

LIMA PROYECTOS SAS

CONTRATO No. 6799143 de 2024

PRESTAR EL SERVICIO DE CONSULTORÍA TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE COSECHA DE AGUA (APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA Y AGUA ATMOSFÉRICA), PARA LA SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD Y SUS SEDES EN CUSTODIA.

FASE III. INFORME FINAL

FONDO FINANCIERO DISTRITAL DE SALUD

SUPERVISOR: ING. ÁNGELA MARÍA BERNAL SÁNCHEZ

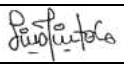
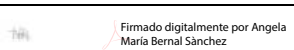
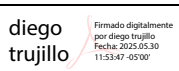
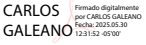
CONSULTOR: LIMA PROYECTO S.A.S

BOGOTÁ, ABRIL 2025

Control de versiones

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN/MODIFICACIÓN	FOLIOS
0	25-04-2025	Emisión Inicial	
1	05-05-25	Ajustes solicitados en las observaciones	Varios

Revisión y aprobación

N° VERSIÓN		00
RESPONSABLE ELABORACIÓN (PROFESIONAL AMBIENTAL)	NOMBRE	ING. LAURA CHAPARRO MP N° 15238-335710BYC
	FIRMA	
RESPONSABLE ELABORACIÓN (INGENIERO CIVIL)	NOMBRE	ING. EDWIN ACEVEDO MP N° 041037-0721386BYC
	FIRMA	
RESPONSABLE ELABORACIÓN (INGENIERO CIVIL)	NOMBRE	ING. ANDRES FELIPE CALLEJAS MP N° 041037-0699469BYC
	FIRMA	
RESPONSABLE REVISIÓN DIRECCIÓN DE CONSULTORÍA	NOMBRE	ING. LINA MARCELA LIZARAZO MP N° 25202-105662CND
	FIRMA	
APROBACIÓN SUPERVISIÓN ENTIDAD CONTRATANTE	NOMBRE	ING. ÁNGELA MARÍA BERNAL SÁNCHEZ
	FIRMA	 Firmado digitalmente por Angela María Bernal Sànchez
	NOMBRE	ING. DIEGO FERNANDO TRUJILLO GONZALEZ
	FIRMA	 Firmado digitalmente por diego trujillo Fecha: 2025.05.30 11:53:47 -05'00'
	NOMBRE	ING. JUAN GABRIEL MARTÍNEZ
	FIRMA	
	NOMBRE	ING. LINA ROCIO AGUILAR
	FIRMA	 Firmado digitalmente por Lina Rocío Aguilar Arévalo Fecha: 2025.05.30 11:52:41 -05'00'
	NOMBRE	ING. JORGE EDY LOAIZA
	FIRMA	 Firmado digitalmente por Jorge Edy Loaiza Cala
	NOMBRE	ARQ. LAURA HERRERA
	FIRMA	 Firmado digitalmente por Laura Victoria Herrera
	NOMBRE	ING. WAINERS FABIAN PARRA PAEZ
	FIRMA	 Firmado digitalmente por FABIAN PARRA
	NOMBRE	ING. CARLOS GALEANO
	FIRMA	 Firmado digitalmente por CARLOS GALEANO Fecha: 2025.05.30 12:31:52 -05'00'
	FECHA	25 DE ABRIL 2025

CONTENIDO

Pág.
1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN....12
2 ANÁLISIS COMPARATIVO....13
2.1 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DE LAS ALTERNATIVAS....13
2.2 COMPARATIVA TÉCNICA Y OPERATIVA....13
2.3 ANALISIS FINANCIERO DE LAS ALTERNATIVAS....14
2.4 COMPARATIVA DE IMPACTO AMBIENTAL, RIESGOS Y SEGURIDAD19
2.5 MATRIZ COMPARATIVA....20
3 SÍNTESIS COMPARATIVA GENERAL....22
3.1 RESUMEN DE RESULTADOS....22
3.2 DISCUSIÓN DE FORTALEZAS Y DEBILIDADES....23
3.3 RECOMENDACIONES PRELIMINARES....23
4 CONCLUSIONES....24

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Principales componentes de costo de las alternativas.....15
Tabla 2 Indicadores financieros alter 1 16
Tabla 3 Indicadores financieros alter 1 18
Tabla 4 Aumento en los beneficios.....19
Tabla 5 Matriz Comparativa.....20
Tabla 6 Comparación alternativa 1 y 2 23

