

**Diseño de un prototipo de sistema de captación, tratamiento y almacenamiento de agua
lluvia para la Escuela Rural Mixta de la Vereda la Rosa del municipio de Puerto Asís
Putumayo**

Julieth Alexandra Gaviria Solarte

Yesly Loreny Rosales Narváez

Jorge Eliecer Cortés Moyano

Asesora

Natalia Molina

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería ECBTI
Ingeniería Industrial

2024

Dedicatoria

Han sido años de muchos esfuerzos y sacrificios, y estando a pasos de culminar esta época, primero queremos agradecerle a Dios por habernos dado la oportunidad y el conocimiento para llegar a este momento final de esta etapa profesional. Nos gustaría dedicar principalmente este trabajo a las siguientes personas que son muy especiales en nuestras vidas.

Este trabajo va dedicado a mis padres porque han sido mi apoyo en todo momento, su motivación fue esencial durante todo este proceso, también se lo dedico a mi hijo Samuel Guerrero Gaviria, porque desde que llego a mi vida ha sido mi principal motivación e inspiración para culminar con mi carrera profesional, quiero ser su ejemplo a seguir para que luche siempre por sus sueños. Así mismo quiero dedicarle este logro a mi esposo James Guerrero, porque fue la persona que me motivó para empezar con mis estudios, su apoyo y amor incondicional ha sido fundamental para llegar hasta este momento de mi carrera profesional.

(Julieth Gaviria)

Dedico mi tesis a Dios por darme el conocimiento y valentía para poder terminar una de mis metas. A mis padres, por acompañarme en este proceso universitario, por regalarme sus bendiciones para tomar fuerzas y seguir siempre hacia adelante. También a mi hijo Martín Emilio, que es mi mayor tesoro, mi motivación para poder realizar todos nuestros sueños anhelados. A mi hermana porque siempre estuvo pendiente en cada semestre preguntándome y motivándome a continuar y nunca desistir. Finalmente, quiero dedicarle este logro a mi compañero de vida, por estar pendiente en todo momento, por su apoyo, comprensión, dedicación y amor hacia su hogar.

(Yesly Rosales)

Mi familia me ha brindado apoyo, comprensión, e inspiración para salir adelante durante este proceso de formación, por tal motivo quiero dedicarle este logro a mi esposa Diana Arias, mis hijos Emmanuel Cortés y Joanna Cortés, quienes han estado a mi lado desde el comienzo hasta el final y han sido la fuerza motriz para salir adelante en cada uno de mis proyectos, les dedico este logro con todo mi corazón y les estoy eternamente agradecido por su apoyo inquebrantable y su amor incondicional. Sin ustedes, este proyecto no habría sido posible. Gracias por estar siempre a mi lado.

(Jorge Cortes)

Agradecimientos

Agradezco primero a Dios por darme el conocimiento durante estos años en todo mi proceso académico, gracias a mis padres y familia por estar a mi lado en este proceso y darme ánimo en cada momento. Gracias infinitas a mi esposo por brindarme siempre su apoyo en esta etapa, su presencia en cada momento fue de gran ayuda. Agradezco a cada una de las personas que hicieron parte de este proceso.

Gracias a la UNAD en especial a los docentes de mi escuela ECBTI que han sido parte de mi camino universitario, gracias por transmitirme todos sus conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí. (Julieth Gaviria)

Al poder finalizar esta hermosa etapa de mi vida, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a las personas que participaron en este proceso, pero maravilloso. Agradezco a Dios y a mis padres, hermana, hijo, abuelos y esposo por su gran apoyo y motivación para prepararme y ser profesional.

Mi gratitud a mi profesor de colegio Jonathan León, por guiarme para poder lograr comunicación y llegar a la Universidad, a los docentes de la ECBTI. Por estar atentos en mi proceso académico, agradezco a mis compañeros por su gran apoyo, especialmente a Julieth & Jorge. A nuestra asesora de grado Natalia Molina por compartir su conocimiento y guiarnos en nuestro proyecto para que se realice de la mejor manera, infinitas gracias por todo. (Yesly Rosales)

Agradezco a nuestro padre celestial por darme la valentía para poder afrontar y sacar adelante este sueño, también quiero expresar agradecimiento a mi familia por su inquebrantable apoyo y constante aliento durante todo el proceso de desarrollo de este proyecto de grado. Su amor incondicional, comprensión y paciencia han sido la fuerza motriz que me ha impulsado a superar los desafíos y alcanzar mis metas académicas. Agradezco profundamente el sacrificio de tiempo

y recursos que han hecho para permitirme dedicarme plenamente a esta investigación. Sus palabras de aliento y motivación han sido un faro de luz en los momentos de duda y dificultad. Agradezco a las compañeras Julieth Alexandra Gaviria Solarte y Yesly Loreny Rosales Narváez, con quienes se ejecutó este proyecto y quienes desde un principio me invitaron hacer parte con el fin obtener nuestro título profesional. (Jorge Cortes)

Resumen

El agua potable es un objetivo nacional e internacional. Sin embargo, hay indicios de que algunas personas actualmente carecen de agua adecuada para el consumo, y estas personas suelen residir en comunidades pequeñas, aisladas y de bajos recursos, como las zonas rurales. La recolección de lluvia o de fuentes como ríos es una práctica común para los habitantes de estas comunidades.

La lluvia puede llegar a hacer fuente de abastecimiento para el consumo humano, teniendo en cuenta los estándares necesarios de calidad durante su proceso de tratamiento y almacenamiento, y se plantea un sistema de captación de lluvias desde la ingeniería. Esta iniciativa tiene como objetivo no solo proporcionar agua segura y limpia, sino también disminuir la presencia de enfermedades relacionadas con el consumo de agua no potable y aportar un beneficio a la comunidad estudiantil rural de la vereda la Rosa.

Palabras clave Agua lluvia, sistema de captación, tratamiento, almacenamiento, agua potable.

Abstract

Drinking water is a national and international objective. However, there are indications that some people currently lack adequate water for consumption, and these people often reside in small, isolated, low-resource communities, such as rural areas. Harvesting rain or sources such as rivers is a common practice for the inhabitants of these communities.

Rain can become a source of supply for human consumption, taking into account the necessary quality standards during its purification and storage process, and a rainwater harvesting system is proposed from engineering. This initiative aims not only to provide safe and clean water, but also to reduce the presence of diseases related to the consumption of non-potable water and promote the health and well-being of the rural student community of the La Rosa village.

Keywords: Rainwater, collection system, purification, storage, drinking water.

Tabla de Contenido

Introducción	17
Generalidades de la Investigación	18
Planteamiento del Problema	18
Justificación	20
Objetivos	23
Objetivo General.....	23
Objetivos Específicos.....	23
Metodología	24
Fase 1 Diagnóstico y Planificación.....	25
Fase 2 Investigación.....	25
Fase 3 Diseño del Prototipo	25
Marco Referencial.....	27
Antecedentes Internacionales.....	27
Antecedentes Nacionales	28
Antecedentes Local.....	29
Marco Teórico.....	31
Marco Conceptual.....	33
Marco Legal	35
Marco Geográfico	37
Departamento del Putumayo.....	37
Municipio de Puerto Asís.....	37

Vereda la Rosa	38
Clima de la Zona.....	40
Precipitación en Puerto Asís	40
Lluvia en Puerto Asís.....	41
Diagnóstico de las Fuentes de Abastecimiento y Calidad de Agua en la Escuela Rural Mixta la Rosa.....	43
Socialización del Proyecto en la Escuela Rural Mixta la Rosa.	43
Entrevista Docente de la Escuela Rural Mixta la Rosa.....	45
Identificación de las Fuentes de Abastecimiento de Agua en la Escuela	48
Fuente Pluvial	48
Fuente Superficial	¡Error! Marcador no definido.
Análisis Físicoquímico de Muestra Tomada en un Punto de Almacenamiento de Agua Lluvia de la Escuela	52
Parámetros Analizados a la Muestra de Aguas Lluvias.....	54
Resultados	60
Investigación de los Sistemas de Captación y Tratamiento de Agua Lluvia.....	61
Tipos de Sistemas de Captación de Agua Lluvia.....	61
Tipos Sistemas de Tratamiento de Agua	62
Filtro Bioarena	63
Filtro Casero.....	63
Selección del Sistema de Captación y Tratamiento para la Escuela Rural Mixta la Rosa	67
Diseño de un Prototipo de Sistema de Captación, Tratamiento y Almacenamiento de Agua de Lluvia para la Escuela Rural Mixta de la Vereda la Rosa	68

	10
Instalaciones de la Escuela Rural Mixta la Rosa	68
Selección del Área para Montaje del Sistema de Captación.....	70
Diseño del Prototipo del Sistema de Captación.....	71
Accesorios del Sistema de Captación de Agua Lluvia	73
Modelo 3D del Sistema de Captación de Agua Lluvia.....	74
Función del sistema de captación de Agua lluvia.....	74
Componentes del Sistema de Captación de Agua Lluvia	75
Filtro del Sistema de Captación de Agua Lluvia	78
Parámetros de Análisis del Diseño de Sistema de Captación.	79
Cálculo del Caudal.....	80
Calculo Área	81
Coefficiente de Escorrentía	81
Precipitación del Municipio de Puerto Asís.....	82
Cálculo del Canalón de Aguas Lluvias.....	94
Material de los tanques y tubería recomendable para el sistema de captación.....	96
Tipo de Tubería.....	96
Tipo de Tanque	97
Mantenimiento recomendable para el Sistema de Captación de agua lluvia.....	99
Desinfección del agua almacenada en el Tanque de Abastecimiento.....	100
Manual de Función y Mantenimiento del Sistema de Captación	102
Recursos necesarios del Sistema de Captación.....	103
Conclusión	105
Recomendaciones	107

Referencias..... 108

Lista de Tablas

Tabla 1 Resultados de Análisis Físicoquímicos Realizados	60
Tabla 2 <i>Precipitación mensual por hora de Puerto Asís</i>	856
Tabla 3 <i>Caudal Máximo Mensual</i>	878
Tabla 4 <i>Cálculo del Caudal en Litros por Segundos, Minutos y Horas</i>	889
Tabla 5 <i>Promedio de Horas de Lluvias por Días.</i>	90
Tabla 6 <i>Volumen Captado por Día</i>	92
Tabla 7 <i>Caudal de Lluvia por Mes</i>	93
Tabla 8 <i>Recursos para el Sistema de Captación de Agua Lluvia</i>	1034

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Departamento Del Putumayo</i>	37
Figura 2 <i>Municipio de Puerto Asís</i>	38
Figura 3 <i>Vereda la Rosa</i>	39
Figura 4 <i>Escuela Rural Mixta La Rosa</i>	39
Figura 5 <i>Clima Puerto Asís</i>	40
Figura 6 <i>Precipitación Diaria en Puerto Asís</i>	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7 <i>Promedio Mensual de Lluvia en Puerto Asís</i>	422
Figura 8 <i>Socialización del Proyecto con la Docente</i>	44
Figura 9 <i>Presentación de Sistema de Captación, Almacenamiento y Tratamiento de Agua Lluvia Prototipo</i>	44
Figura 10 <i>Socialización del Proyecto a los Estudiantes en la Escuela Rural Mixta</i>	45
Figura 11 <i>Entrevista con la Docente Johana Montenegro</i>	488
Figura 12 <i>Tanque de Almacenamiento de Agua para el Restaurante</i>	49
Figura 13 <i>Tanque de Almacenamiento de Agua para la Unidad Sanitaria</i>	50
Figura 14 <i>Tanque de Almacenamiento de Agua para Uso Doméstico</i>	50
Figura 15 <i>Ubicación escuela la Rosa - Río Putumayorio</i>	51
Figura 16 <i>Río Putumayo</i>	51
Figura 17 <i>Muestra de Agua Lluvia Tomada en Punto de Captación de la Escuela</i>	53
Figura 18 <i>Estudiante Realizando Análisis Físicoquímicos de Muestra de Agua Lluvia</i>	53
Figura 19 <i>Análisis de Ph por Potenciómetro</i>	54
Figura 20 <i>Análisis de cloruros con Dosificador Titrette</i>	55
Figura 21 <i>Análisis de Conductividad por Potenciómetro</i>	56

Figura 22 <i>Análisis de Dureza total con Titulador EDTA 0,800M</i>	57
Figura 23 <i>Análisis de Alcalinidad con Cartucho de titulación de ácido sulfúrico 1600N</i>	58
Figura 24 <i>Análisis de Hierro total con Espectrofotómetro HACH DR 1900</i>	59
Figura 25 <i>Componentes del Filtro Bioarena</i>	63
Figura 26 <i>Filtro Casero de Grava, Arena y Carbón</i>	645
<Figura 27 <i>Filtro De Cerámica</i>	667
Figura 28 <i>Sistema De Recolección Y Filtrado De Aguas Lluvias, Albergué Vuelta Del Mero En El Municipio De El Charco, Nariño</i>	678
Figura 29 <i>Escuela Rural Mixta La Rosa – Primer Punto De Recolección De Agua Lluvia</i>	699
Figura 30 <i>Escuela Rural Mixta La Rosa – Segundo Punto De Recolección De Agua Lluvia</i>	70
Figura 31 <i>Escuela Rural Mixta La Rosa – Tercer Punto De Recolección De Agua Lluvia</i>	70
Figura 32. <i>Área Seleccionada Para El Sistema De Captación</i>	71
Figura 33 <i>Diseño Prototipo Del Sistema De Captación, Tratamiento Y Almacenamiento De Agua Lluvia</i>	72
Figura 34 <i>Vista En Planta Del Sistema De Captación, Tratamiento Y Almacenamiento De Agua Lluvia</i>	72
Figura 35 <i>Vista en perspectiva 3D del sistema de captación, tratamiento y almacenamiento de agua lluvia.</i>	73
Figura 36 <i>Accesorios Del Sistema De Agua Lluvia</i>	73
Figura 37. <i>Modelado foto-realista 3D del sistema de captación</i>	74
Figura 38 <i>Componentes del sistema de captación, tratamiento y almacenamiento de agua lluvia</i>	75
Figura 39 <i>Interceptor de primeras lluvias</i>	76

Figura 40 <i>Componentes del filtro casero de grava, arena y carbón.</i>	78
Figura 41 <i>Medidas de la cubierta de captación</i>	81
Figura 42 <i>Coefficiente De Escurrimiento Por Tipo De Material.</i>	82
Figura 43 <i>Precipitación diaria del Municipio de Puerto Asís.</i>	83
Figura 44 <i>Precipitación mensual del Municipio de Puerto Asís.</i>	84
Figura 45 <i>Promedio de Volumen Captado por Mes.</i>	93
Figura 46 <i>Diámetro de Tubos de Bajadas en Cm. S/Tipo Boquilla</i>	95
Figura 47 <i>Dimensiones Canalón</i>	96
Figura 48 <i>Tubería PVC</i>	97
Figura 49 <i>Tanque Rotoplas</i>	98
Figura 50 <i>Hipoclorito de sodio.</i>	102
Figura 51 <i>Desinfección del Agua con Cloro Comercial.</i>	102

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Solicitud de permiso - Escuela rural mixta la rosa.</i>	114
Apéndice B <i>Entrevista docente Johana Montenegro.</i>	115
Apéndice C <i>Diferentes Vistas del Sistema de Captación de Agua Lluvia en la Escuela.</i>	116
Apéndice D <i>Hoja de cálculos.</i>	117
Apéndice E <i>Manual Función y Mantenimiento del Sistema de Captación, Tratamiento Y Almacenamiento de Agua Lluvia.</i>	118

Introducción

En este documento se presenta trabajo de grado para obtener el título de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), y se encuentra alineado al artículo 13. Tipos de Proyecto Aplicado del Acuerdo 006 de mayo de 28 de 2014, que en su inciso c. Proyecto de desarrollo social comunitario, el desarrollo del programa se enfoca en la identificación de necesidades sociales o cuestiones disciplinarias y propone medidas planificadas, coordinadas y sistemáticas para mejorar la calidad de vida de la comunidad.

Este proyecto tiene como objetivo de diseñar un sistema de captación, tratamiento y almacenamiento de agua lluvia para la escuela rural mixta de la vereda la rosa, ubicada en la localidad de Puerto Asís, Putumayo. Presentando una solución para el consumo de agua potable en esta comunidad estudiantil, sosteniendo la lluvia puede considerarse óptima para el consumo humano, teniendo en cuenta los cuidados necesarios durante cada uno de sus procesos.

La primera etapa del proyecto consiste en evaluar la situación actual de los recursos hídricos de la vereda, en particular los que consume la comunidad estudiantil. Posteriormente, se examinan las condiciones y los componentes del sistema de captación como módulos de recolección, módulos de conducción, sistemas de filtración, almacenamiento y distribución.

Por último, se diseña el prototipo del sistema de captación de agua lluvia que se adecue a las instalaciones de la escuela y las necesidades de la comunidad, este se realiza a través de un modelo en 2D y 3D con la ayuda de un software de diseño (AutoCAD - SketchUp - Lumion). De igual forma se desarrolla un manual que explica el diseño y se dan las pautas para el uso adecuado de este sistema.

Generalidades de la Investigación

Planteamiento del Problema

¿Como diseñar un sistema de captación, tratamiento y almacenamiento de agua lluvia que garantice el consumo de agua potable en la escuela rural mixta la rosa?

A lo largo de la historia, las zonas rurales han estado entre áreas más afectadas por la falta de agua potable debido a las dificultades de comunicación, es decir, dificultades para llegar a la zona, y dificultad para lograrlo por falta de recursos económicos. A causa de la falta de agua potable y a un saneamiento muy deficiente, expone a las personas a malas condiciones de vida, especialmente en el sector de la salud.

La problemática más relevante que enfrentan a diario algunas zonas rurales alejadas de las ciudades en el mundo entero es el abastecimiento limitado e insuficiente de agua potable tratada para su propio consumo, esta situación cada día se está volviendo más preocupante a medida que los recursos hídricos disminuyen y por ende esto aumenta los costos de obtener agua apta para el consumo. El acceso al agua potable varía significativamente en todo el mundo y está directamente relacionado con la falta de recursos y la incapacidad de los gobiernos para financiar los programas de saneamiento necesarios.

En Colombia, 12 millones de personas tienen acceso inadecuado al servicio de agua potable, esto representa 25 % de la población del país. Así mismo, 3,2 millones de personas no tienen acceso a agua potable, problemática que se incrementa en el sector rural (Velásquez, 2023)

La comunidad de La Rosa se encuentra en una zona rural del municipio de Puerto Asís Putumayo y no cuenta con un sistema de agua potable. Por lo tanto, deben recurrir a la captación

directa de fuentes hídricas cercanas, el uso de aguas subterráneas como aljibes y la recolección de aguas lluvias. Además, esta comunidad está al lado del río Putumayo y puede satisfacer sus necesidades domésticas con esa agua. En esta comunidad, hay familias que dependen directamente de las fuentes hídricas de la región, como ríos, quebradas y nacimientos, lo que les permite satisfacer sus necesidades, pero también pone en peligro su salud. El saneamiento deficiente y el agua contaminada causan enfermedades en esta comunidad.

Dando solución a la presente problemática, este proyecto propone el diseño de un prototipo de sistema de captación, tratamiento y almacenamiento de agua de lluvia para la escuela rural mixta Vereda la Rosa como una alternativa que da una solución sostenible y eficaz para el buen abastecimiento de agua apta para el consumo.

