1,0
SEMANA 5	41	42	1,0
	TOTAL		12,5

AGUA PARA RIEGO

Evapotranspiración (l/m2): 0,008
 superficie (m2): 500
 Eficiencia del riego (%): 80%

TOTAL 5 l/día

AREA DE LIMPIEZA

Número de áreas: 5
 Litros de consumo: 30

TOTAL 50 l/día

AGUA PARA CONSUMO ANIMAL

Número de animales (CABALLO) 1 3
 Consumo promedio (l/día): 3
 Número de animales (VACAS + TERNEROS) 21 7350
 Consumo promedio (l/día): 350
 Número de animales (PERROS) 2 4
 Consumo promedio (l/día): 2

TOTAL 7357 l/día

VALOR TOTAL DE AGUA REQUERIDA

TOTAL 7412 l/día

NOMBRE ESTACIÓN	EL CORAZÓN	LATITUD	4.865.361.111
MUNICIPIO	Facatativá	LONGITUD	-7.428.941.667
FRECUENCIA	Anual	CATEGORÍA ESTACIÓN	Pluviométrica
FECHA DE CONSULTA	01/01/2014-31/12/2024	ELEVACIÓN	2845

FECHA	VALOR
1/01/2014	884.5
1/01/2015	560.3
1/01/2016	964.1
1/01/2017	1207.9
1/01/2018	938
1/01/2019	944.9
1/01/2020	580.4
1/01/2021	1031.1
1/01/2022	1290.8
1/01/2023	915.9
1/01/2024	809.5

TOTAL 10127 mm/años

PRECIPITACIÓN PROMEDIO

Años: 10
 Promedio por los 10 años: 10127

TOTAL 1013 mm/años

TECHO ZINC

Total promedio: 1013
Superficie techo (m2): 18,57
Coeficiente escorrentía: 0,9

TOTAL	16925
--------------	--------------

TECHO TERMOACUSTICO

Total promedio: 1013
Superficie techo (m2): 26,11
Coeficiente escorrentía: 0,9

TOTAL	23797
--------------	--------------

Concepto		Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Materiales	Tuberías	TUBO 4" SANIT S/P	4	\$ 80.000	\$ 320.000
		TUBO 2" SANIT S/P	2	\$ 45.000	\$ 90.000
	Tanques de almacenamiento	TANQUE 5000LTS	1	\$ 3.694.600	\$ 3.694.600
	Filtros (Pastillas de cloro)	PASTILLAS CLORADAS DE 1K * 1 mes	3	\$ 25.000	\$ 75.000
	Otros	CODO CXC SANIT 4"	4	\$ 19.600	\$ 78.400
		CODO CXC 2" SANIT	2	\$ 4.800	\$ 9.600
		BUJE 4*2 SANIT	2	\$ 14.800	\$ 29.600
		TAPON PRUEBA 4"	2	\$ 4.500	\$ 9.000
		LLAVE DE JARDIN KAUDAL	1	\$ 15.900	\$ 15.900
		TEJA ZINC 3.50	3	\$ 47.000	\$ 141.000
		DURMIENTES DE 3M	10	\$ 11.000	\$ 110.000
		PRIMERAS AGUAS LLUVIAS	2	\$ 178.990	\$ 357.980
		ENCHAPE 16 M DE 20*20	16	\$ 28.000	\$ 448.000
		PEGANTE CERAMICO	6	\$ 14.000	\$ 84.000
Mano de obra	Montaje	INSTALACIÓN DEL SISTEMA	1	\$ 450.000	\$ 450.000
Gastos	Imprevistos	GASTOS EXTERNOS	1	\$ 250.000	\$ 250.000
Mantenimiento y	Costos a	MANTENIMIENTO	1	\$ 150.000	\$ 150.000
TOTAL		\$ 6.263.080			
Proveedor	Cotización	Calidad y garantía	Opción seleccionada		
Proveedor 1	\$ 6.960.600	10 años			
Proveedor 2	\$ 4.952.100	10 años	X		