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Ilustración 1 Analisis costo-beneficio alter 1 16
Ilustración 2 Análisis costo-beneficio alter 2 17

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento corresponde a la Fase III del contrato No. 6799143 de 2024, cuyo objetivo es comparar y evaluar la viabilidad de dos alternativas de captación de agua lluvia y atmosférica en la sede ID No. 2 Cerro Manjuí, ubicada en zona rural del municipio de Facatativá. Este análisis se desarrolla con base en criterios técnicos, financieros, ambientales y normativos.

Se evaluaron dos sistemas híbridos (captación de agua lluvia y niebla) con diferencias principalmente en el destino del agua: la Alternativa 1 orientada al consumo humano y la Alternativa 2 destinada a usos no potables. Ambas alternativas son viables desde el punto de vista técnico, con niveles de captación similares (864 L/evento), pero difieren en complejidad operativa, costos de mantenimiento y riesgo sanitario.

El análisis financiero mostró una ligera ventaja para la Alternativa 2, con un Valor Actual Neto (VAN) positivo y una Relación Beneficio/Costo mayor a uno. Además, presenta menor riesgo sanitario al no incluir consumo humano, lo que la hace más adecuada para contextos rurales con limitada capacidad operativa. A pesar de que ninguna de las alternativas es altamente rentable en términos económicos directos, los beneficios intangibles (ambientales, reputacionales y sociales) sustentan la pertinencia del proyecto para la entidad contratante.

INTRODUCCIÓN

En el marco del contrato No. 6799143 de 2024, se desarrolló la Fase II del proyecto de consultoría técnica para el diseño de sistemas de cosecha de agua lluvia y atmosférica en la sede ID No. 2 Cerro Manjuí, con el objetivo de evaluar la factibilidad de implementación de soluciones sostenibles que contribuyan al aprovechamiento de fuentes hídricas alternativas. Esta etapa incluyó el análisis detallado de dos alternativas técnicas, estructurales, económicas y ambientales, cada una con enfoques distintos respecto al tratamiento, uso previsto del recurso hídrico recolectado, y nivel de intervención requerido.

El presente comentario final tiene como finalidad comparar ambos enfoques, destacando sus similitudes, diferencias, ventajas y posibles limitaciones, con base en los criterios de viabilidad técnica, impacto ambiental, eficiencia operativa, sostenibilidad financiera y adaptabilidad a las condiciones específicas de la sede. A partir de este análisis, se busca ofrecer una recomendación sustentada que oriente la toma de decisiones para la implementación de la alternativa más adecuada.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar y comparar la viabilidad técnica, ambiental y financiera de dos alternativas de captación, tratamiento y aprovechamiento de aguas lluvia y atmosféricas, diseñadas para la sede ID No. 2 (Cerro Manjuí), con el fin de determinar cuál representa la opción más adecuada para su implementación en el contexto rural de la zona.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las condiciones técnicas y operativas de ambas alternativas, considerando el diseño hidráulico, los puntos de consumo previstos y la funcionalidad del sistema bajo condiciones reales de uso.
- Comparar los costos de implementación, operación y mantenimiento asociados a cada alternativa, evaluando su sostenibilidad financiera a corto y largo plazo.
- Identificar los impactos ambientales, sanitarios y de seguridad ocupacional asociados a cada opción, con base en matrices de evaluación de impactos y criterios de riesgo.
- Determinar cuál de las alternativas ofrece mayor eficiencia y adaptabilidad al entorno rural, según criterios normativos, técnicos y de gestión comunitaria.

1 MARCO JURÍDICO

En Colombia, el aprovechamiento de aguas lluvias no cuenta con una regulación específica, sin embargo, se encuentra enmarcado dentro de un conjunto de disposiciones normativas generales que regulan el uso y manejo de los recursos hídricos. El Decreto 1076 de 2015, en sus artículos 2.2.3.2.2.2 y 2.2.3.2.2.4, establece que el agua lluvia es un bien de uso público bajo dominio de la Nación y permite su uso dentro del predio sin necesidad de concesión, siempre que dicho uso no afecte a terceros. Por su parte, la Ley 99 de 1993 fija los principios rectores de la política ambiental colombiana, reconociendo el manejo sostenible del recurso hídrico como un derecho y un deber colectivo.