Este proyecto tiene un impacto ambiental y social al demostrar que el agua lluvia se puede aprovechar de manera efectiva y rápida, disminuyendo así afectaciones en la salud e higiene en la comunidad estudiantil. Se ha llegado a la conclusión de que el diseño industrial podría solucionar la problemática de abastecimiento de agua potable a través de la captación de agua de lluvia, proporcionando un sistema que cumple con las funciones de captación, tratamiento y almacenamiento de lluvia, asegurando una mejor calidad de vida para las personas beneficiadas.

Justificación

Tener una vida digna, es un derecho de todo ser humano, en donde pueda desarrollar una vida digna de calidad y equilibrada. El agua es esencial para la vida, no solo porque es necesaria para todos los usos cotidianos, también a la vez si se consume agua potable puede disminuir y evitar un gran número de enfermedades. El acceso al agua es un derecho humano primordial para la supervivencia y debe garantizarse a todos en condiciones potables.

La gestión del agua se ve afectada por problemas como recursos insuficientes de agua potable en la tierra, contaminación causada por la actividad humana y extracción insostenible de agua. Para resolver estos problemas, se han creado alternativas para el consumo de agua tratada. El sistema de aprovechamiento de las lluvias para el uso personal es una de las soluciones desarrolladas y es el tema del presente proyecto. Es un sistema de componentes integrados que captura y elimina impurezas del agua. La recolección, el filtrado, el almacenamiento y la distribución son los componentes fundamentales del sistema.

El estudio Nacional de Agua realizada por el IDEAM -ENA- muestra que, en años secos con condiciones hidrológicas, el 80% de la zona rural se encuentra en riesgo de escasez (Suárez, et al, 2006). Por este motivo, se han propuesto los sistemas de agua lluvia como una opción de abastecimiento de agua. En Colombia, la mayor parte de los procesos implementados son experimentales, sin un previo diseño adaptado a las condiciones ambientales locales y las necesidades de los usuarios, esto dificulta que los sistemas sean relevantes para el uso doméstico, por lo cual es necesario modernizar las aplicaciones. Sabemos que la calidad y el volumen del suministro de agua dependen del adecuado diseño y mantenimiento del sistema (Suárez, (2015)) Garantizar el alcance equitativo y suministro al agua potable a precios asequibles para todas las personas ha sido una

prioridad en diversos países, principalmente en áreas rurales. En la Sede de las Naciones Unidas, líderes mundiales se comprometieron a lograr este objetivo para el año 2030, como parte de la adaptación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible a nivel global dando cumplimiento a el objetivo de desarrollo 6 que trata de agua limpia y saneamiento. (Organización de las naciones unidas, , diciembre de 2015)

De acuerdo a el objetivo número seis del desarrollo sostenible, el acceso a agua potable, saneamiento e higiene es un derecho humano fundamental. Para alcanzar este objetivo, es crucial incrementar la inversión y la capacitación en todo el sector, fomentar la innovación y las acciones basadas en evidencia, mejorar la coordinación y la cooperación entre las diferentes partes interesadas, y adoptar un enfoque más integrado y holístico en la gestión del agua.

De acuerdo con datos del DANE, en 2013 la población de Colombia alcanzaba los 47,1 millones de habitantes, de los cuales 11,2 millones residían en áreas rurales. De esa cifra, solo el 73% de la población rural tenía acceso a acueducto, en contraste con el 97% en áreas urbanas. El Consejo Nacional de Política Económica y Social (2014) ha emprendido esfuerzos para mejorar el acceso al agua potable, alineándose con los objetivos nacionales de desarrollo desde 2010. Se han implementado programas como "Todos somos Pacífico", "Aguas para la prosperidad" y proyectos de agua para zonas posconflicto, destinando recursos del sistema general de regalías principalmente a proyectos de tratamiento y saneamiento (Consejo Nacional de Política económica y social., 2014.)

El presente proyecto lo realizan estudiantes del programa de Ingeniería Industrial, este se basó en el diseño de un sistema de aprovechamiento y tratamiento de agua lluvia en la escuela rural mixta vereda la Rosa. Este proyecto nos permitirá satisfacer la necesidad de contar con

agua potable de calidad, mejorando las condiciones, calidad de vida y educación en la comunidad escolar. Además, se fomenta la conciencia ambiental, la utilización de recursos sostenibles en la escuela, promoviendo la autosuficiencia y la responsabilidad hacia el entorno, concientizando principalmente a los niños que cada día se puede mejorar para poder llegar a tener una buena calidad de vida, generando una opción de desarrollo sostenible y beneficiando a los estudiantes que carecen del servicio de agua purificada.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un prototipo de sistema de captación, tratamiento y almacenamiento de agua potable para la escuela rural mixta de la vereda La Rosa en Puerto Asís Putumayo.

Objetivos Específicos

Realizar un diagnóstico de las fuentes de abastecimiento de agua de la vereda La Rosa.

Investigar sobre los mejores sistemas de captación y tratamiento de agua lluvia, con el objetivo de lograr definir y seleccionar el que mejor se ajuste a las necesidades de la población.

Diseñar un prototipo del sistema de captación y tratamiento de agua lluvia que cumpla con los estándares de calidad.

Metodología

La metodología es de tipo mixta porque se recopilaban datos sobre el número de personas que se beneficiarán, mediciones de áreas y pendientes, información sobre la muestra de agua lluvia, la cantidad de agua que se va a almacenar en el sistema y por otro lado se realizaron investigaciones informativas, análisis documentales, indagación de normas y leyes sobre el agua potable y entrevistas con expertos de la comunidad.

Para la ejecución y desarrollo del presente proyecto, se realizó una visita al área donde a futuro se va a instalar el sistema, con el objetivo de identificar y evaluar las condiciones climáticas de la zona, el terreno, la calidad del agua, las necesidades de la comunidad; para garantizar la efectividad y sostenibilidad del proyecto. Para implementar este sistema se desarrollaron los siguientes pasos:

Primero, se determinó la disponibilidad y la demanda de agua de la comunidad en estudio. Después, se tomó una muestra y se analizó el agua que consume la comunidad estudiantil. A continuación, se investigaron y seleccionaron las tecnologías de captación, almacenamiento y tratamiento más eficientes en términos de eficiencia, facilidad de mantenimiento y sostenibilidad financiera. Las necesidades específicas se determinaron antes de comenzar a dibujar el prototipo. Por último, se establecieron los criterios de diseño y rendimiento del sistema.

Fase 1 Diagnóstico y Planificación

En esta fase se desarrolló el primer objetivo donde se realizó un diagnóstico sobre el consumo agua actual de la comunidad estudiantil, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Se visitó las instalaciones de la escuela para identificar las fuentes actuales de suministro de agua de la comunidad estudiantil.

Se realizó una entrevista a la docente, sobre el impacto de la escasez de agua potable en la escuela.

Se tomó una muestra de agua lluvia y se le realizó un análisis fisicoquímico para determinar sus estándares de calidad.

Se interpretaron los resultados obtenidos de acuerdo con la Resolución 2115 del 22 de junio de 2007.

Fase 2 Investigación

En esta fase se desarrolló un proceso de investigación sobre los sistemas de captación y tratamiento, para definir y seleccionar el que mejor se ajuste a las necesidades de la población, se desarrollaron las siguientes actividades:

Se investigó sobre los métodos de captación y tratamiento de agua lluvia.

Se indagó sobre los tipos de filtros de agua existentes.

Se seleccionó el sistema de captación y el filtro adecuado para el área de estudio.

Fase 3 Diseño del Prototipo

En esta fase se ejecutó el tercer objetivo que comprende el diseño del prototipo del sistema, en donde se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Se visitaron las instalaciones de la escuela para definir el área para el sistema de captación.

Se diseñó el prototipo en dibujo, modelado 2D-3D y modelado foto-realista, de acuerdo con el área seleccionada en la escuela.

Se establecieron los recursos necesarios para la implementación del sistema.

Se desarrolló un manual para indicar el diseño, montaje y mantenimiento del sistema.

Marco Referencial

Antecedentes Internacionales

Actualmente, existen diversas tecnologías para recolectar agua de lluvia para fines domésticos y agrícolas. La recolección de agua se utiliza en áreas urbanas y rurales de países desarrollados y en desarrollo. Estos sistemas se instalan mayoritariamente en áreas rurales, hogares residenciales y zonas donde no hay mucha agua por falta de precipitaciones o por falta de sistemas de acueducto que aseguren un flujo constante de este vital líquido (Rodríguez Negrete, 2005)

Últimamente, en varias zonas de África se han iniciado a implementar varios sistemas de captación, no obstante, el progreso ha sido lento a causa de los altos costos de construcción, la falta de estructuras adecuadas (cubiertas) y también implica las bajas precipitaciones en las zonas. Sin embargo, la recolección de estas aguas es común en proyectos a gran escala a nivel internacional como en Botswana (García, 2012.)

Un sistema de recolección de lluvia a gran escala se estableció en Berlín, Alemania, en 1998. Este sistema recolecta la lluvia de los techos de los edificios en la ciudad y la deposita en un tanque bajo tierra. Luego de bombearla, se puede usar para irrigar áreas verdes y descargar inodoros. (García, 2012.)

India tiene la distinción de ser uno de los países con más habitantes en el mundo, lo que significa que la demanda de agua potable es muy alta. Una de las soluciones buscadas es captar agua de lluvia durante las inundaciones durante determinadas estaciones del año. Gracias a su desarrollo, recoge gran cantidad de agua durante aproximadamente 100 horas de lluvia monzónica y la pone a disposición durante todo el año (García, 2012.)

En algunos pueblos y pequeños asentamientos de Honduras se han implementado sistemas de captación de agua de lluvia, pero son muy inadecuados, e incluso teniendo estos sistemas una baja capacidad de captación de agua, aún mejoran la condición de vida de los usuarios. En Vancouver, Canadá, el gobierno maneja un proyecto que brinda subsidios a los residentes que desean ejecutar este sistema para comprar tanques de recolección (García, 2012.)

Antecedentes Nacionales

Se puede decir que el país tiene una gran cantidad de fuentes hídricas, por lo tanto, no se ve en la obligación de utilizar estos sistemas. Es necesario que la población los utilice para sus propios objetivos y necesidades. Proporcionar una fuente de agua superficial que puedan utilizar como recurso; ejemplo. Ríos, lagos, quebradas, fuentes, etc. Pero la mayoría de estos recursos naturales se ven afectadas por la contaminación industrial y del ser humano inconsciente, incluyendo también que se han generado conflictos armados en la mayoría de los países debido a disputas de tierras y minería ilegal, la contaminación y la sequía son consecuencias de diversos de estos factores (Suárez, (2015))

En Villavicencio el Almacén Alkosto en cuenta con una cubierta de 1061 m² y un tanque de 150 m². Para recolectar el agua de lluvia. El proceso de floculación, filtración y cloración depura el agua y así proporcionan agua tratada para las actividades organizacionales durante todo el año (Osuna, 2010)

En la ciudad de Medellín específicamente en la sede de Bancolombia cuentan con un sistema de recolección, la mayoría del agua se utiliza para consumo humano y el restante para usos no potables. La cantidad de agua recolectada depende de la eficiencia del sistema que consiste en la recolección, el transporte y el almacenamiento (Castaño, 2010)

En la Universidad Católica de Colombia se llevó a cabo un proyecto que describía un sistema de recolección y uso de agua de lluvia. En el barrio Yamasá de la capital de Bogotá, se llevó a cabo un estudio sobre cómo se recolecta y usa el agua de lluvia en viviendas sociales y de interés social. El resultado de este estudio indica que, dado que los habitantes de las viviendas pueden ahorrar dinero al implementar sistemas de captación de agua de lluvia (Rodríguez herrera, 2014.).

Universidad de la Salle, realizó investigaciones encaminadas a desarrollar diseños de recirculación de agua de lluvia para edificios residenciales. Esto lo hicieron en las calles de Bogotá DC. En la ciudad de Suva, las pruebas realizadas se encontraron altos niveles de plomo en el agua obtenida del combustible de vehículos. Por otro lado, de acuerdo a los resultados financieros, se ha llegado a la conclusión de que el tiempo de inversión requerido para el sistema es de cinco años (Uribe, 2007)

Un estudiante de ingeniería industrial de la UNAD, realizó un trabajo de grado que involucra el diseño de una planta de captación de agua lluvia en las infraestructuras del salón de la Corporación San Bonifacio utilizando un modelo de planta de tratamiento de aguas pluviales a escala digital. Con la intención de exponer las capacidades del modelo propuesto, proporcionando datos reales sobre ahorro, reducción del impacto y diseño ambientales innovador a través del uso alternativo del agua pluvial para el ahorro y conservación del agua mediante la limpieza de sanitarios en áreas gestión (Lozano, 2020).

Antecedentes Local

En Puerto Asís, Putumayo, la cantidad de sistemas de acueducto en las veredas es muy limitada, incluso en la zona urbana. Los sistemas de acueducto y alcantarillado siguen siendo deficiente tanto en las áreas rurales como urbanas, por lo que es necesario impulsar y brindar una

solución, ya que es una de las condiciones más importantes y dignas para poder tener una calidad de vida.

En las zonas urbanas, algunas familias utilizan sus propios aljibes, aunque hay lugares donde el agua es adecuada para el uso doméstico. Sin embargo, en otras áreas, particularmente en las veredas o barrios alejados, la situación se vuelve más complicada debido a la falta de recursos para implementar un sistema de acueducto y alcantarillado.

La comunidad rural de esta localidad se abastece de quebradas y ríos, lo que tiene efectos negativos en la salud debido a que no están tratadas y no son adecuadas para el consumo. Con el tiempo, esto podría tener consecuencias, especialmente para los niños. Debido a esto, estamos visualizando y proyectando una solución para captar, purificar y almacenar la lluvia para la escuela rural mixta vereda la Rosa. Esperando que a futuro se implemente para que muchos niños se beneficien.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, en todo el mundo existen 2.100 millones de personas no tienen acceso a agua apropiada para el consumo. La aclimatación de las fuentes de agua y su posterior consumo es fundamental porque las fuentes de agua contaminadas pueden causar problemas de salud. La urgencia de mejorar las condiciones de vida de los habitantes de las zonas rurales ha motivado a la comunidad científica a investigar la ejecución de alternativas que puedan solucionar los problemas de salud pública y ambiental. En muchos países, la recolección y captación de lluvia es una iniciativa muy recomendada que tiene mucho éxito y ayuda mucho a las necesidades (Osseiran, 2017).

Marco Teórico

Durante siglos, los seres humanos han utilizado el agua lluvia para suplir una variedad de necesidades diarias, incluyendo el campo, el mantenimiento personal y del hogar, la higiene y la nutrición. Como resultado, los sistemas de captación de agua lluvia se han proyectado como una alternativa para satisfacer necesidades ocasionadas debido a la escasez de este recurso natural, la falta de acceso a diferentes servicios o la falta de utilización de los recursos hídricos. Otra ventaja de estos sistemas es que son económicos, ya que solo consumen agua a través del agua lluvia y solo requieren inversión en el diseño, en cuanto a la construcción y mantenimiento del sistema se puede realizar con las personas de la comunidad (Loucel, 2008).

En referencia a la recolección de agua de lluvia y la reutilización como agua doméstica, a partir de algunos documentos de investigación realizados, se destacan conocimientos e ideas significativas para ayudar a avanzar en el trabajo de desarrollo y se revelan las diferentes técnicas utilizadas que se consiguen a construir dándole un buen manejo y servicio a las aguas pluviales.

Según lo expresado, los sistemas de recolección de agua lluvia han existido desde la antigüedad, y aunque no se conocen con precisión sus orígenes, algunos investigadores creen que estos sistemas fueron desarrollados en la antigüedad por las primeras civilizaciones del Medio Oriente y estoy de acuerdo en que se desarrolló dentro de la cultura (Rodríguez Negrete, 2005)

Se utilizan diversos métodos y sistemas para recolectar el agua de lluvia, como el método de trinchera, ya que se puede retener y filtrar el agua lluvia independientemente de la superficie de escorrentía. Se han realizado muchos estudios de trincheras de retención que han mejorado el uso de este método y han planteado preguntas para estos modelos, proporcionando excelentes procesos basados en las condiciones del sitio y, en general, logrando los mismos resultados con

todos estos dispositivos. "¿Cuál es la vida útil de una trinchera?" Los problemas de retención e infiltración fueron los principales objetivos de diversas pruebas realizadas para determinar los procedimientos de recuperación de aguas pluviales (Chocat, 2007)

Se recomiendan métodos de recolección de agua en áreas con agua superficial limitada como las zonas rurales. La recolección de agua lluvia es fácil de implementar en áreas hidrológicamente secas y como una posible alternativa en áreas húmedas donde factores como el flujo de depresión profunda, fuentes remotas y problemas de límites y servidumbres son comunes en el sitio. El alto riesgo y precio de productos y equipos alternativos como electricidad, bombas de agua y cilindros hidráulicos, la calidad del agua aprovechable y otras cuestiones que conllevan el uso de agua de lluvia (Materon, 1997)

Debido a la abundancia de agua lluvia en Colombia y la falta de regulación, difusión y comercialización, los sistemas de recolección de agua lluvia son poco utilizados. Sin embargo, actualmente, debido a factores como la sequía y la contaminación de estas fuentes, la demanda de estos sistemas ha aumentado. Para garantizar el abastecimiento de este recurso esencial para la sobrevivencia humana, esto ha generado altos costos. (Olaiz, 1994).

En la actualidad, se captura agua de lluvia con el fin de obtener ventajas tanto económicas como medioambientales. La evaluación de la calidad del agua está a cargo de entidades reconocidas como la Organización Mundial de la Salud, las cuales definen normas físicas, químicas, microbiológicas y bio-orgánicas para garantizar el consumo seguro de este recurso (Estupiñán, 2011)

Marco Conceptual.

Agua Potable

Definición

Es la que, al poseer las propiedades físicas, químicas y microbiológicas descritas en el decreto 1575 del 2007 y otras normativas relacionadas, es adecuada para ser consumida por seres humanos.

Aguas Lluvias

Definición

Son las aguas que provienen de la lluvia.

Área de Captación

Definición

Es la zona que se encarga de la recolección de la fuente pluvial, por lo que al diseñar o construir un sistema de captación de agua lluvia se debe ubicar en techos con pendientes no menores al 5%. Esto permite que el agua se destile directamente al sistema de captación cuando llueve (Castañeda, 2010.).

Canalización

Definición

El agua de lluvia se distribuye a través de las tuberías, que son principalmente canales circulares utilizados para transportar agua, después de haber sido recolectada (Benavides G, 2006) Además, el sistema incluye codos y accesorios para tuberías, que son componentes esenciales de las tuberías (Pavco, 2014).