En materia de calidad del agua, la Resolución 2115 de 2007 define los criterios que debe cumplir el agua destinada al consumo humano, lo que resulta clave para proyectos que contemplen dicho uso final. Adicionalmente, la Resolución 0627 de 2006 establece los parámetros para la evaluación de impactos ambientales, los cuales deben ser considerados durante el diseño e implementación de sistemas de captación de agua lluvia y atmosférica. A nivel técnico, el Ministerio de Ambiente ha emitido los Lineamientos para potenciar el uso de agua lluvia (2022), un documento que orienta a las entidades y consultores en la implementación de soluciones sostenibles.

El cumplimiento de este marco normativo garantiza que los proyectos de captación y uso de aguas lluvias y atmosféricas se desarrollen en condiciones de legalidad, sostenibilidad y viabilidad técnica, jurídica y ambiental.

2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para el desarrollo del presente análisis comparativo se empleó una metodología mixta de evaluación técnica, económica y ambiental, estructurada en tres fases principales:

Fase 1: levantamiento de información técnica: Se recolectaron datos sobre las condiciones físicas del predio, características climáticas (precipitaciones históricas, curvas IDF), infraestructura existente y necesidades de consumo de la sede ID No. 2 Cerro Manjuí.

Fase 2: diseño y modelación de alternativas: Se formularon dos alternativas de captación de agua lluvia y atmosférica. Ambas fueron modeladas hidráulicamente en EPANET para validar condiciones de presión, caudal y velocidad en nodos de demanda. Se diseñaron sistemas de tratamiento por filtración con o sin desinfección final, según el destino del agua.

Se aplicaron criterios técnicos, financieros, normativos y ambientales. Se construyó una matriz de evaluación comparativa considerando los siguientes aspectos:

- Viabilidad técnica y operativa
- Costos de implementación y mantenimiento
- Impactos ambientales y riesgos sanitarios
- Adaptabilidad al contexto rural
- Cumplimiento normativo

La matriz de Leopold se utilizó como herramienta para valorar impactos ambientales, y se realizó un análisis financiero de mantenimiento proyectado a un año.

3 ANÁLISIS COMPARATIVO

3.1 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DE LAS ALTERNATIVAS

Para este proyecto se propuso dos sistemas decaptación de agua lluvia y atmosférica, a continuación, se llevara a cabo la descripción de ambas alternativas. La Alternativa 1 propone un sistema integrado de captación de agua lluvia y atmosférica para abastecer de agua potable a la sede ID No 2 Cerro Manjuí en zona rural del municipio de Facatativá, diseñado bajo criterios técnicos que permiten aprovechar de manera óptima las condiciones climáticas y geográficas de esta zona. El fundamento del sistema se basa en la interpretación de curvas IDF (Intensidad - Duración - Frecuencia) para definir la intensidad máxima de lluvia en un período de retorno de 5 años, buscando asegurar la resistencia y suficiencia de capacidad de la infraestructura ante eventos probabilísticos determinados.

Por otro lado, la alternativa 2 propone un sistema integrado de captación de agua lluvia y atmosférica para abastecer de agua no consumible a la sede ID No 2 Cerro Manjuí en zona rural del municipio de Facatativá, diseñado bajo criterios técnicos que permiten aprovechar de manera óptima las condiciones climáticas y geográficas de esta zona. El fundamento del sistema se basa en la interpretación de curvas IDF (Intensidad - Duración - Frecuencia) para definir la intensidad máxima de lluvia en un período de retorno de 5 años, buscando asegurar la resistencia y suficiencia de capacidad de la infraestructura ante eventos probabilísticos determinados.

3.2 COMPARATIVA TÉCNICA Y OPERATIVA

Ambas alternativas evaluadas contemplan un sistema híbrido para la captación de agua lluvia y atmosférica, utilizando una cubierta de 20,59 m² y un atrapanieblas de 12 m² de área efectiva, respectivamente. El diseño técnico considera la conducción del recurso hacia un tanque de filtración ascendente, seguido por almacenamiento en un tanque de 1.000 litros, impulsado mediante una bomba de 0.5 HP.

La principal diferencia técnica entre ambas opciones radica en el uso final del agua tratada. La Alternativa 1 contempla la conducción hacia la cocina, lo que exige la

incorporación de una etapa de desinfección adicional mediante cartuchos compactos, con el fin de garantizar potabilidad conforme a la normativa sanitaria.

En contraste, la Alternativa 2 excluye el consumo en cocina, destinando el recurso únicamente a baño y patio, por lo que no requiere tratamiento de desinfección química posterior.

Los resultados de simulación en EPANET muestran que ambas alternativas mantienen condiciones hidráulicas adecuadas, con presiones superiores a 20 m.c.a. en los nodos de demanda y velocidades comprendidas entre 0.5 y 1.2 m/s, lo cual indica que ambos sistemas son técnicamente viables y funcionales para las necesidades previstas.

3.3 ANALISIS FINANCIERO DE LAS ALTERNATIVAS

La implementación de la alternativa contempla, en primer lugar, la demolición de la base donde actualmente se encuentra instalado el tanque de recolección de agua lluvia, con el objetivo de construir una nueva estructura de menor altura, diseñada para soportar de forma segura el peso de un tanque de almacenamiento con capacidad para 1,000 litros de agua.

Ambas alternativas contemplan costos similares en cuanto a infraestructura básica (captación, conducción, filtración y almacenamiento). Sin embargo, la Alternativa 1 contempla la conducción del agua tratada hasta la cocina, lo que requiere una etapa adicional de desinfección mediante cartuchos compactos, lo cual aumenta tanto la inversión inicial como los costos de mantenimiento. La Alternativa 2, al destinar el agua únicamente al baño y al patio, prescinde del tratamiento potabilizador final, haciendo el sistema más económico y con menor requerimiento operativo.

A continuación, se presenta una tabla con los principales componentes de costo comparados para ambas opciones:

Tabla 1 Principales componentes de costo de las alternativas

Componente	Costos alternativa 1 (x1000)	Costos alternativa 2 (x1000)
Costo inicial	22.261	22.261
Costos trimestrales	70	70
Costos Semestrales	290	290
Costos anuales	1.015	1.015
Beneficios anuales (valor del primer año que se le aplica una tasa de 10% de proyeccion de aumento anual según IPC	2.071,7	2.071,7

Fuente: Elaboración propia

A continuacion se presenta el analisis financiero por alternativa y su rentabilidad economica:

3.3.1 Alternativa 1

Considerando el analisis financiero realizado para un periodo de vida util estimado de 10 años y estimando una tasa de descuento de 9%, esta ultima de acuerdo con la tasa de interes efectiva anual definida por el Departamento de Planeacion Nacional (DNP) como tasa social de descuento para la evaluacion social de proyectos, especialmente para aquellos que proveen bienes publicos cuyos resultados afectan a las generaciones futuras.

Ilustración 1 Analisis costo-beneficio alter 1



Fuente: Elaboración propia

Es asi que aplicando la tasa de descuento de 9% para un periodo de 10 años tenemos como costos descontados (Cd) y beneficios descontados (Bd) acumulados los siguientes:

Cd acumulado ($ miles) = 33.959,44
Bd acumulado ($ miles) = 30.291,0

Con estos valores se calculan los indicadores financieros de decision, obteniendo para la alternativa 1, lo siguiente:

Tabla 2 Indicadores financieros alter 1

INDICADOR	VALOR OBTENIDO	CONDICIÓN
Valor actual neto (van)	-3,668	< 0 (No rentable)
Relación beneficio costo (rbc)	0,89	< 1 (No rentable)
Tasa interna de retorno (tir)	-0,30%	No es rentable

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos, la alternativa 1 para un periodo de 10 años no es rentable desde la óptica financiera.

3.3.2 Alternativa 2

Considerando el analisis financiero realizado para un periodo de vida util estimado de 10 años y estimando una tasa de descuento de 9%, esta ultima de acuerdo con la tasa de interes efectiva anual definida por el Departamento de Planeacion Nacional (DNP) como tasa social de descuento para la evaluacion social de proyectos, especialmente para aquellos que proveen bienes publicos cuyos resultados afectan a las generaciones futuras.