Filtración

Definición

El proceso de filtración se realiza por el método granular de forma descendente, y al colocar estos materiales en esta posición se han identificado una serie de mejoras de eficiencia y económicas en la separación de sólidos en detención que no se logran separar por sedimentación (Ballén, 2006)

Sistema de Distribución

Definición

El agua recolectada y almacenada se distribuye hasta el punto de uso a través de un sistema de tuberías después de ser purificada y almacenada. Los sistemas de distribución deben diseñarse para garantizar un flujo continuo de agua y evitar pérdidas de agua debido a interrupciones o fugas (Solano, 2017)

Sistema de Tanque Interceptor de Primeras Aguas Lluvias

Definición

Este interceptor protege el agua del polvo, excrementos de pájaros, hojas, etc. Es recoger las primeras aguas de lluvia correspondientes a la limpieza de superficies contaminadas (Solano, 2017)

Sistema de Tratamiento

Definición

Para mejorar la calidad del agua recolectada, debe tratarse antes de utilizarse. El tratamiento puede incluir procesos como la filtración, la esterilización, la cloración y otros para eliminar impurezas y microorganismos (Solano, 2017)

Marco Legal

La captación y uso de aguas lluvias deben considerar normativas y regulaciones locales y nacionales, incluyendo estándares de calidad, disposiciones de seguridad y permisos de construcción. Hay varias leyes y reglamentos que regulan los proyectos de captación y filtración de lluvias, que incluyen la gestión del agua, la protección del medio ambiente y la construcción de infraestructuras. Algunas de las leyes y regulaciones que se aplican en Colombia incluyen:

Resolución 2115 del 2015 la cual establece parámetros de calidad fisicoquímicos y microbiológico del agua para el consumo humano

Decreto 1575 de 2007 por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Ley 373 de 1997 - Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico: La ley establece los principios, objetivos y estándares para el servicio integral del agua, incluyendo la promoción de la captación y uso eficiente del agua de lluvia.

Ley 99 de 1993 - Ley General de Medio Ambiente: Esta ley instituye las disposiciones generales para la gestión y conservación del medio ambiente, incluyendo la protección de fuentes hídricas y la prevención de la contaminación.

Decreto 1076 de 2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible: Este decreto regula diversos aspectos relacionados con la gestión ambiental, incluyendo la autorización y control de proyectos que puedan afectar la calidad del agua.

Norma Técnica Colombiana NTC 6175 - Agua Potable: Requisitos para la lluvia utilizada para fines domésticos y urbanos. Esta norma establece los requisitos de calidad que debe cumplir esta agua destinada para uso doméstico, incluyendo los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Norma Técnica Colombiana NTC 6055 - Agua potable: Esta norma describe los requisitos técnicos para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de sistemas de captura de agua de lluvia.

Marco Geográfico

Departamento del Putumayo

El Putumayo es un departamento del Sur de Colombia, ubicado en la región amazónica y limitando con Ecuador y Perú. Con una extensión de 25.312 Km², representa el 2.22% del territorio nacional. Su capital es la ciudad de Mocoa y está dividido en 13 municipios. En la figura 1 se muestra el mapa de Colombia con la ubicación del departamento del Putumayo. Geográficamente, el Putumayo se encuentra entre 1°26'18" y 0°27'37" de latitud norte, y 73°50'39" y 77°4'58" de longitud oeste (Martínez, 2019).

Figura 1

Departamento del Putumayo



Fuente. Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC (2019)

Municipio de Puerto Asís

El municipio es el que cuenta con mayor población, siendo también la capital comercial del departamento del Putumayo, cuenta con todas las vías de comunicación aéreas, terrestres y

fluviales. La mayoría de las áreas son planas o ligeramente onduladas, heredadas de la Amazonía, y se encuentran clasificadas como de relieve cálido.

Puerto Asís, Putumayo limita con el vecino país Ecuador y también con los pueblos, Puerto Guzmán, Puerto Caicedo, San Miguel y Orito. Su clima es tropical húmedo (El clima en Puerto Asís, , s.f.)

Figura 2

Municipio de Puerto Asís



Fuente. Google Earth. (2024).

Vereda la Rosa

El presente proyecto se planteó para la Vereda la Rosa ubicada a una hora del municipio de Puerto Asís, esta colinda a orillas del Rio Putumayo frontera con el vecino País Ecuador, la vereda cuenta actualmente con aproximadamente con 100 habitantes; este sistema de captación

de agua lluvia se propuso específicamente en la escuela Rural Mixta que actualmente cuenta con 15 estudiantes de escolaridad primaria. En la figura 3 y 4 se puede observar la Vereda la Rosa y la escuela.

Figura 3

Vereda la Rosa



Fuente. Google Earth (2024)

Figura 4

Escuela Rural Mixta La Rosa



Nota. Elaboración propia.

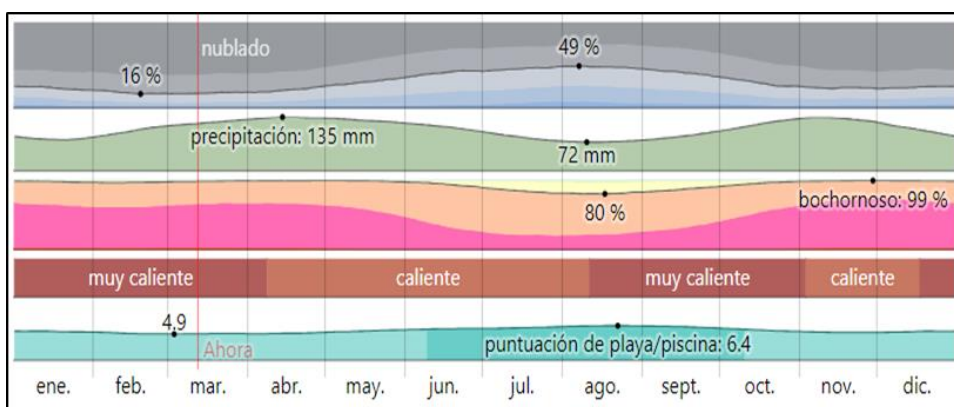
Clima de la Zona

En la localidad de Puerto Asís, los meses de verano, cálidos, nublados e inviernos tienen una duración limitada y difieren entre sí. Durante la mayor parte del año, el clima permanece nublado y húmedo. La temperatura varía durante todo el año y varía de 21 a 31 °C; a veces disminuye a menos de 19 °C o aumenta a más de 34 °C (El clima en Puerto Asís, , s.f.)

En la figura 5 se puede apreciar el clima de Puerto Asís, el tiempo por mes y la temperatura promedio (Colombia).

Figura 5

Clima Puerto Asís



Fuente. Weather Spark

Precipitación en Puerto Asís

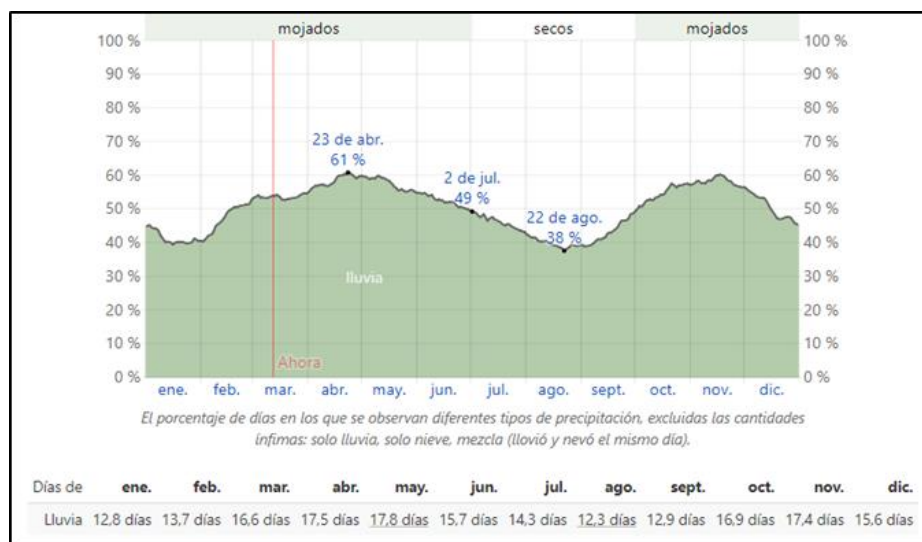
En Puerto Asís, un día lluvioso se define como cuando cae al menos 1 milímetro o precipitación similar a un líquido. Los días de humedad en Puerto Asís pueden variar a lo largo del año. El periodo más húmedo dura aproximadamente nueve meses, del 1 de octubre al 2 de julio, y hay una probabilidad de más del 49% de que un día llueva. El mes más húmedo es abril, con aproximadamente 17,5 días con al menos 1 milímetro de precipitación. El 2 de julio es el día

en que comienza la temporada de verano y dura hasta el 1 de octubre. Agosto también es el mes con menos días lluviosos, con un promedio de 12,3 días. (El clima en Puerto Asís, , s.f.).

En la Figura 6 se presenta la probabilidad mensual de la precipitación en el Municipio de Puerto Asís.

Figura 6

Volumen Captado por Día



Fuente. Weather Spark

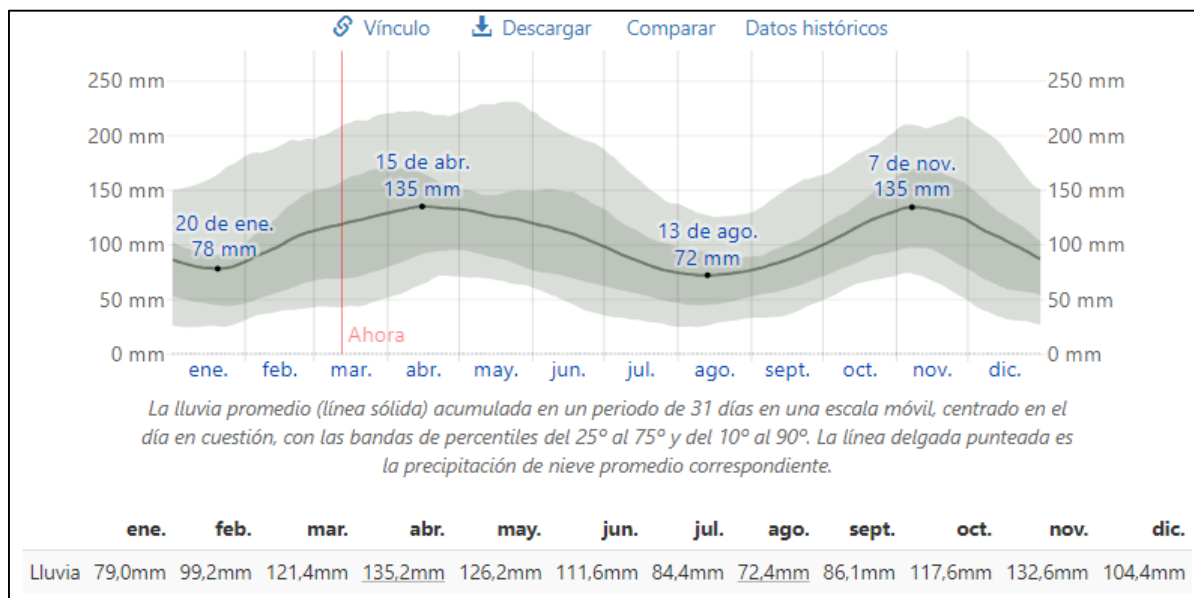
Lluvia en Puerto Asís

Las precipitaciones mensuales en Puerto Asís varían significativamente según la temporada. El mes más lluvioso es abril, con una precipitación promedio de 135 mm y el mes con menos lluvia es agosto, con un promedio de 72 mm de lluvia. La precipitación acumulada en Puerto Asís durante un período de 31 días se muestra en una escala móvil centrada en cada día del año para revelar los totales mensuales y los cambios durante un mes. (El clima en Puerto Asís, , s.f.).

En la figura 7 se indica el promedio mensual de lluvia en el municipio de Puerto Asís.

Figura 6

Promedio Mensual de Lluvia en Puerto Asís



Fuente. Weather Spark,

De acuerdo con las estadísticas presentadas a lo largo de la anterior información sobre clima de Puerto Asís específicamente las precipitaciones, se puede deducir que este municipio cuenta con las condiciones aceptables para ejecutar este proyecto del sistema de captación de agua lluvia, por lo que podrán recoger lluvia para pasarla por un proceso de tratamiento para consumir agua potable de forma continua para beneficiar principalmente a la comunidad estudiantil de la Vereda la rosa.

Diagnóstico de las Fuentes de Abastecimiento y Calidad de Agua en la Escuela Rural Mixta la Rosa

Para desarrollar el diagnóstico se realizó una solicitud de permiso dirigida a la directora Margarita Acosta para poder ingresar a las instalaciones de la escuela, la carta se encuentra adjunta en el Apéndice A.

El viernes 15 de marzo del 2024 en horas de la mañana, se realizó la visita por parte de los estudiantes a la Vereda la Rosa, específicamente en las instalaciones de la escuela rural mixta la cual cuenta actualmente con 20 estudiantes de escolaridad primaria, y se recopiló información sobre la condición actual de las fuentes de abastecimiento y consumo de agua logrando identificar las necesidades de la comunidad estudiantil.

Socialización del Proyecto en la Escuela Rural Mixta la Rosa

Se logró entablar conversación con la docente Johana Montenegro encargada de la sede, donde se socializó la idea del proyecto del sistema de captación y tratamiento de agua lluvia, se explicó el objetivo principal y las ventajas que ofrece para la comunidad estudiantil la implementación de este sistema como una solución sostenible y eficaz para el consumo de agua potable.

Se informó a la docente, sobre una posible solución a la problemática identificada, aclarando que se va a realizar una investigación sobre los métodos y sistemas de tratamiento de agua lluvia, para posteriormente presentar una propuesta de proyecto con el fin de brindar a la comunidad estudiantil agua apta para el consumo. En la figura 8 se evidencia la socialización de los estudiantes con la docente también en la figura 9 se indica el prototipo del sistema de captación a la docente.

Figura 7

Socialización de la Idea del Proyecto con la Docente.



Nota. Elaboración propia.

Figura 8

Presentación de Sistemas de Captación, Almacenamiento y Tratamiento de Agua Lluvia

Prototipo



Nota. Elaboración propia.

Durante el proceso de la socialización, se interactuó de forma recreativa con los estudiantes de primaria para concientizarlos de los efectos perjudiciales para su salud que el consumo de agua de lluvia no tratada puede tener. En la figura 10 se presenta la interacción con los estudiantes de la escuela.

Figura 9

Socialización del Proyecto a los Estudiantes en la Escuela Rural Mixta



Nota. Elaboración propia.

Entrevista Docente de la Escuela Rural Mixta la Rosa

En la visita se realizó una entrevista a la docente Johana Montenegro, encargada de la sede. Donde se formularon 5 preguntas fundamentales para reconocer la problemática en cuanto al consumo de agua potable e identificar aspectos relevantes y condiciones actuales sobre la

fuente principal de abastecimiento en la comunidad educativa, logrando buscar una solución viable.

1. ¿Cuál es la situación actual del suministro de agua en la comunidad educativa?
2. ¿Qué alternativas utilizan para satisfacer las necesidades de agua en la comunidad educativa?
3. ¿Qué impacto tiene la falta de acceso a agua potable en la salud y la seguridad de los estudiantes y demás personal de la comunidad educativa?
4. ¿Conocen o han escuchado sobre algún tipo de sistema de tratamiento de agua?
5. ¿Qué recursos estarían dispuestos a invertir en la implementación y mantenimiento de este sistema de captación y tratamiento de aguas lluvias para la comunidad educativa?

A continuación, se presentan las respuestas por parte de la docente:

1. La situación actual del suministro de agua en nuestra comunidad estudiantil es deficiente y existen dificultades que afectan nuestra capacidad para garantizar un suministro de agua seguro y confiable para todos los miembros de la comunidad. Por lo que se requiere acciones urgentes para abordar esta problemática y mejorar nuestra situación actual.
2. Nuestra principal fuente de abastecimiento es el agua lluvia, en las instalaciones contamos con un sistema de recolección de aguas lluvias común, actualmente tenemos tres tanques cada uno de ellos con diferente capacidad de almacenamiento de acuerdo a nuestra necesidad, con estos suplimos las diferentes necesidades que se presentan en nuestra labor diaria.
3. En periodos largos de sequía optamos por captar agua del Río Putumayo para usos de oficios varios y así racionar el agua lluvia en tiempos de verano un padre de familia se encarga de realizar la instalación de la motobomba para poder llenar los tanques de

almacenamiento y en ocasiones se compra agua potable tratada en botellón para la preparación de alimentos de los estudiantes de primaria.

4. El impacto frente a esta situación es crítico porque algunos estudiantes han presentado enfermedades estomacales debido al consumo de agua no tratada, como docente encargada de los estudiantes trato de gestionar consumo de agua potable, pero todo el tiempo no es posible. Esto nos conlleva hervir el agua que se utiliza para la preparación de alimentos.

5. Sí, algunos de los sistemas de tratamiento que conozco son los filtros caseros de agua que venden en el mercado, ya que cuento con uno de ellos en mi vivienda, por lo que sé cuáles son los beneficios que puede traer implementarlo en la escuela.

6. Es un proyecto viable que, si en algún momento se llega a ejecutar en las instalaciones de la escuela, cuentan con mi apoyo y con el de los padres de familia para gestionar los recursos necesarios para todo lo que requiere el sistema.

Las respuestas de la docente Johana Montenegro se evidencian en el Apéndice B, donde se comparte el enlace del audio de la entrevista grabado por los estudiantes. En la figura 11 se evidencia la entrevista que se le realizó a la docente.

Figura 10

Entrevista con la Docente Johana Montenegro



Nota. Elaboración propia

Identificación de las Fuentes de Abastecimiento de Agua en la Escuela

En la escuela rural mixta de la vereda la Rosa existen dos fuentes principales de abastecimiento de agua para su consumo:

Fuente Pluvial

En la visita se logró identificar que la lluvia es la principal fuente de abastecimiento de la comunidad estudiantil. La escuela tiene tres tanques recolectores de lluvia que se utilizan para la preparación de alimentos en el restaurante escolar, consumo, uso doméstico y unidades sanitarias. Este recurso es esencial para el cuidado y el desarrollo de la comunidad estudiantil, especialmente para los niños.

La escuela tiene tres puntos de recolección de lluvia, pero ninguno de ellos tiene un proceso o sistema de tratamiento, por lo que esta no es apta para el consumo de la comunidad estudiantil. El agua lluvia presenta contaminantes ya sea por partículas que se encuentran en la atmósfera y la suciedad que se arrastra de los techos o áreas de captación. Si se llegará a implementar un sistema de tratamiento adecuado, se puede maximizar el consumo de agua potable. En las figuras 12,13 y 14 se puede observar las instalaciones de los tres puntos de captación de agua lluvia de la escuela rural mixta de la vereda la Rosa.

Figura 11

Tanque de Almacenamiento de Agua para el Restaurante



Nota. Elaboración propia

Figura 12

Tanque de Almacenamiento de Agua para la Unidad Sanitaria



Nota. Elaboración propia

Figura 13

Tanque de Almacenamiento de Agua para uso Doméstico



Nota. Elaboración propia.

Figura 14

Ubicación Escuela la Rosa



Nota. Elaboración propia.

Figura 15

Río Putumayo



Nota. Elaboración propia.

Análisis Físicoquímico de Muestra Tomada en un Punto de Almacenamiento de Agua Lluvia de la Escuela

El agua lluvia producida por las precipitaciones en la atmósfera es una fuente importante de agua dulce que puede utilizarse para diversos fines, desde la nutrición humana hasta el riego agrícola y la protección de los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, las características del agua lluvia puede verse influenciada por factores como la contaminación del aire, la acumulación de sedimentos y la presencia de compuestos químicos y biológicos.

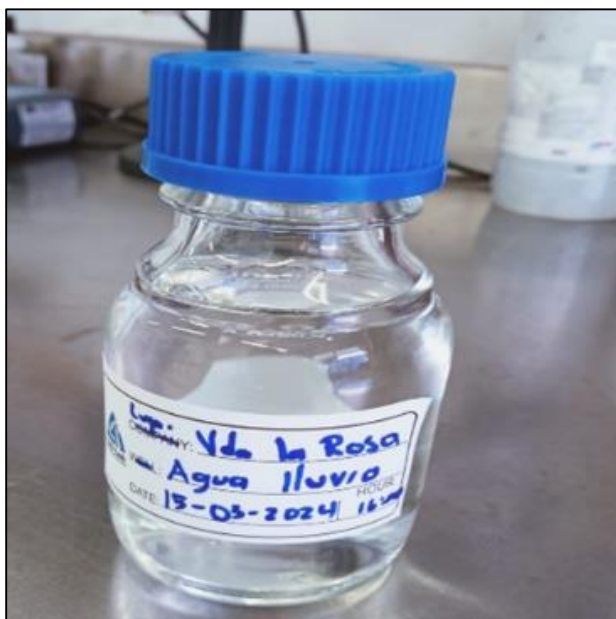
En este sentido, el análisis físicoquímico de muestras de agua de lluvia es una herramienta clave para comprender su composición y evaluar su idoneidad para diversos usos. Este análisis se puede utilizar para determinar diversos parámetros físicoquímicos como el pH, la turbidez, la conductividad, el oxígeno disuelto, los nutrientes y los metales pesados, que son indicadores clave de la calidad del agua para sus diversos usos.

En el punto donde se almacena el agua que se usa para consumo y preparación de alimentos, se tomó una muestra de agua lluvia debidamente rotulada y se colocó en un recipiente que evita la contaminación para proceder con los análisis físicoquímicos. Los análisis físicoquímicos se elaboraron en el laboratorio de la planta de tratamiento de agua de la empresa Gran Tierra Energy.

En la figura 17 se observa la muestra del agua lluvia tomada en las instalaciones de la escuela. De igual forma, en la figura 18 se evidencia al estudiante Jorge Eliecer Cortés Moyano realizando el análisis físicoquímico de la muestra tomada.

Figura 16

Muestra de Agua Lluvia Tomada en Punto de Captación de la Escuela



Nota. Elaboración propia

Figura 17

Estudiante Realizando Análisis Fisicoquímicos de Muestra De Agua Lluvia



Nota. Elaboración propia

Parámetros Analizados a la Muestra de Aguas Lluvias PH (Potencial de Hidrógeno)

Para este análisis se utiliza el equipo Multiparámetro HQ 40D. Se realiza por el método de potenciómetro, la medida se realiza a través de un electrodo de pH. Cuando el electrodo hace contacto con la solución, se genera un potencial a través de la membrana de vidrio que envuelve al electrodo. En la figura 19 se presenta el análisis del pH.

Figura 18

Análisis de pH por Potenciómetro



Nota. Elaboración propia

Cloruros

Este análisis se realiza con los siguientes equipos y materiales, el Dosificador Titrette es ideal para química general en aplicaciones de tratamiento de aguas.

1. Solución de Nitrato de plata.
2. Cromato de potasio (R2Cr207) al 5%
3. Dosificador Titrette.
4. Muestra.
5. Beaker
6. Gotero.

En la figura 20 se indica el análisis de cloruros con el Dosificador Titrette.

Figura 19

Análisis de Cloruros con Dosificador Titrette



Nota. Elaboración propia

Conductividad por Potenciómetro

Es importante resaltar que la a conductividad en el agua se determina por la cantidad de electrolitos en la solución y así probar la contaminación del agua. En el análisis de la conductividad se utiliza los siguientes equipos y materiales:

1. Multiparámetro HQ 40D
2. Sonda de conductividad.
3. Beaker.
4. Muestra.

En la figura 21 se presenta el análisis de conductividad por potenciómetro.

Figura 20

Análisis de Conductividad por Potenciómetro



Nota. Elaboración propia

Dureza Total

La dureza total del agua puede tener importantes implicaciones para la calidad del agua y su uso en diferentes aplicaciones. La dureza total se mide generalmente en miligramos por litro (mg/L) o partes por millón (ppm) de carbonato de calcio (CaCO_3) o equivalentes de CaCO_3 . La dureza del agua puede afectar su uso en hogares, industrias y agricultura.

1. Reactivo calver.
2. Solución estándar de hidróxido de potasio 8,00 N.
3. Titulador EDTA 0,800M
4. Titulador digital HACH.

En la figura 22 se indica el análisis de dureza total hecho en el equipo Titulador EDTA 0,800M.

Figura 21

Análisis de Dureza total con Titulador EDTA 0,800M



Nota. Elaboración propia

Alcalinidad

Esta medida se utiliza para identificar las características corrosivas del agua correspondientes a los iones hidróxido (OH^-), carbonato (CO_3) y bicarbonato (HCO_3). Para este análisis se utilizan los siguientes equipos y materiales:

1. Bromocresol verde rojo de metilo sobre en polvo.
2. Indicador fenolftaleína sobre en polvo
3. Cartucho de titulación de ácido sulfúrico 1600N.
4. Muestra
5. Titulador digital HACH.
6. Frasco de Erlenmeyer de 250 ml

En la figura 23 se observa el análisis de alcalinidad.

Figura 22

Análisis de Alcalinidad con Cartucho de titulación de ácido sulfúrico 1600N



Nota. Elaboración propia

Hierro Total

Para llevar a cabo este análisis del hierro total de la muestra tomada, se debe utilizar los siguientes equipos y materiales:

1. Espectrofotómetro HACH DR 1900.
2. Celdas de espectrofotómetro de 10 ml.
3. FerroVer Iron Reagent Powder Pillows.
4. Hidróxido de sodio.
5. Beaker.
6. Muestra.

En la figura 24 se logra indicar el análisis hecho Espectrofotómetro HACH DR 1900.

Figura 23

Análisis de Hierro total con Espectrofotómetro HACH DR 1900



Nota. Elaboración propia

Resultados

Tabla 1

Resultados de Análisis Físicoquímicos Realizados

Parámetro Analizado	Resultado	Unidades	Valores permisibles	Diagnóstico	Método	Fecha de análisis
pH	7,77	Udes.pH	6,5 – 9,0	Aceptable	potenciómetro	15/03/2024
Cloruros	306	mg/L	0 a 250	No aceptable	volumétrica	15/03/2024
Conductividad	12,20	µS/cm	N/A		conductímetro	15/03/2024
Dureza total	400	mg/L	0 – 150	No aceptable	volumétrica	15/03/2024
Alcalinidad	0,003	mg/L	N/A		volumétrica	15/03/2024
Hierro total	0,18	mg/L	0 – 0,3	No aceptable	fotometría	15/03/2024

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados mostrados en la tabla 1 de los análisis físicoquímicos realizados a la muestra recolectada en el punto principal de almacenamiento de la vereda la rosa, se ha determinado que las características del agua no cumplen con los estándares recomendados para el consumo. Los resultados revelan la presencia de niveles elevados de durezas (400 mg/L), hierros (0,18 mg/L), cloruros (306 mg/L), los cuales está por fuera del rango de valores permisibles lo que puede representar un peligro para la salud de la comunidad educativa si se ingieren sin tratamiento adecuado.

Es crucial destacar que el consumo de agua no potable puede ocasionar una serie de problemas de salud, incluyendo enfermedades gastrointestinales, infecciones bacterianas, y potencialmente efectos adversos a largo plazo en la salud.

Según la Organización Mundial de la Salud, los filtros caseros de grava, carbón y arena ayudan a eliminar bacterias, virus, y protozoos hasta 99.5%, por lo tanto, la instalación del filtro casero para purificar el agua es importante porque proporciona una solución efectiva, económica y sostenible para mejorar la calidad del agua y velar por la salud de las comunidades, al tiempo que apoya la conservación del medio ambiente y el manejo responsable de los recursos hídricos (salud., 2020).

Investigación de los Sistemas de Captación y Tratamiento de Agua Lluvia Tipos de Sistemas de Captación de Agua Lluvia

El conocimiento ecológico tradicional (CET) se refiere a los antiguos conocimientos y prácticos ecológicos indígenas. Se diseñaron tipos de sistemas en función del tamaño, el consumo de agua y la ubicación del acopio de agua con el objetivo de recolectar agua de lluvia. Desde hace siglos, la gente de diferentes lugares ha dependido del agua de lluvia y ha creado sus propios métodos para recolectarla. Estas técnicas se pueden categorizar como métodos de inundación, métodos de lluvia o métodos de microcuencas (Team, 2020).

La captación tradicional de agua lluvia implica la recolección, almacenamiento y concentración de agua para una variedad de usos. Esto se puede hacer donde llueve o en otro lugar. También se puede usar esta agua de inmediato o luego. A continuación, unos tipos de captación tradicional.

Qanats

Definición. Es una técnica de irrigación proviene del antiguo Oriente Medio en donde se cava un túnel largo en un terreno árido que permite acceder al agua de los acuíferos profundos para uso de las comunidades locales, manteniendo a grandes asentamientos a pesar de las condiciones ambientales hostiles. Los qanat comienzan como pozos profundos excavados en

terrenos elevados y culminan en arroyos que fluyen por salidas hacia un asentamiento humano. Las salidas mantienen los asentamientos mediante el suministro de agua para las cosechas y agua potable para la población (Vaughan c. S., 2024)

Las Terrazas de Banco

Definición. Las terrazas son terraplenes construido de manera que sea perpendicular a la pendiente del suelo con bordes a tierra o una combinación de bordes y canales.

Un sistema de manejo del agua es necesario, ya sea para almacenar el exceso de agua o para dirigirlo hacia cauces naturales, empastados, desagües subterráneos, drenes y sistemas de desviación del exceso de agua (Vaughan c. S., 2024)

El Riego por Derivación

Definición. Es una técnica eficiente para el suministro de agua a los cultivos, asegurando que las plantas reciban la cantidad necesaria para su desarrollo y optimizando la utilización de este recurso vital (Colombia, 2024)

Captación de Aguas Pluviales en Azoteas y Cisternas

Definición. Consiste en recopilar el agua que precipita naturalmente en nuestras azoteas, filtrarla para eliminar las impurezas, almacenarla y finalmente desinfectarla para hacerla potable y usarla en una variedad de actividades (Captación de agua pluvial., s.f.).

Techos y Superficies Impermeables

Definición. Los impermeabilizantes son núcleos que bloquean el paso del agua. Se utilizan para revestir paredes, techos y cuerpos que deben mantenerse secos. Su trabajo consiste en llenar filtraciones, aislar la humedad del medio y eliminar y reducir la porosidad del material (Vaughan c. S., 2024)

Tipos Sistemas de Tratamiento de Agua

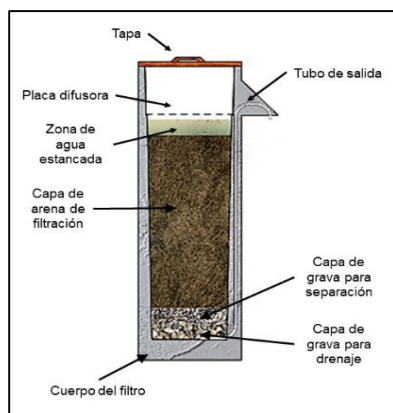
Filtro Bioarena

El filtro de bioarena es un sistema purificador de agua doméstico diseñado para un uso ocasional. Su función es igual a la de un filtro lento de arena tradicional. Cuando el agua pasa a través de un filtro, los procesos físicos eliminan el manganeso, el hierro y la turbidez del agua. Además, los patógenos también se eliminan a través de procesos biológicos cuando se desarrolla una capa gelatinosa biológica, también conocida como biofilm, compuestas por microorganismos saludables en la parte superior del filtro, lo que ayuda a eliminar los patógenos. (Cawst, 2011)

En la Figura 25 se presenta el filtro bioarena.

Figura 24

Componentes del filtro bioarena



Fuente. CAWST 2009

Filtro Casero

Un filtro casero es un dispositivo generalmente hecho de material poroso que atrapa y elimina partículas sólidas del agua. Mejora la calidad del agua cuando llega al tanque de almacenamiento, las partículas introducidas en el agua se retienen al pasar por el filtro, lo que

puede ser tóxico o perjudicial para la salud como el barro, óxido, polvo, hierro, altos niveles de cloro, bacterias y muchos más (Sánchez, 2021).

Materiales Necesarios Para Realizar el Filtro Casero

Recipiente. puede ser de cualquier tamaño pequeño, mediano o grande. De acuerdo a la necesidad, su función es contener, proteger y conservar los componentes del filtro.

Grava. Mientras atrapa partículas y sedimentos más grandes, actúa como una capa de drenaje que permite que el agua fluya libremente. Este material es necesario para eliminar las impurezas principales y aumentar la eficiencia del filtro en general.

Arena Fina. La arena es el medio filtrante más efectivo. Es responsable de mantener las partículas sólidas en suspensión.

Piedras Medianas y Pequeñas. Las piedras son considerables para la elaboración de filtros de agua por sus buenas propiedades de dureza, densidad y peso. Su textura natural y su proceso de pulido lo hacen excelente para filtrar impurezas y sedimentos, garantizando así la pureza del agua.

Carbón Activado. El carbón activado es un material que puede adsorber productos químicos, gases, metales pesados, proteínas, desechos y toxinas mientras elimina los contaminantes que causan olores, mejorando el sabor del agua.

Algodón Natural. El algodón es un material filtrante ideal para destilar la suciedad del agua. Dependiendo del nivel de suciedad, puede obstruirse ágilmente, reduciendo la circulación del agua en el filtro.

En la figura 26 se puede apreciar los componentes del filtro casero de grava, arena y carbón.

Figura 25

Filtro Casero de Grava, Arena y Carbón



Fuente: Ecologiaverde, 2021

¿Para qué Sirve el Filtro Casero?

El filtro de agua casero utiliza materiales como arena, grava y carbón para imitar la filtración natural del agua. Al utilizar este filtro el agua se eliminarán varios contaminantes, como bacterias y óxido, lo que hace que el agua sea más pura y de mejor calidad para su consumo (Sánchez, 2021).

Funcionamiento del Filtro Casero

El filtro funciona de la siguiente manera: el agua con impurezas ingresa a través de la parte superior y luego pasa por los diferentes niveles del sistema, llegando a la parte inferior del sistema que está libre de impurezas y limpio. El tamaño y la capacidad de este filtro varían según la necesidad y el número de personas que se benefician del sistema. Este filtro puede eliminar de manera significativa las contaminaciones que ingresan al agua (Sánchez, 2021).

Mantenimiento del Filtro Casero

Es recomendable realizar el mantenimiento del filtro cada seis meses. Esto implica desarmar el filtro para poder limpiar la arena, las piedras, la grava y reemplazar el carbón activado, ya que el carbón activado pierde sus propiedades filtrantes con el tiempo. Se tiene en cuenta que, si el uso del filtro es regular, se debe revisar y, si es necesario, se debe realizar un mantenimiento más rápido (Sánchez, 2021).

Filtro de Cerámica

Uno de los métodos más antiguos para tratar el agua potable es el uso de materiales cerámicos para filtrar el agua. Hoy en día los filtros de vela y los recipientes de cerámica con plata coloidal son los más usados. Es uno de los métodos de filtración que se utilizan para su manipulación y eliminación segura en el hogar. Se puede realizar localmente con un simple curso de capacitación técnica. (Cawst, 2011)

En la figura 27 se presenta un modelo de filtro de cerámica.

Figura 26

Filtro de Cerámica



Fuente. CAWST 2011

Selección del Sistema de Captación y Tratamiento para la Escuela Rural Mixta la Rosa

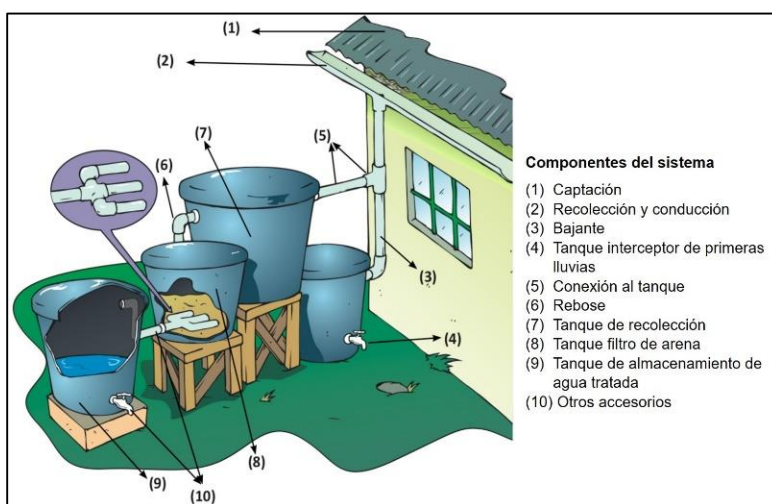
A continuación, se da a conocer el tipo de sistema de captación y el tipo de filtro seleccionado para el presente proyecto:

El sistema de captación de agua lluvia elegido es “La captación de aguas pluviales en las azoteas y las cisternas” el tipo de filtro es el de “Filtro casero de grava, arena y carbón” estos cumplen con las características y parámetros de aceptación para lograr purificar el agua y así poder cubrir con las necesidades que padece la escuela rural mixta la Rosa a falta de agua potable. Se presenta una breve descripción de cada uno de ellos.

Nota: Se tomó como referencia para esta propuesta un proyecto hecho en Colombia llamado “Sistema de recolección y filtrado de aguas lluvias albergue Vuelta del Mero en el municipio de El Charco, Nariño”. En las Figura 28 se indica el sistema de captación o aprovechamiento de agua lluvia, integrado con un sistema de filtración.

Figura 27

Sistema de recolección y filtrado de aguas lluvias, albergue Vuelta del Mero en el municipio de El Charco, Nariño



Fuente. (Organización Panamericana de la Salud, 2010).

Para la selección del filtro se tomaron como referencia los siguientes estudios:

Los filtros de carbón activado son útiles para eliminar muchas sustancias químicas nocivas para la salud. Estos incluyen cloro, benceno, radón, trihalometanos, químicos orgánicos volátiles como pesticidas y herbicidas, y cientos de otras impurezas químicas que pueden entrar en contacto con el agua de la red a medida que fluye a través del proceso. Además, el filtro de carbón activado elimina los sabores y olores desagradables del agua (Admin., 2023).

Los filtros caseros se pueden fabricar fácilmente utilizando diversos materiales disponibles como arcilla, aserrín, arroz, arena, resina halogenada, plata coloidal, zeolita, carbón activado, nitrato de plata, etc. Cada material cumple una función específica en la eliminación de microorganismos y la mejora fisicoquímica del agua. Permitiendo la retención de microorganismos y sustancias químicas presentes en el agua, obteniendo agua segura y apta para el uso humano (Mwabi, 2011).

Diseño de un Prototipo de Sistema de Captación, Tratamiento y Almacenamiento de Agua de Lluvia para la Escuela Rural Mixta de la Vereda la Rosa

Instalaciones de la Escuela Rural Mixta la Rosa

En la visita a la escuela se logró inspeccionar y verificar los puntos de abastecimiento de agua de la comunidad educativa, donde actualmente cuenta con tres puntos de captación que se utilizan principalmente para servicios básicos como domésticos, sanitarios y en ocasiones para consumo humano.

En las figuras 29, 30 y 31 se presentan una simulación de modelado en 3D de las instalaciones de la escuela con los puntos de captación de agua lluvia.

Figura 28

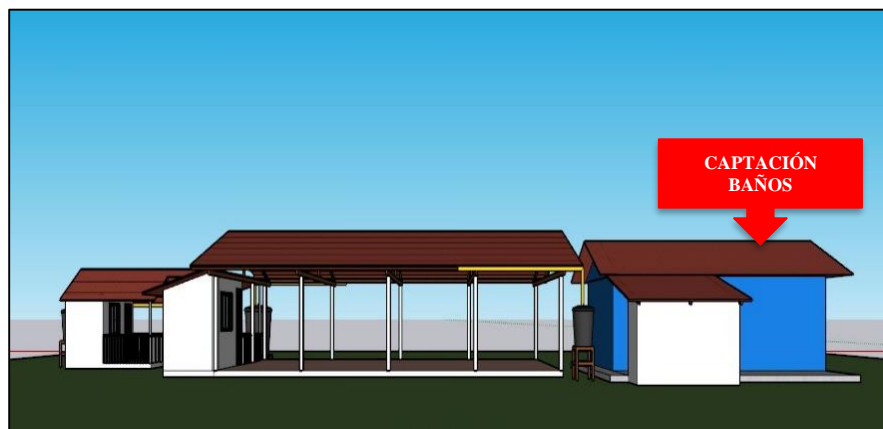
Escuela Rural Mixta la Rosa – Primer Punto de Recolección de Agua Lluvia



Nota. Elaboración propia

Figura 29

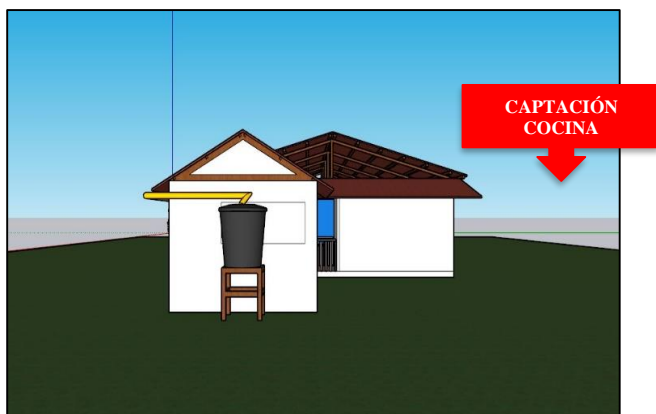
Escuela Rural Mixta La Rosa – Segundo Punto de Recolección de Agua Lluvia



Nota. Elaboración propia.

Figura 30

Escuela Rural Mixta La Rosa – Tercer Punto de Recolección de Agua Lluvia



Nota. Elaboración propia.

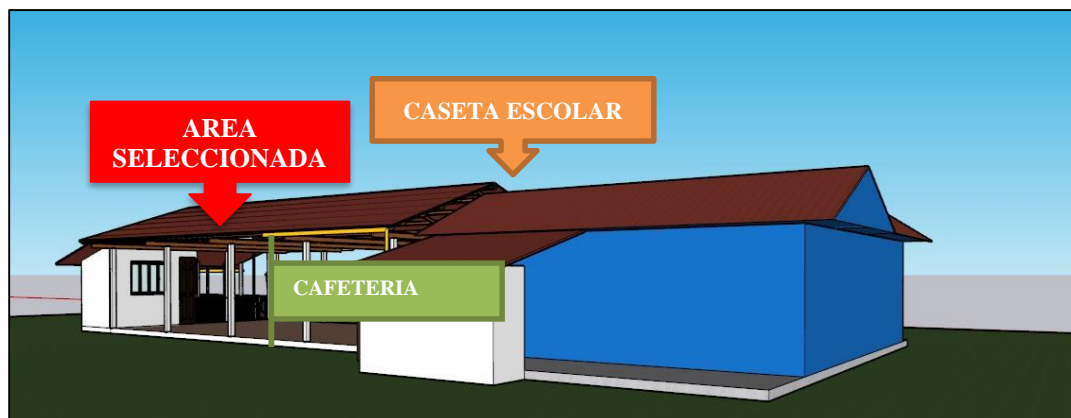
Selección del Área para Montaje del Sistema de Captación

Teniendo en cuenta que la escuela tiene la necesidad de buscar alternativas para promover el consumo de agua potable, se presenta este proyecto donde se desarrolló el diseño de un prototipo sistema de captación y tratamiento de aguas lluvias. Inicialmente seleccionamos el área de captación.

El área seleccionada queda en la caseta escolar al lado izquierdo de la cafetería, esta caseta cuenta con los parámetros necesarios para captar la lluvia. En la figura 32 se presenta el área seleccionada para la implementación del sistema de captación y tratamiento de agua lluvia.

Figura 31

Área Seleccionada para el Sistema de Captación



Nota. Elaboración propia.

Diseño del Prototipo del Sistema de Captación

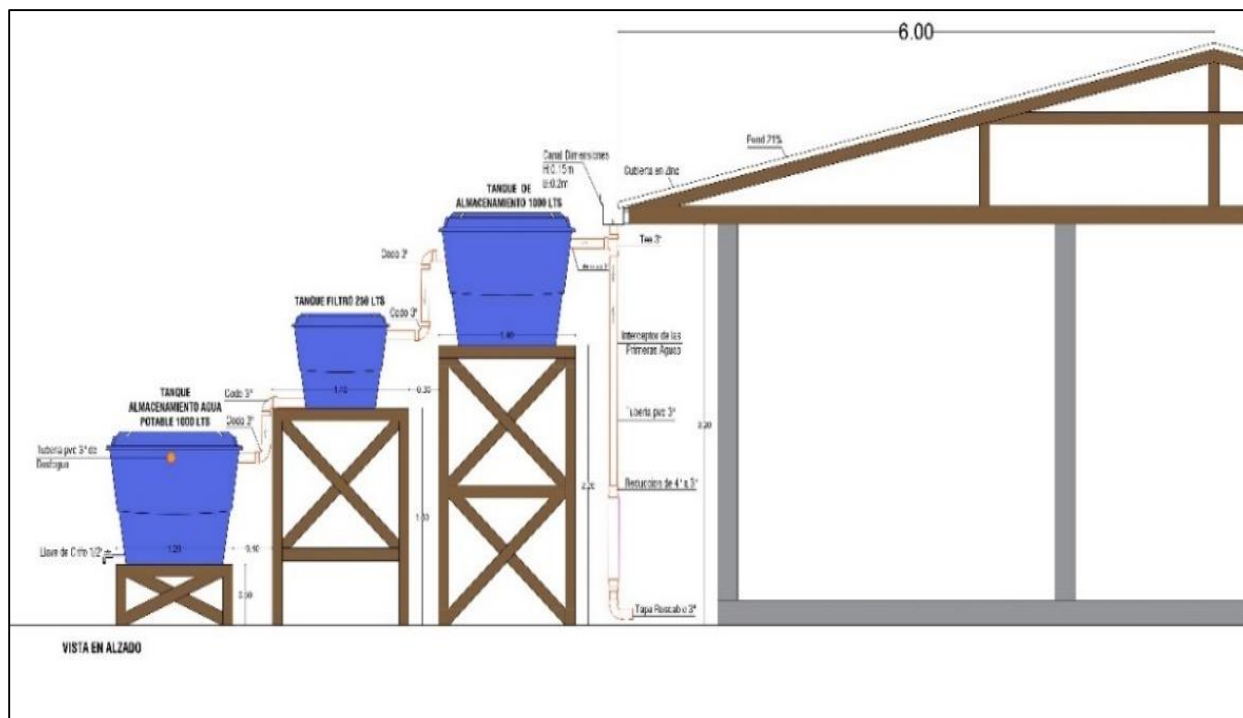
Luego del reconocimiento en campo de las instalaciones de la escuela, se realizó el diseño del sistema de captación de acuerdo al área seleccionada “caseta escolar”, las dimensiones de este sistema se determinan en función de la intensidad y frecuencia de la lluvia sobre el área de estudio.

Para los diseños se utilizaron los programas AutoCAD (modelo 2D) – SketchUp (Modelo 3D) y Lumion (Imágenes foto-realistas).

En las figuras 33 Y 34 se indica el diseño en 2D del sistema de captación con sus respectivos accesorios y medidas. En la figura 35 se presenta el modelado en 3D del sistema de captación de agua lluvia junto con la capacidad de los tanques de almacenamiento.

Figura 32

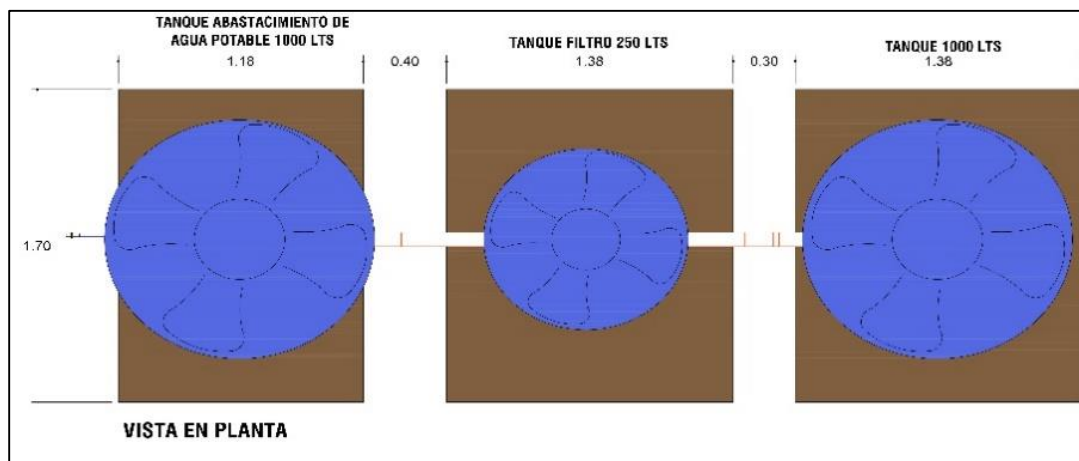
Diseño Prototipo del Sistema de Captación, Tratamiento y Almacenamiento de Agua Lluvia



Nota. Elaboración propia

Figura 33

Vista en Planta del Sistema de Captación, Tratamiento y Almacenamiento de Agua Lluvia



Nota. Elaboración propia.

Figura 34

Vista En Perspectiva 3D del Sistema de Captación, Tratamiento y Almacenamiento de Agua Lluvia












Nota. Elaboración propia.

Accesorios del Sistema de Captación de Agua Lluvia

En la figura 36 se da a conocer los accesorios necesarios para la implementación del sistema de captación de agua lluvia.

Figura 35

Accesorios del Sistema de Agua Lluvia

ACCESORIOS PVC NECESARIOS	
	TEE PVC - 3" CANTIDAD=1 UND
	CODO PVC 90°- 3" CANTIDAD=5 UND
	REDUCCION PVC 4"- 3" CANTIDAD=2UND
	TAPA PVC ROSCADA 3" CANTIDAD=1 UND
	ADAPTADOR MACHO ROSCADO 3" CANTIDAD=1 UND
	TUBERIA PVC 3" CANTIDAD=7 ML
	TUBERIA PVC 4" CANTIDAD=1 ML
	TUBERIA PVC 1/2" CANTIDAD=0.5 ML
	LLAVE DE GRIFO 1/2" CANTIDAD=1 UND

Nota. Elaboración propia

Modelo 3D del Sistema de Captación de Agua Lluvia

Se realizó el modelado del prototipo diseñado para la escuela rural mixta de la Vereda la Rosa, donde se utilizó como fuente principal el agua de lluvia como alternativa de consumo para la comunidad estudiantil. En la figura 37 se presenta el modelo 3D del sistema de captación de agua lluvia para la escuela Rural Mixta la Rosa. En el **apéndice C** contiene vistas adicionales del prototipo del sistema de captación, así como un enlace con la presentación de vídeo en 3D.

Figura 36

Modelado Foto-Realista 3D del Sistema de Captación



Nota. Elaboración propia

Función del sistema de captación de Agua Lluvia

Este sistema tiene como función recolectar las aguas lluvias a través de la cubierta de la caseta escolar, esta agua pasa primero al interceptor de primeras lluvias que se encarga de retener

las hojas u otros sólidos acumulados en la canaleta. Una vez se llene el interceptor, las siguientes aguas lluvias pasan directamente al primer tanque de almacenamiento y luego son tratadas en un filtro casero de grava arena y carbón activado para eliminar partículas sólidas del agua. Después esta agua se almacena en el último tanque de abastecimiento donde posteriormente se le realiza una etapa de desinfección con cloro comercial, para remover los microorganismos patógenos. Obteniendo finalmente agua de calidad para el consumo de la comunidad estudiantil.

Componentes del Sistema de Captación de Agua Lluvia

Este sistema básicamente consta de los siguientes componentes fundamentales para tener eficacia y seguridad al momento de realizar y ejecutar el diseño, en la figura 38 se indica por numeración los componentes y se hace una breve descripción de cada uno de ellos:

Figura 37

Componentes del Sistema de Captación, Tratamiento y Almacenamiento de Agua lluvia



Nota. Elaboración propia

Captación. Utiliza la superficie del techo de la caseta escolar donde se recolecta el agua de lluvia; en este caso el techo es de material de zinc.

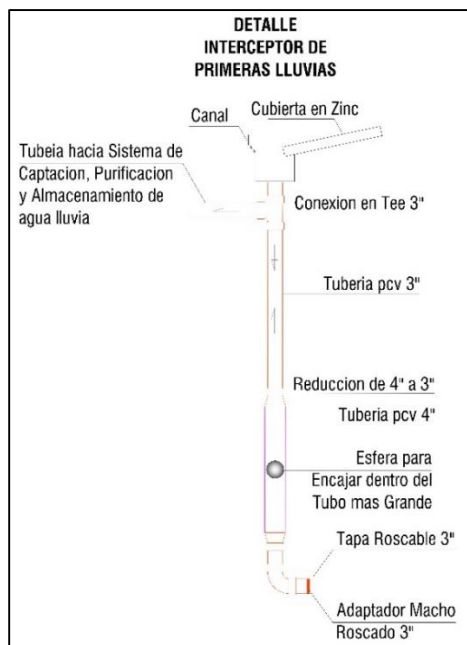
Recolección y Conducción. El agua se reúne en el techo y se transporta a un tanque de almacenamiento a través de un canal.

Bajante. Es la tubería de PVC que conecta el agua del canal al tanque de almacenamiento y al interceptor de primeras lluvias.

Interceptor de Primeras Lluvias. Este sistema se encarga de interceptar y retirar las primeras aguas lluvias que cae en el canal. Esto se debe a que cuando el techo y las canaletas se secan, acumulan polvo, arena, suciedad y otros materiales que pueden obstruir las tuberías del sistema. En la figura 39 se presenta el diseño en 2D del interceptor de primeras lluvias.

Figura 38

Interceptor de primeras lluvias



Nota. Elaboración propia

Cómo funciona. La primera agua de lluvia pasa por un canal bajante con una esfera flotante en la superficie y sube con el agua hacia el segmento reductor. La esfera no subirá más y esta sección reductora mantendrá los escombros pequeños dentro del canal bajante.

Cuando el canal se llena, el agua de lluvia fluye hacia el primer tanque de almacenamiento. Para que salga la primera lluvia, la tapa enroscada al final del tubo debe quitarse cuando termine de llover. La esfera descenderá y la tapa enroscada deberá volver a colocarse para la próxima captación.

Conexión al Tanque. Es un tubo, que se conecta mediante una T que actúa como desvío del agua hacia el primer tanque de almacenamiento.

Rebose. Es el codo instalado en la parte superior del primer tanque de almacenamiento, por donde sale el agua sobrante una vez que el tanque se ha llenado.

Tanque de Almacenamiento. La captación de aguas lluvias se realiza en tanques que cumplan con las características y parámetros para el almacenamiento, deberán ser impermeables para evitar pérdidas, herméticos para evitar contaminación y accesible con abertura amplia para realizar la limpieza.

Tanque Filtro de Casero. Este filtro estará compuesto por gravas, arena gruesa, arena fina, carbón activado y algodón. Donde la arena y la grava generan una retención de las partículas contaminantes que llegan con el agua.

Tanque Almacenamiento de Agua Tratada. Este tanque Almacena el agua apta para consumo humano.

Otros Accesorios. Son los grifos y tuberías en PVC de conducción del agua.

Filtro del Sistema de Captación de Agua Lluvia

Este sistema cuenta con un filtro casero donde el agua lluvia ingresa por la parte superior, una vez que pasa a través de cada capa de material, elimina sedimentos o impurezas en la parte inferior. Estos componentes cumplen las siguientes funciones:

Algodón. Captura los elementos sólidos.

Grava Gruesa y Fina. Atrapa partículas de diferentes tamaños dentro de sus poros.

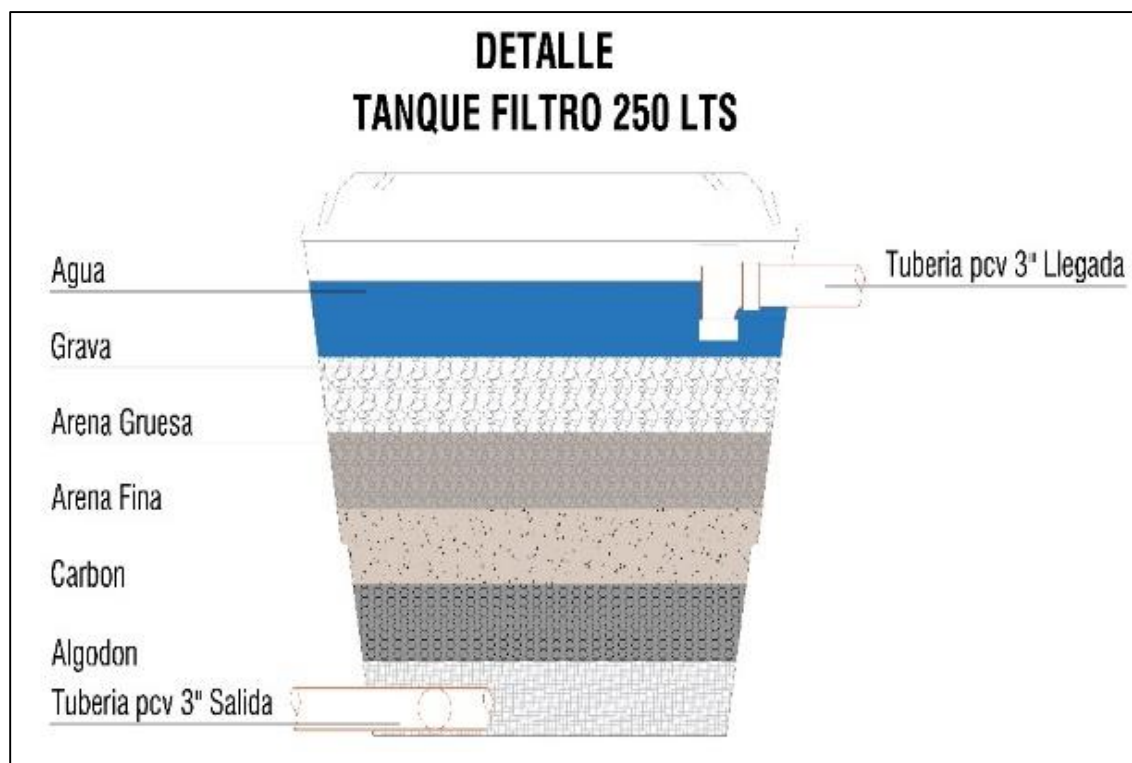
Carbón Activado. Capta las impurezas presentes en el agua.

Arena. Impide el paso de materia orgánica muy fina.

En la figura 40 se indica un esquema de los componentes del filtro casero de grava, arena y carbón.

Figura 39

Componentes del Filtro Casero de Grava, Arena Y Carbón.



Nota. Elaboración propia

Parámetros de Análisis del Diseño de Sistema de Captación

Para demostrar viabilidad del sistema, se determinó la demanda actual del consumo de agua potable de los estudiantes.

Cálculo Demanda

Con base en los datos proporcionados por los docentes y la persona encargada de preparar los alimentos para los estudiantes, se calculó la cantidad de agua utilizada y consumida por los estudiantes durante un período de 21 días en relación con la demanda de agua. La demanda de agua se puede estimar de diferentes maneras, una de ellas, como la plantea el CEPIS “Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente” (Barrenechea Martel, 2004).

Dónde:

$$Di = Nu * Nd * Dot$$

Di = demanda mensual m^3

Nu = número de usuarios que se benefician del sistema

Nd = número de días del mes analizado

Dot = dotación (litro/persona/día)

Consumo de Agua por Niño. El 80 % del cuerpo de un niño está formado por agua, como resultado, los niños requieren más recambio hídrico. A medida que crecen, necesitan más agua. Como resultado, se recomienda beber 1,5 litros al día desde el año hasta los 10 años, lo que equivale a de 4 a 6 vasos (Nuevo, 2021).

De acuerdo con la información anterior la cantidad de agua que debe consumir un niño son 1.5 litros y se estima que para la preparación de los alimentos son utilizados 0.5 litros de agua por niño. Se determinó el consumo mensual de la escuela de acuerdo a la fórmula de la demanda:

$$Di = Nu * Nd * Dot$$

$$Di = 20 \text{ niños} * 21 \text{ días} * 2 \text{ litros}$$

$$Di = 840 \text{ L/m}$$

Cálculo del Caudal

Para determinar el caudal, se utilizó el Método Racional (Kirpich, 1940). Que se utiliza con frecuencia en el diseño de obras de drenaje tanto en áreas urbanas como rurales, para ese cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$$

Donde:

$$Q = \text{caudal máximo} \frac{m^3}{s}$$

$C = \text{coeficiente de escorrentía}$

$$I = \text{intensidad de precipitación} \frac{mm}{h}$$

$A = \text{área de la cuenca}$

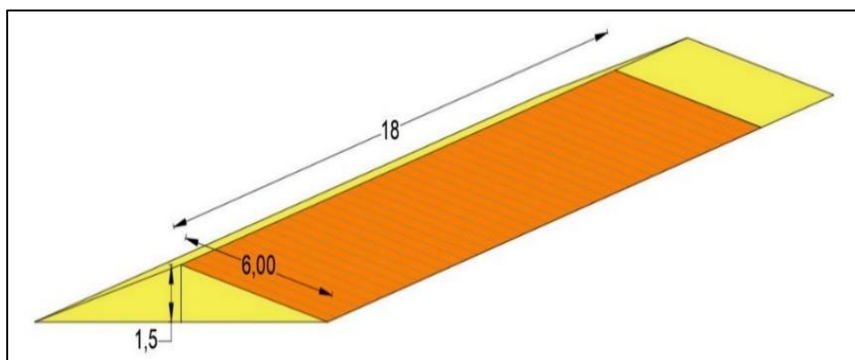
En primera medida se determinó el área de la cubierta seleccionada para el montaje del sistema de captación de agua lluvia.

Calculo Área

Una vez en seleccionada la cubierta de captación, se procedió a tomar las medidas pertinentes para poder calcular el área, utilizando la siguiente formula como se aplica según (Guzman,2022). En la figura 41 se presenta las medidas de la cubierta.

Figura 40

Medidas de la cubierta de captación



Nota. Elaboración propia

$$A(m^2) = Largo * Ancho$$

$$A(m^2) = 18m * 6m$$

$$A(m^2) = 108 (m^2)$$

$$A(km^2) = 0,000108 (km^2)$$

Coefficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía se saca como referencia de la siguiente tabla de información, que se muestra en la Figura 42. En este proceso, el coeficiente de escorrentía es de 0.95 porque la cubierta es metálica.

Figura 41

Coefficiente de Esguerrimiento por Tipo de Material.

Tabla 15 Coeficiente de esguerrimiento por tipo de material

Material	Coefficiente de esguerrimiento
Cubiertas metálicas o plásticas (PVC, polietileno)	0.95
Techos impermeabilizados o cubiertos con materiales duros (p. ej., tejas)	0.90
Concreto hidráulico	0.90
Lámina metálica corrugada	0.80



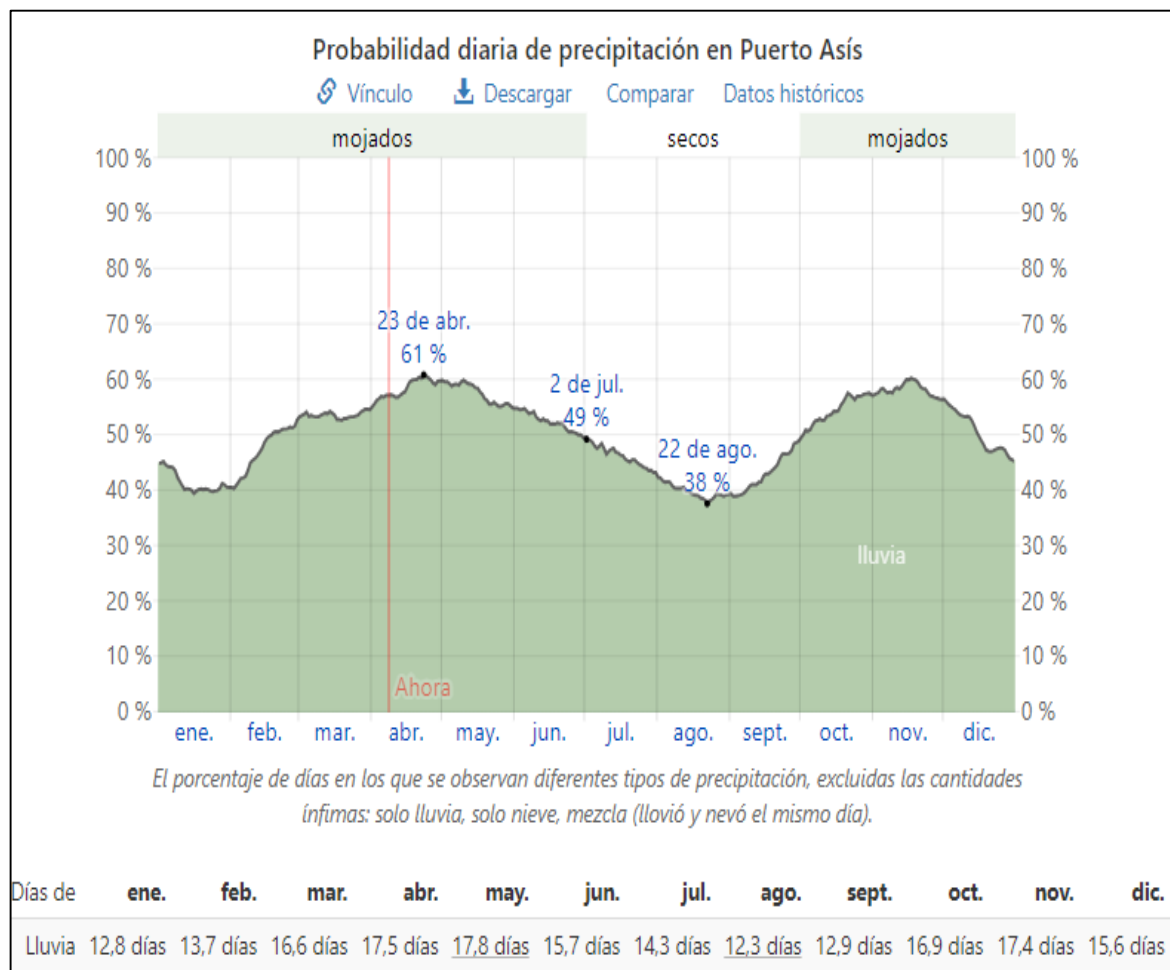
Fuente. (Semarnat, Conagua, 2016)

Precipitación del Municipio de Puerto Asís

Para determinar el suministro de agua lluvia potencial para una zona de captación, se requieren datos confiables de precipitación, para este caso se presenta en las figuras 43 y 44 los datos de precipitación basados en un diagnóstico estadístico de condiciones climatológicas históricas del 1 de enero de 1980 al 31 de diciembre de 2016 del Municipio de Puerto Asís Putumayo.

Figura 42

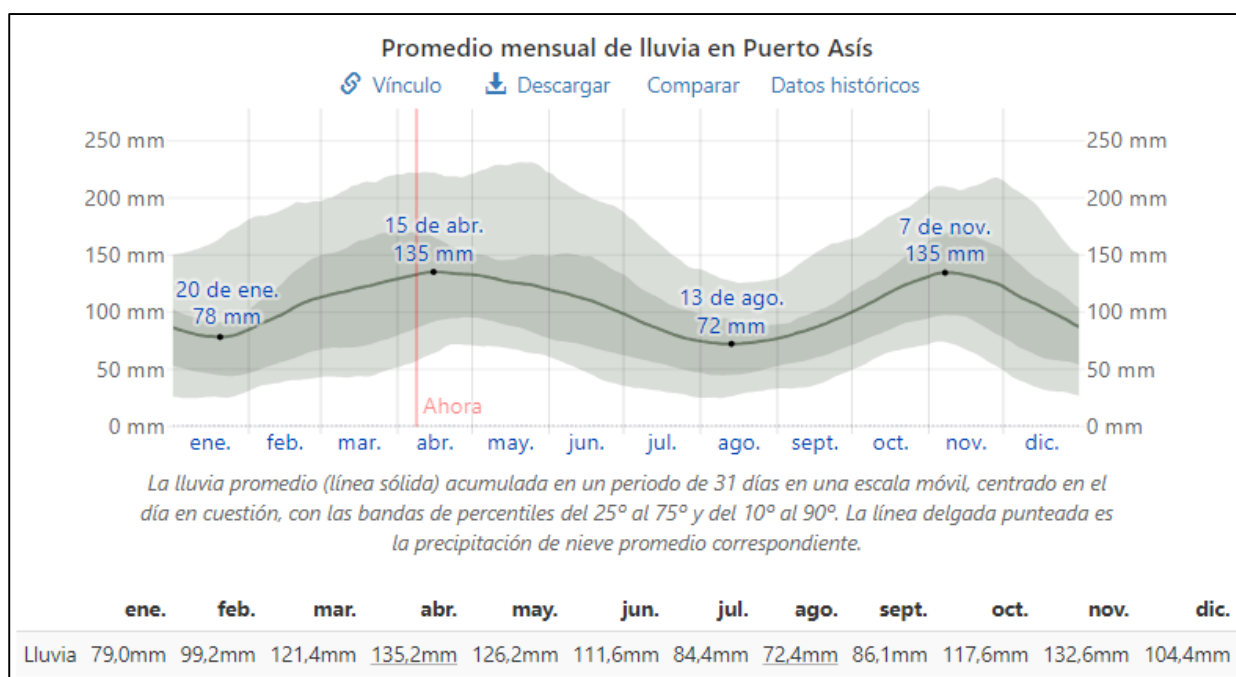
Precipitación diaria del Municipio de Puerto Asís.



Fuente. (Weather Spark, s. f.)

Figura 43

Precipitación mensual del Municipio de Puerto Asís.



Fuente. (Weather Spark, s. f.)

Conociendo los valores de precipitación mensual, se procedió a realizar una conversión de milímetros por mes a milímetros por hora, utilizando el método de regla de tres; como se indica en el siguiente ejemplo con el mes de enero, en la tabla 2 se presenta los resultados obtenidos de cada mes.

$$I (\text{Enero}) = \frac{79 \text{ mm}}{30 \text{ días}}$$

$$I (\text{Enero}) = \frac{2,63 \text{ mm/días}}{24 \text{ horas}}$$

$$I (\text{Enero}) = 0,110 \text{ mm/h}$$

Tabla 2*Precipitación mensual por hora de Puerto Asís*

Mes	(I) Precipitación Mm/Mes	(I) Precipitación Mm/H
Enero	79	0,110
Febrero	99,2	0,138
Marzo	121,4	0,169
Abril	135,2	0,188
Mayo	126,2	0,175
Junio	111,6	0,155
Julio	84,4	0,117
Agosto	72,4	0,101
Septiembre	86,1	0,120
Octubre	117,6	0,163
Noviembre	132,6	0,184
Diciembre	104,4	0,145
Promedio	105,8	0,147

Nota. Elaboración propia

Con los datos anteriormente definidos de coeficiente escorrentía, precipitación y área, se procede a determinar el caudal, utilizando la fórmula del Método Racional como se indica siguiente ejemplo con el mes de enero. En la tabla 3 se presentan los resultados del caudal por cada mes.

$$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$$

$$Q = \text{caudal máximo} \frac{m^3}{s}$$

$$C = 0,95$$

$$I = 0,110 \text{ mm/h}$$

$$A = 108m^2 \longrightarrow \text{Para poder aplicar el área en la formula esta se debe convertir a } km^2.$$

$$A = 0,000108 \text{ km}^2$$

Reemplazamos valores en la fórmula:

$$Q (\text{Enero}) = \frac{0,95 * 0,110 \frac{mm}{h} * 0,000108 km^2}{3,6}$$

$$Q (\text{Enero}) = \frac{0,000011286}{3,6}$$

$$\mathbf{Q (\text{Enero}) = 0,00000313}$$

Tabla 3*Caudal máximo mensual*

Mes	Precipitación Mm/Mes	(I) Precipitación Mm/H	Calculo Caudal $Q = \frac{C * I * A}{3,6}$
Enero	79	0,110	0,00000313
Febrero	99,2	0,138	0,00000393
Marzo	121,4	0,169	0,00000481
Abril	135,2	0,188	0,00000535
Mayo	126,2	0,175	0,00000500
Junio	111,6	0,155	0,00000442
Julio	84,4	0,117	0,00000334
Agosto	72,4	0,101	0,00000287
Septiembre	86,1	0,120	0,00000341
Octubre	117,6	0,163	0,00000466
Noviembre	132,6	0,184	0,00000525
Diciembre	104,4	0,145	0,00000413
Promedio	105,8	0,147	0,00000419

Nota. Elaboración propia

Teniendo los datos mensuales de caudal máximo en metros cúbicos por segundo se procede a pasarlos a litros por segundo, luego a litros por minutos y finalmente a litros por hora, como se indica en el siguiente ejemplo del mes de enero. En la tabla 4 se presentan los resultados de cada mes.

$$Q = 0,00000313 \text{ m}^3/\text{seg} * 1000 \text{ l}$$

$$Q = 0,0031 \text{ l/seg}$$

$$Q = 0,0031 \text{ l/seg} * 60 \text{ seg}$$

$$Q = 0,188 \text{ l/min}$$

$$Q = 0,188 \text{ l/min} * 60 \text{ min}$$

$$Q = 11,26 \text{ l/hora}$$

Tabla 4

Cálculo del caudal en litros por segundos, minutos y horas

Mes	Precipitación Mm/Mes	(I) Precipitación Mm/H	Cálculo Del Caudal	L/Seg	L/Min	L/Hora
Enero	180	0,25	0,0000071	0,0031	0,188	11,26
Febrero	242	0,336	0,0000096	0,0039	0,236	14,14
Marzo	288	0,400	0,0000114	0,0048	0,288	17,30
Abril	274	0,381	0,0000108	0,0054	0,321	19,27
Mayo	253	0,351	0,0000100	0,0050	0,300	17,98
Junio	182	0,253	0,0000072	0,0044	0,265	15,90
Julio	144	0,200	0,0000057	0,0033	0,200	12,03
Agosto	163	0,226	0,0000065	0,0029	0,172	10,32
Septiembre	150	0,208	0,0000059	0,0034	0,204	12,27
Octubre	262	0,364	0,0000104	0,0047	0,279	16,76
Noviembre	289	0,401	0,0000114	0,0052	0,315	18,90
Diciembre	177	0,246	0,0000070	0,0041	0,248	14,88
Promedio	217,0	0,301	0,0000086	0,0042	0,251	15,08

Nota. Elaboración propia

Después de recopilar los datos del caudal mensual en litros por hora, se realiza una observación sistemática de las horas de lluvia en el municipio utilizando una perspectiva de mirada activa, y se tienen en cuenta los días de lluvia según la fuente bibliográfica. Las categorías de observación permiten evaluar las conductas y su frecuencia entre otros datos. En la tabla 5 se muestra los días y horas de lluvia organizados por mes.

Tabla 5

Promedio de Horas de Lluvias por Días

Mes	Días de Lluvia	Horas de Lluvia
Enero	12,8	6,0
Febrero	13,7	4,5
Marzo	16,6	4,0
Abril	17,5	7,0
Mayo	17,8	5,0
Junio	15,7	6,5
Julio	14,3	7,0
Agosto	12,3	8,0
Septiembre	12,9	6,0
Octubre	16,9	4,0
Noviembre	17,4	5,0
Diciembre	15,6	5,0
Promedio	15,29	5,7

Nota. Elaboración propia

Para calcular el volumen captado por día, se debe tener en cuenta los litros por una hora y la sistematización de las horas de lluvia al día, en la siguiente formula se indica un ejemplo del mes de enero. La tabla 6 se muestra los resultados de volumen captado por día.

$$Vc (Enero) = \frac{\textit{litros}}{\textit{hora}} * \textit{horas de lluvia al dia}$$

$$Vc (Enero) = 11,26 \frac{l}{h} * 6,0 \frac{h}{d}$$

$$Vc (Enero) = 67,5 \frac{l}{d}$$

Tabla 6*Volumen Captado por Día*

Mes	L/Hora	Horas De Lluvia/Dia	Volumen Captado/Dia
Enero	11,26	6,0	67,5
Febrero	14,14	4,5	63,6
Marzo	17,30	4,0	69,2
Abril	19,27	7,0	134,9
Mayo	17,98	5,0	89,9
Junio	15,90	6,5	103,4
Julio	12,03	7,0	84,2
Agosto	10,32	8,0	82,5
Septiembre	12,27	6,0	73,6
Octubre	16,76	4,0	67,0
Noviembre	18,90	5,0	94,5
Diciembre	14,88	5,0	74,4
Promedio	15,08	5,7	83,7

Nota. Elaboración propia

Al tener el volumen captado en litros por día y la cantidad de días de lluvia de cada mes se procede a calcular el caudal de lluvia en litros por mes, como se puede observar en siguiente ejemplo del mes de enero.

$$Q = \text{Volumen captado} * \text{Días de lluvia}$$

$$Q (\text{Enero}) = 67,5 \text{ l/d} * 12,8 \text{ d/m}$$

$$Q (\text{Enero}) = 865 \text{ l/mes}$$

Tabla 7*Caudal de lluvia por mes*

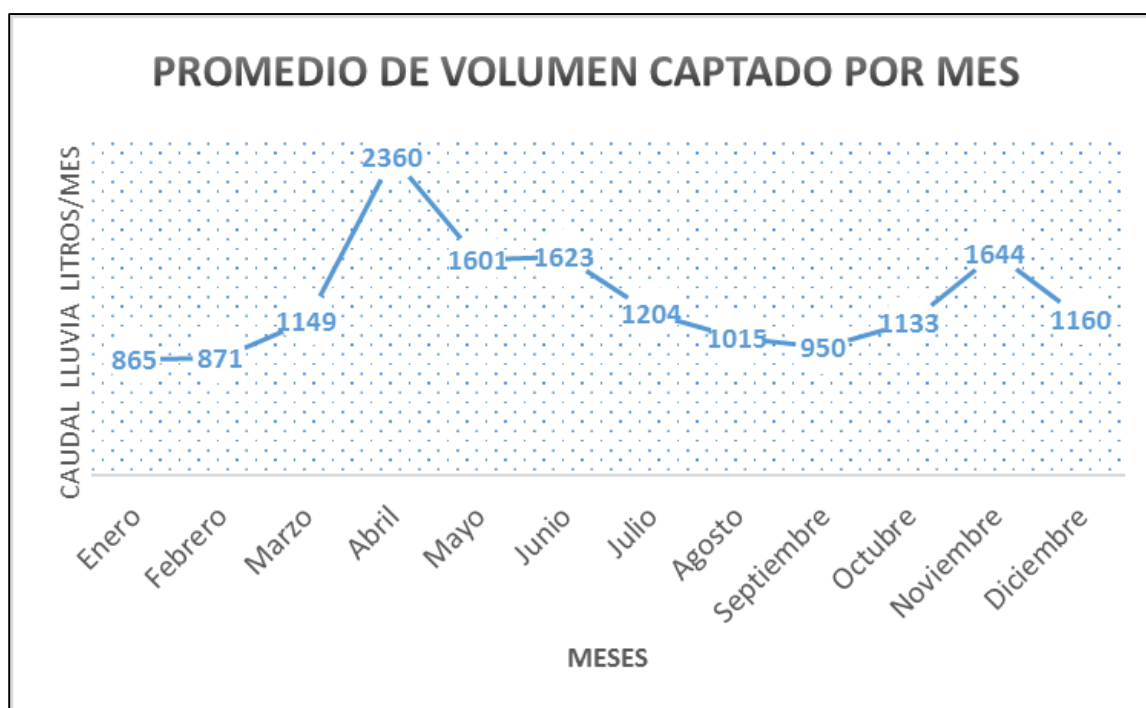
Mes	Volumen Captado/Día	Días De Lluvia	Caudal De Lluvia Litros Por Mes
Enero	67,5	12,8	865
Febrero	63,6	13,7	871
Marzo	69,2	16,6	1149
Abril	134,9	17,5	2360
Mayo	89,9	17,8	1601
Junio	103,4	15,7	1623
Julio	84,2	14,3	1204
Agosto	82,5	12,3	1015
Septiembre	73,6	12,9	950
Octubre	67,0	16,9	1133
Noviembre	94,5	17,4	1644
Diciembre	74,4	15,6	1160
Promedio	83,7	15,29	1280

Nota. Elaboración propia.

En la figura 45 se indica el promedio de volumen captado por mes de acuerdo a los resultados obtenidos:

Figura 44

Promedio de Volumen Captado por Mes.



Nota. Elaboración propia

Según los valores del volumen de captación mensual, podemos deducir que el sistema de captación, tratamiento y almacenamiento de agua lluvia satisface las necesidades de agua potable de la escuela. Teniendo en cuenta que la demanda promedio mensual de la comunidad estudiantil es de 840 litros por mes y que el sistema capta en promedio 1298 litros por mes.

En el apéndice D se comparte el enlace de los cálculos realizados en Excel.

Cálculo del Canalón de Aguas Lluvias

Calcular la dimensión del canalón para la recolección de aguas pluviales es esencial para garantizar la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad de la gestión del agua en la institución. Un canalón adecuadamente dimensionado ayuda a prevenir problemas durante el proceso de captación, de igual forma es el medio por donde se dirige el agua de manera controlada hacia el tanque de captación.

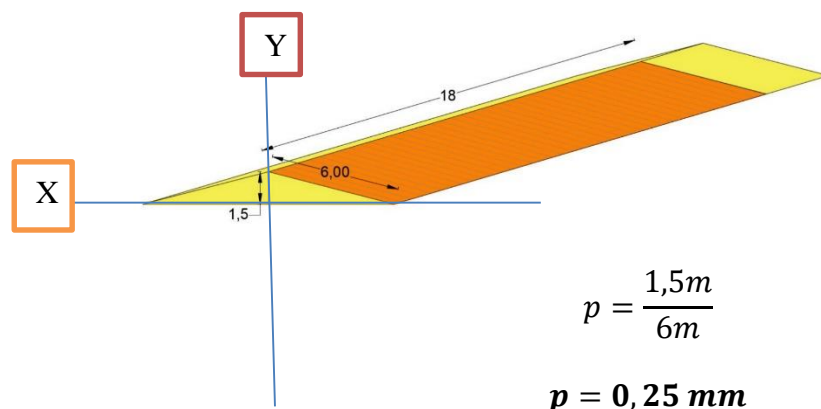
Para determinar la dimensión del canalón a utilizar, es importante conocer la pendiente del techo.

Pendiente del Techo

La pendiente del techo contribuye a la escorrentía del agua de lluvia hacia las canales, la fórmula para hallar la pendiente está dada por (Vídeos., 2024).

$$p = \frac{y_2}{x_2}$$

Procedemos a hallar la pendiente del techo, para ello utilizamos la fórmula de la pendiente de una recta

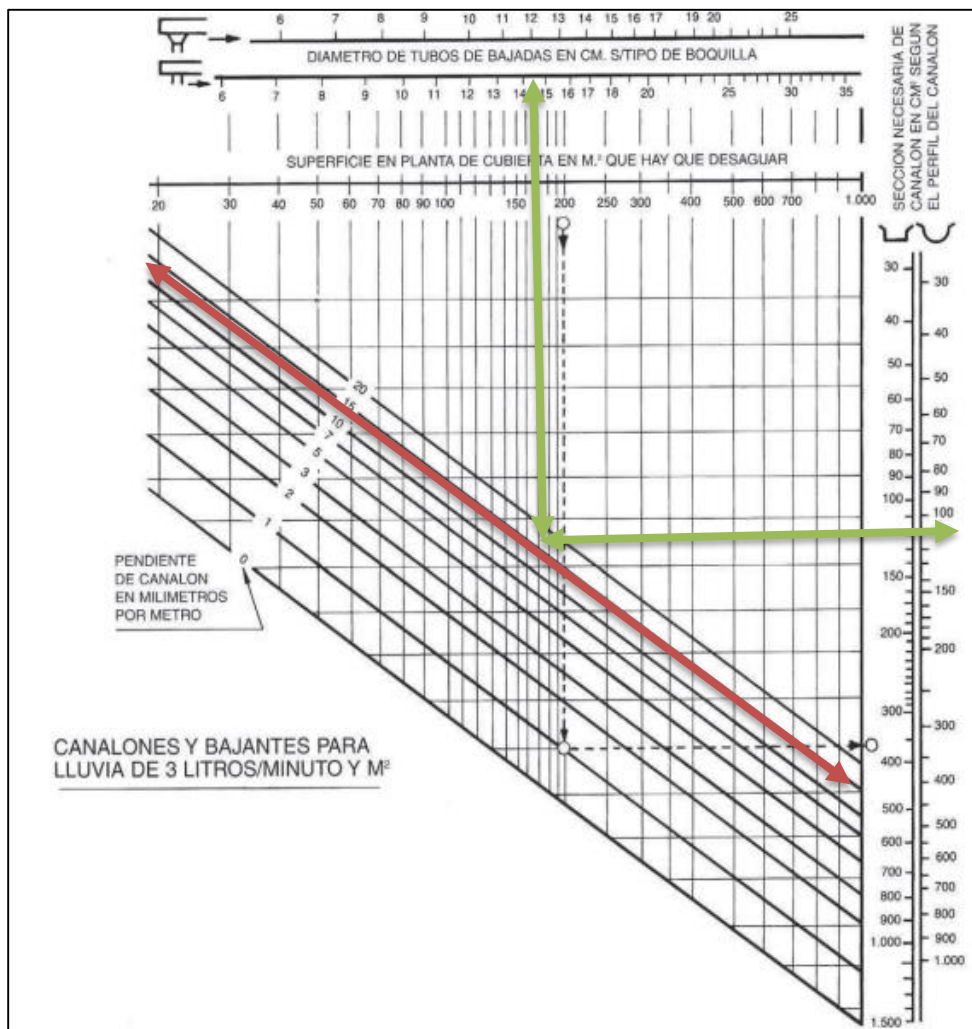


Conociendo la pendiente del techo, se procede a calcular el diámetro del canal con base a la información obtenida de (Medina, 2017).

Se traza una línea perpendicular de acuerdo con la pendiente obtenida y conociendo que el área del techo es de 108 m^2 , identificando los cm^2 en la figura 46, se puede determinar las medidas del canalón a utilizar.

Figura 45

Diámetro de Tubos de Bajadas en Cm. S/Tipo Boquilla.



Fuente. Medina, R. (2017).

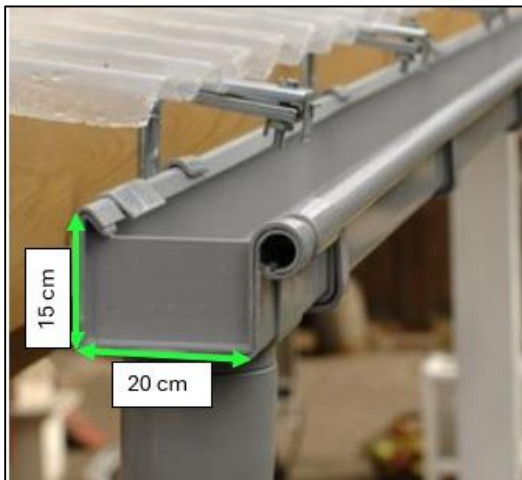
Podemos observar que el área cuadrada a calcular del canalón es de 290 cm^2 , por lo tanto:

$$20\text{cm} * 15\text{cm} = 300\text{cm}^2$$

Con esta información, se determinó que para cubrir un área de 108 m^2 se requiere un canalón de **20cm * 15cm**. En la figura 47 se muestra las dimensiones requeridas para el canalón del sistema de captación de aguas lluvias.

Figura 46

Dimensiones Canalón



Fuente. (Elías, 2022)

Material de los Tanques y Tubería Recomendable para el Sistema de Captación

Tipo de Tubería

En la actualidad, la selección de materiales para la instalación de vías de agua es muy diversa, se utilizan fabricados en metal acero y PVC.

La tubería de cloruro de polivinilo (PVC) se utiliza a menudo como parte del desagüe de un lavabo, inodoro o ducha, su tubería de plástico es ideal para este tipo de aplicaciones porque

protege el agua del óxido y la corrosión mejor que otro tipo de tuberías. Las tuberías de PVC también pueden soportar altas presiones de agua, por lo tanto, también puede actuar como la línea principal de suministro de agua para su hogar también es un material más ligero y, por tanto, más fácil de procesar que los tubos de acero galvanizado tradicionales estas tienen un revestimiento liso que evita la acumulación de sedimentos y hace que sea menos probable que se obstruyan.

A continuación, en la figura 48 se presenta el tipo de tubería PVC.

Figura 47

Tubería PVC

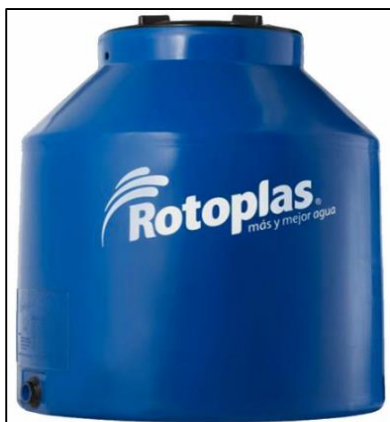


Fuente. Amazon, (2022)

Tipo de Tanque

Para estos sistemas de captación de agua lluvia es recomendable utilizar tanques de polietileno de alta densidad para agua de la marca Rotoplas. El polietileno de alta densidad (PEAD) es un plástico polimerizado a partir de etileno que tiene alta densidad, resistencia y flexibilidad.

En la figura 49 se indica la figura de un tanque de la marca Rotoplas.

Figura 48*Tanque Rotoplas*

Fuente. Rotoplas, , (2020)

El PEAD es un material ideal para la fabricación de tanques de agua, ya que es económico, liviano, impermeable y fácil de transportar e instalar. Además, es resistente a la corrosión, a los rayos UV, a los impactos y a las fisuras, lo que asegura una óptima conservación del agua, los tanques de agua de PEAD se usan para el almacenamiento de agua potable, agua de lluvia, agua de riego, agua de proceso y agua residual.

Los tanques de agua de Rotoplas se destacan por su calidad, innovación y diseño, que garantizan una solución eficiente y sustentable para el almacenamiento de agua.

Estos tanques ofrecen las siguientes ventajas:

1. Son fabricados con PEAD 100% virgen, que cumple con las normas internacionales de calidad e inocuidad.
2. Cuentan con una capa interna antibacterial, que evita la proliferación de microorganismos y mantiene el agua limpia y segura.

3. Tienen una capa externa tricapa, que protege el tanque de los rayos UV y le da una mayor resistencia y durabilidad.
4. Poseen una exclusiva tecnología Expel, que impide la formación de malos olores y sabores en el agua.
5. Disponen de una válvula de desagüe, que facilita la limpieza y el mantenimiento del tanque.
6. Incluyen una tapa roscable, que asegura un cierre hermético y evita la entrada de polvo, insectos y contaminantes.

Los tanques Rotoplas son una excelente opción para almacenar agua potable, agua de lluvia, agua de riego, agua de proceso y aguas residuales. Los depósitos de agua son un elemento esencial en el uso y protección de los recursos hídricos, tanto para el consumo como para el desarrollo de actividades industriales. Entre los tanques de agua de polietileno de alta densidad, la marca Rotoplas se destaca por brindar soluciones innovadoras, sustentables y de alta calidad para almacenar agua y otros líquidos (Staff., 2024).

Mantenimiento Recomendable para el Sistema de Captación de Agua Lluvia

Para el manteniendo del sistema de captación es recomendable seguir las instrucciones de acuerdo al Decreto 1575 de 2007 por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, específicamente en el capítulo III Responsables del control para garantizar la calidad del agua para consumo humano; artículo 9 y 10 (Decreto 1575 De 2007 - Gestor Normativo, n.d.).

Artículo 9. Responsabilidad de las personas prestadoras.

Las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano, en relación con el control sobre la calidad del agua para consumo humano, sin perjuicio de las obligaciones consagradas en la Ley 142 de 1994, deberán cumplir las siguientes acciones:

1. Realizar el control de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano.
2. Lavar y desinfectar antes de la puesta en funcionamiento y como mínimo dos (2) veces al año, los tanques de almacenamiento de aguas tratadas.
3. Lavar y desinfectar, antes de ponerlos en operación y cada vez que se efectúen reparaciones en ellos.
4. Drenar periódicamente en aquellos puntos de la red de distribución que representen zonas muertas o de baja presión.

Artículo 10. Responsabilidad de los Usuarios

Todo usuario es responsable de mantener en condiciones sanitarias adecuadas las instalaciones de distribución y almacenamiento de agua para consumo humano.

1. Lavar y desinfectar sus tanques de almacenamiento y redes, como mínimo cada seis (6) meses.
2. Mantener en adecuadas condiciones de operación la acometida y las redes internas domiciliarias para preservar la calidad del agua suministrada.

Desinfección del Agua Almacenada en el Tanque de Abastecimiento.

Una de las partes más complejas en los procesos de tratamiento es la desinfección y el almacenamiento. Existen diferentes tipos de desinfección, entre la más común está la desinfección por cloro, el cual se encuentra en diferentes presentaciones, se puede utilizar en el

estado gaseoso, líquido o sólido, este es de los más efectivos puesto que cuando es agregado deja en el agua un residual que permite que siga desinfectándose a pesar del tiempo. En la figura 50 se muestra el cloro que se utiliza para la desinfección del agua y en la figura 51 se indica un ejemplo de desinfección con cloro comercial.

Figura 49

Hipoclorito de Sodio



Fuente. IMCOLMEDICA S.A, 2023.

Figura 50

Desinfección del Agua con Cloro Comercial.

Cantidad de Agua para potabilizar	Cloro comercial al 3,5%	Cloro comercial al 6%
5 Litros <small>Importante: el agua debe estar limpia y sin residuos</small>	Cinco (5) gotas o 0,5 ml	Tres (3) gotas o 0,3 ml
18 Litros	2 ml	1,2 ml
150 Litros	15 ml	9 ml
1000 Litros	100 ml	60 ml

Cloro puro sin ningún tipo de fragancia, color o jabón

Luego de mezclar el agua a desinfectar con la dosis de cloro recomendada, tapar el envase, agitar y esperar 30 minutos antes de consumir.

Fuente. Redirect notice, (n.d.).

El presente sistema de captación de agua lluvia que se propone para la escuela cuenta con tanques de almacenamiento de 1000 litros por lo que se recomienda según la anterior información aplicar 100 ml de cloro comercial al 5 % o 60 ml de cloro al 6 %.

La académica Rivera explica que para desinfectar el agua lluvia, puede usar el proceso de hervir el agua, que debe hacerse por al menos 5 a 10 minutos. También se puede utilizar la cloración del agua, que se utiliza para para eliminar microorganismos dañinos y así potabilizar el agua de lluvia recogida, agregando la cantidad de cloro según el tamaño del contenedor (Guerrero, (2020 August).

Esto significa que debe agregar una gota de cloro comercial, cuya concentración es del 5%, a un litro de agua. Aplicar 20 gotas de cloro en un estanque de 20 litros, 2 tapas de cloro en un estanque de 200 litros y 10 tapas de cloro en un estanque de mil litros. Después, revuelva y espere 30 minutos para consumir el agua (Guerrero, (2020 August).

Según la académica rivera, para la mantención de los tanques de almacenamiento, la académica Rivera precisó que siempre deben estar tapados en lugares oscuros y colocar algún filtro, ya sea en el receptáculo que capta el agua de lluvia poner algún tipo de tela, o ubicar un filtro en la misma tapa que cubre el estanque. (Guerrero, (2020 August).

Manual de Función y Mantenimiento del Sistema de Captación

El manual realizado es una base consulta para conocer el funcionamiento y mantenimiento de manera adecuada de los elementos que conforman el sistema de captación, donde se presenta de manera detallada una descripción de cada elemento del sistema, los procedimientos para su operación y mantenimiento, así como la periodicidad de estos. El manual se presenta en el Apéndice E.

Recursos necesarios del Sistema de Captación

Los recursos necesarios de implementación del sistema se presentan en la tabla 8.

Tabla 8

Recursos para el Sistema de Captación de Agua Lluvia

Materiales Y Costos Del Sistema				
Material	Cantidad	Unidades	Valor Unitario	Valor Total
TANQUE 1000 LTS	2	UND	610.000	1.220.000
TANQUE 2500 LTS	1	UND	220.000	220.000
TEE PVC -3"	1	UND	2.200	2.200
CODO PVC 90°-3"	5	UND	3.000	15.000
REDUCCION PVC 4"-3"	2	UND	5.000	10.000
TAPA PVC ROSCADA 3"	1	UND	12.000	12.000
ADAPTADOR MACHO ROSCADO 3"	1	UND	22.000	22.000
TUBERIA PVC 3"	7	ML	10.650	74.550
TUBERIA PVC 4"	1	ML	12.200	12.200
TUBERIA PVC 1/2"	0.5	ML	9.500	9.500
LLAVE DE GRIFO 1/2"	1	UND	20.000	20.000
ALGODÓN	20	KG	5.000	50.000
CARBON ACTIVADO	60	KG	15.000	550.000
ARENA FINA	50	KG	9.500	500.000
ARENA GRUESA	50	KG	11.200	620.000
GRAVA	60	KG	1.500	150.000

Materiales Y Costos Del Sistema				
Material	Cantidad	Unidades	Valor Unitario	Valor Total
HIPOCLORITO DE	1	L	15000	15000
SODIO.				
Total				3.502.450

Nota. Elaboración propia.

Conclusión

En resumen, basándonos en los análisis de las muestras extraídas de los tanques que suministran el agua utilizada por los alumnos de la escuela rural en Vereda la Rosa, se concluye que esta no es apta para el consumo, al no cumplir con los estándares permitidos según lo dispuesto en la Resolución 2115 del 22 de junio de 2007.

Tras revisar minuciosamente los resultados de los análisis del sistema de captación, es claro que ha demostrado eficazmente el potencial para satisfacer las necesidades de la comunidad. Los datos recopilados indican que el diseño y la ejecución del sistema han sido exitosos, cumpliendo con los requisitos y expectativas establecidos. La gestión adecuada de recursos y la utilización de tecnologías apropiadas han jugado un papel fundamental en asegurar un suministro de agua constante y confiable, abarcando y solucionando la problemática de la población. Estos hallazgos respaldan la importancia de invertir en infraestructuras resilientes y sostenibles para afrontar los desafíos concernientes con el acceso al agua potable. En resumen, el análisis confirma que el sistema de captación ha sido una solución efectiva para satisfacer la demanda de la comunidad, fomentando el bienestar y el desarrollo sostenible en la región.

El desarrollo de este prototipo ha sido un proceso significativo que arroja importantes hallazgos y aprendizaje a través de este proyecto, hemos podido identificar la viabilidad y la efectividad de utilizar las precipitaciones como una fuente de alternativa agua potable en comunidades con acceso limitado a fuentes convencionales de suministro de agua, de igual forma, este proyecto representa un paso significativo hacia la mejora del acceso a agua potable en comunidades vulnerables, contribuyendo así al desarrollo sostenible y al bienestar de la población. Este proyecto ha demostrado el potencial y la importancia de buscar soluciones innovadoras y sostenibles para abordar los desafíos relacionados con el agua en el mundo actual.

Este proyecto presenta una propuesta para aprovechar las aguas lluvias presentando una solución, sosteniendo que esta agua puede considerarse de buena calidad para el consumo humano, siempre y cuando se tomen las precauciones necesarias durante la captura, tratamiento y almacenamiento. Esta iniciativa tiene como objetivo no solo proporcionar agua segura y limpia, sino también disminuir la incidencia de enfermedades relacionadas con la contaminación del agua y promover la salud y el bienestar de la comunidad estudiantil rural de la vereda la Rosa.

Se adquirieron resultados esperados en la ejecución de diseño de captación, tratamiento y almacenamiento de agua lluvia porque este proyecto no requiere tan altos costos para su elaboración, habría disminución de costos por compra de agua potable tratada para su consumo diario, se podría garantizar agua apropiada y abastecimiento de la comunidad estudiantil, concluyendo así que el proyecto es factible y muy amigable con el medio ambiente.

Recomendaciones

Basándonos en los resultados y aprendizajes obtenidos durante la ejecución del prototipo de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas lluvias, es muy recomendable establecer un programa integral de monitoreo y mantenimiento del prototipo de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas lluvias para evaluar su rendimiento a lo largo del tiempo y garantizar su funcionamiento óptimo. Además, es crucial promover la educación y capacitación comunitaria sobre el uso adecuado y mantenimiento del sistema, fomentar el trabajo y apoyo de los usuarios finales en su gestión y operación, expandir su implementación a otras áreas con necesidades similares, con el fin de maximizar su impacto positivo y promover el desarrollo sostenible de los recursos hídricos.

Llegar a ejecutar el proyecto en las instalaciones de la escuela rural mixta de la vereda la Rosa sería una excelente opción, ya que todo el proceso de diagnóstico, investigación y diseño se encuentran establecidas en el documento. Comprobando eficiencia en el sistema de captación, tratamiento y almacenamiento de agua lluvia para el abastecimiento de agua apta para el consumo de la comunidad estudiantil.

Llegar a ejecutar el proyecto en las instalaciones de la escuela rural mixta vereda la Rosa sería una excelente opción, ya que todo el proceso de diagnóstico, investigación y diseño se encuentran establecidos en el documento, comprobando validez y eficiencia del mismo.

Referencias Bibliográficas

- Admin. (2023). *Beneficios de tener filtros para agua potable en tu hogar*. Obtenido de <https://www.damsu.com/salud/filtros-para-agua-potable-beneficios/#:~:text=un%20filtro%20de%20agua%20es,y%20la%20calidad%20del%20agua.>
- Ballén, S. J. (2006). *Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Seminario iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento urbano de agua*.
- Barrenechea Martel, A. (2004). *Coagulación. En L. Vargas, Tratamiento de agua para consumo humano: plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría Tomo I. (págs. 151-220)*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).
- Benavides G, D. L. (2006). *Optimización del acueducto por gravedad del municipio de Timaná (huila)*.
- Buenfil, J. (2009). *Manual para el filtro de bioarena. Manual de capacitación y entrenamiento*. Obtenido de [http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/buenfil la jardinera que filtra las aguas-spanish.pdf](http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/buenfil%20la%20jardinera%20que%20filtra%20las%20aguas-spanish.pdf)
- Captación de agua pluvial., f. (s.f.). *Captación de agua pluvial – fundación salvemos el agua*. Obtenido de <https://salvemoselagua.org/case-studies/captacion-de-agua-pluvial/>
- Castañeda, p. N. (2010.). *Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia*.
- Castaño, S. M. (2010). *Sistema de filtración para tratamiento de aguas lluvias. Pereira*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10785/768>

Castellanos, I. G. (2015). *Diseño e implementación de un prototipo de sistema de la universidad católica*. Bogotá, Colombia.

Cawst. (2011). *household water treatment and safe storage fact sheets compilation. Fact sheet ceramic candle filter*.

Chocat, P. y. (2007). *Long term behaviour of an infiltration trench*. Novatech.

Colombia, S. d. (12, de march de 2024). *Sistemas de riego en la agricultura - Colombia verde*.
Obtenido de <https://colombiaverde.com.co/geografia/agricultura/sistemas-de-riego-en-la-agricultura/>

Consejo Nacional de Política económica y social. (2014.). *Política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural*. Bogotá, Colombia.

Decreto 1575 de 2007 - *Gestor Normativo*. (n.d.). *Función Pública*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007>

El clima en Puerto Asís, . (s.f.). Obtenido de el tiempo por mes, temperatura promedio (Colombia) - Weather Spark. (s. f.). Weather Spark.:

<https://es.weatherspark.com/y/21455/Clima-promedio-en-Puerto-As%C3%ADs-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Estupiñán, J. L. (2011). *Requerimientos de infraestructura para el aprovechamiento sostenible del agua lluvia en el campus de la pontificia universidad Javeriana, sede Bogotá*.
Obtenido de <http://hdl.handle.net/10554/1265>.

García, V. H. (2012.). *Sistema de captación y aprovechamiento pluvial para un ecobarrio de la ciudad De México*. Df México.

Guerrero, A. C. (2020,). *Cómo tratar el agua de lluvia para su consumo*. . Noticias De La Universidad De Playa Ancha. Obtenido de

<https://www.upla.cl/noticias/2020/07/20/como-tratar-el-agua-de-lluvia-para-su-consumo/#:~:text=Esto%20es%2C%20para%20un%20litro>

Loucel, R. S. (2008). *Modelo de aprovechamiento de aguas lluvias en zonas de pobreza extrema*.

Obtenido de <http://repositorio.utec.edu.sv:8080/jspui/bitstream/11298/51/5/56236.pdf>

Lozano. (2020). *Diseño de planta de tratamiento de aguas lluvias para uso sanitario del colegio San Bonifacio de las lanzas*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD.

Martínez, A. G. (2019). *Departamento del putumayo*. *Todacolombia.com*. Obtenido de

<https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/putumayo/index.html>

Materon, M. H. (1997). *Obras hidráulicas rurales*. Santiago de Cali: universidad del valle.

McCreary, J. J. (1977). *Granular activated carbon in water treatment*. . American water works association journal.

Medina, R. L. (2017). *Cerramientos Metálicos Remates y Complementos*. . www.academia.edu.

Obtenido de

https://www.academia.edu/34948685/Cerramientos_Met%C3%A1licos_Remates_y_Complementos

Mwabi, J. &. (2011). *Sistemas domésticos de tratamiento de agua: una solución para la producción de agua potable segura por las comunidades de bajos ingresos del sur de África*. *Física y química de la tierra*.

Nuevo, M. (2021). *La cantidad de agua que deben beber los niños*. Guiainfantil.com. . Obtenido de <https://www.guiainfantil.com/blog/1203/que-cantidad-de-agua-deben-beber-los-ninos.html>

Olaiz, F. G. (1994). *Norma oficial mexicana nom127ssa11994, "salud ambiental, agua para uso y consumo humano límites y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*. México d.f.

Organización de las naciones unidas, . (diciembre de 2015). *Abastecimiento de agua potable en comunidades rurales del chocó de desarrollo sostenibles 17 objetivos para transformar nuestro mundo*. Obtenido de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Organización panamericana de la salud. (2004). *Guía de diseño para captación del agua de lluvia*. Obtenido de <https://www.itacanet.org/esp/agua/seccion%204%20lluvia/guia%20de%20dise%c3%b1o%20para%20captaci%c3%b3n%20del%20agua%20de%20lluvia.pdf>

Osseiran. (2017). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>

Osuna, V. M. (2010). *Construdata*. Obtenido de http://www.construdata.com/bancoconocimiento/r/reciclaje_hidrico_construccion/reciclaje_hidr_co_construccion.asp.

Pavco, A. (2014). Obtenido de <https://pavco.com.co/2/manejo-de-aguas-lluvia/4-21-216/i/216>.

Rodríguez herrera, J. J. (2014.). *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*.

- Rodríguez Negrete, I. R. (2005). *Hidrología urbana: una aproximación transdisciplinaria. Hacia la reestructuración de las ciudades hídricas*. Sínt. Tecnol.
- salud., O. m. (noviembre de 2016). *Organización mundial de la salud*. Obtenido de Organización mundial de la salud.: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>
- Sánchez, J. C. (2021). *Cómo hacer un filtro de agua casero para beber*. . Ecologiaverde.com. . Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/como-hacer-un-filtro-de-agua-casero-para-beber-1123.html>
- Solano, C. G. (2017). *Sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico, isla jambelí, cantón santo rosa*. Revista cumbres.
- Staff. (2024). *¿De qué están fabricados los tanques de agua?* . Distribuidor Nacional. Obtenido de <https://www.distribuidornacional.com/materiales-mas-utilizados-para-la-fabricacion-de-tanques-de-agua/>
- Suárez, A. M. ((2015)). *Evaluación de un sistema de filtros de cascarilla de arroz y luffa cilindrica para el tratamiento de aguas lluvias*. Mutis.
- Team, r. (10 de junio de 2020). *Métodos tradicionales para la captación del agua de lluvia - caja de herramientas ruvival*. Ruvival. . Obtenido de <https://www.ruvival.de/es/metodos-tradicionales-captacion-del-agua-de-lluvia/>
- Uribe, C. M. (2007). *Diseño de un sistema de recirculación de aguas lluvias para vivienda*. . Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/250
- Vaughan, c. S. (2024). *Enciclopedia de la historia del mundo*. Qanat. Obtenido de <https://www.worldhistory.org/trans/es/1-14634/qanat/>
- Vaughan, c. S. (2024). *Enciclopedia de la historia del mundo*. . Qanat. . Obtenido de <https://www.worldhistory.org/trans/es/1-14634/qanat/>

Verdegen. (2024). *Captación de agua pluvial: escasez de agua en las escuelas*. Generación verde. Obtenido de <https://generacionverde.com/blog/ambiental/captadores-de-agua-de-lluvia-para-la-escasez-de-agua-en-las-escuelas/>



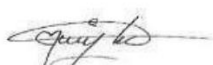
Vídeos., B. (4 de April de 2024). Retrieved. Obtenido de <https://www.bing.com/videos/riverview/relatedvideo?q=calcular+pendiente+de+techo&mid=2F414E6E5DDECB58437B2F414E6E5DDECB58437B&FORM=VIRE>

water., C. t. (2020). *Agua superficial* . Clean teq wáteres. Obtenido de <https://www.cleanteqwater.com/es/mercados/agua-superficial/>

Apéndice

Apéndice A

Solicitud de permiso - Escuela rural mixta la rosa

	<p>REPUBLICA DE COLOMBIA DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO MUNICIPIO DE PUERTO ASÍS</p> <p>INSTITUCIÓN EDUCATIVA RURAL NUEVA GRANADA</p> <p>Resolución de Reconocimiento No. 1560 noviembre 28 de 2007 Resolución de Fusión No. 3838 de octubre 30 de 2014 Código DANE: 286568000472 - NIT: 846003487-6</p>	
<p>Puerto Asís, 15 marzo de 2024</p>		
<p>Señores ESTUDIANTES INGENIERIA INDUSTRIAL Universidad UNAD Puerto Asís – Putumayo</p>		
<p>Cordial saludo</p>		
<p>Nos place extenderle un cordial saludo y tengo el agrado de autorizar a los estudiantes (Julieth Alexandra Gaviria Solarte, Yesly Loreny Rosales Narváez, Jorge Eliecer Cortés Moyano). del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), el debido permiso para realizar el Proyecto de Tesis en la Escuela Rural Mixta de la Vereda la Rosa. Teniendo como conocimiento y autorización con lo relacionado a esta Sede antes mencionada para facilitar y agilizar su debido proyecto de grado. Este proyecto tendrá como objetivo diseñar un prototipo de sistema de captación, purificación y almacenamiento de agua lluvia, buscando garantizar el acceso a agua limpia y segura para reducir la incidencia de enfermedades relacionadas con la contaminación del agua y promover la salud y el bienestar de la comunidad estudiantil.</p>		
<p>Muy agradecida por su participación en nuestra sede</p>		
 <p>Esp. MARGARITA ISABEL ACOSTA CORDOBA Rectora</p>		
<p>EMAIL: nuevagrana@sedputumayo.gov.co - laurita1159@hotmail.es Cel. 3146815464 Vereda Nueva Granada – Puerto Asís – Putumayo</p>		

Apéndice B

Entrevista docente Johana Montenegro

Enlace audio entrevista: <https://voca.ro/14AFU9n4Eh2f>

Apéndice C

Diferentes Vistas del Sistema de Captación de Agua Lluvia en la Escuela



Enlace del video con la presentación en 3D del sistema de captación de agua lluvia:

https://youtu.be/xY2L7O_aZiA

Apéndice D

Hoja de Cálculos

Enlace de los cálculos realizados en Excel:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1oZvIUlIjuN1nKbW1XXhkKOr9o4nwoM2t/edit?usp=sharing&ouid=110609239480183875429&rtpof=true&sd=true>

Apéndice E

Manual función y Mantenimiento del Sistema de Captación, Tratamiento y Almacenamiento de Agua Lluvia

Enlace Manual:

https://www.canva.com/design/DAGBHLakwaU/6VLIWInIdYb3GuOjeczkFw/edit?utm_content=DAGBHLakwaU&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton


MATERIAL DE LOS TANQUES Y TUBERÍA

- La tubería de cloruro de polivinilo (PVC).
- Para estos sistemas de captación de agua lluvia es recomendable utilizar tanques de polietileno de alta densidad para agua de la marca Rotoplas.

DESINFECCIÓN DEL AGUA

HIPOCLORITO DE SODIO

EL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA QUE SE PROPONE PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA LA ROSA CUENTA CON TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE 1000 LITROS POR LO QUE SE RECOMIENDA SEGÚN LA ANTERIOR INFORMACIÓN APLICAR 100 ML DE CLORO COMERCIAL AL 5% O 60 ML DE CLORO AL 6%.



ESTE PROYECTO DISEÑA UN SISTEMA DE CAPTACIÓN, PURIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA DE LA VEREDA LA ROSA COMO UNA ALTERNATIVA QUE PRESENTA UNA SOLUCIÓN SOSTENIBLE Y EFICIENTE PARA EL CONSUMO DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD ESTUDIANTIL.


Juliet Alexandra Gaviria Solarte
Yesly Loreny Rosales Narváez
Jorge Eliecer Cortes Moyano

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)

INGENIERÍA INDUSTRIAL

OPCIÓN DE GRADO

2024



MANUAL DE FUNCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, PURIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA

ESCUELA RURAL MIXTA VEREDA LA ROSA PUERTO ASIS



FUNCION DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, PURIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA

Los sistemas para el aprovechamiento de aguas lluvias, se utilizan para emplear el agua de la precipitación que cae sobre la cubierta, la cual en casi todos los casos es conducida por canales y tuberías hacia un tanque de almacenamiento, para luego ser utilizada en uno o varios usos, ya sea para riego, lavado, sanitarios o incluso para el consumo humano, que se complementan con procesos de tratamiento (filtración) para el mejoramiento de la calidad del agua.

COMPONENTES DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA



- ÁREA DE CAPTACIÓN:** El área de captación es la superficie sobre la cual cae la lluvia. Las áreas que se utilizan para este fin son los techos.
- SISTEMA DE CONDUCCIÓN:** Son las tuberías de diferentes materiales y formas que conduce el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento a través de bajantes con tubos de PVC.
- INTERCEPTOR DE PRIMERAS LLUVIAS:** Este sistema se encarga de interceptar y retirar las primeras aguas lluvias contaminadas que cae en el canal.
- ÁREA DE ALMACENAMIENTO:** Son tanques donde se almacena el agua de lluvia captada para ser utilizada para su uso y aprovechamiento.
- FILTRACIÓN:** En este sistema de filtración se retienen los sólidos suspendidos, de esta forma el agua que llega al tanque de abastecimiento se encuentra libre de partículas suspendidas.

Filtro casero grava, arena y carbón



El funcionamiento del filtro casero consiste en que el agua ingresa por la parte superior y, una vez que el agua pasa a través de cada capa de material, termina con eliminar sedimentos o impurezas en la parte inferior.

Mantenimiento del filtro

El mantenimiento del filtro se debe realizar cada 6 meses aproximadamente, el filtro se debe desarmar para poder limpiar la arena, la grava y cambiar el carbón activado, porque en el transcurso del tiempo el carbón pierde sus propiedades filtrantes.

NOTA: Hacer un monitoreo constante de las instalaciones es indispensable para su buen funcionamiento.

- Proteger las tuberías y demás componentes de ser golpeados.
- Verificar la presencia de fugas.
- Limpieza de techos, canaletas, filtros y tanques de almacenamiento.
- Control semanal del crecimiento de algas.
- Evitar la contaminación con tierra, estiércol, heces de aves o leonardas, etc.