Ilustración 2 Análisis costo-beneficio alter 2



Fuente: Elaboración propia

Es asi que aplicando la tasa de descuento de 9% para un periodo de 10 años tenemos como costos descontados (Cd) y beneficios descontados (Bd) acumulados los siguientes:

Cd acumulado ($ x1000) = 32974,4
Bd acumulado ($ x1000) = 30.291,0

Con estos valores se calculan los indicadores financieros de decision, obteniendo para la alternativa 2, lo siguiente:

Tabla 3 Indicadores financieros alter 1

INDICADOR	VALOR OBTENIDO	CONDICIÓN
Valor actual neto (van)	-2.683	< 0 (No rentable)
Relación beneficio costo (rbc)	0,92	< 1 (No rentable)
Tasa interna de retorno (tir)	-0,23%	No es rentable

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos, la alternativa 2 para un periodo de 10 años no es rentable desde la óptica financiera.

3.3.3 Viabilidad Tecnico Financiera del Proyecto

De acuerdo con los resultados obtenidos en el analisis netamente economico, para un periodo propuesto de vida util de 10 años, se ha obtenido un resultado de NO RENTABLE para las dos alternativas propuestas.

Ahora bien, es importante indicar que si bien la TIR obtenida para las dos alternativas es negativa, tambien es importante resaltar que es muy cercana al 0%, lo cual evidencia una posible rentablidad si el proyecto se lleva a una vida util mayor a 10 años.

Por otra parte, y tal como se indico en la FASE II, se deben considerar en el analisis los “BENEFICIOS INTANGIBLES” los cuales, se deberan cuantificar, o estimar si impacto convertido en valor monetario para la entidad; dichos beneficios intangibles son:

- Aumento de ingresos
- Reducción de costos
- Mejora de la calidad
- Aumento de la productividad
- Mayor motivación de los empleados
- Mejora de la reputación de la organización
- Contribución al desarrollo social
- Beneficios ambientales

Si bien, el proyecto no busca aumentar los ingresos de la entidad, si busca reducir costos de gasto de agua, asi mismo, la mayor motivacion de los empleados al estar

vinculados en una entidad que busca el beneficio ambiental actual y futuro, la mejora reputacional para la entidad al implementar medidas amigables con el ambiente;

son factores que se deben estimar y dar un valor, que si bien es intangible puede convertirse en un valor monetario para efectos del analisis.

Es asi, que el valor social dado al proyecto, correspondera a la misma tasa de descuento aplicada.

En ese orden de ideas, aplicando un aumento en los beneficios descontados del del proyecto en un 9%, se obtiene lo siguiente:

Tabla 4 Aumento en los beneficios

INDICADOR	Alternativa 1	Alternativa 2
VALOR ACTUAL NETO (VAN) x1000	- 9412	43
RELACION BENEFICIO COSTO (RBC)	0,97	1,00
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	**-0,05%**	0,05%

Fuente: Elaboración propia

Es asi, que la alternativa mas viable es la alternativa 2; sin embargo, la cercania a cero de las dos alternativas, generar una viabilidad para las dos sin gastos significativos para la entidad.

3.4 COMPARATIVA DE IMPACTO AMBIENTAL, RIESGOS Y SEGURIDAD

Ambas alternativas presentan impactos ambientales de bajo nivel, según lo identificado mediante la matriz de Leopold. Los efectos positivos incluyen la disminución en la demanda de agua potable, el aprovechamiento de fuentes atmosféricas, y la reducción de presión sobre infraestructuras hidráulicas convencionales.

En cuanto a los riesgos, la Alternativa 1 puede representar una mayor exposición a fallos sanitarios si no se realiza un adecuado mantenimiento del sistema de desinfección, lo cual requiere mayor responsabilidad y conocimiento por parte del usuario. La Alternativa 2, al limitar el uso del agua a actividades no potables, reduce significativamente el riesgo sanitario asociado.

En ambas opciones, se debe considerar la aplicación de medidas de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) para actividades de mantenimiento, especialmente en tanques elevados. Esto implica el uso de elementos de protección personal como

arnés, línea de vida y casco, cuyo costo inicial puede estar entre $130.000 y $250.000 si el usuario realiza la limpieza por cuenta propia.

3.5 MATRIZ COMPARATIVA

Tabla 5 Matriz Comparativa

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2
Destino del agua	Consumo humano (potable)	Usos no potables (sanitario, limpieza, riego)
Sistema de captación	Agua lluvia y atmósfera (niebla)	Agua lluvia y atmósfera (niebla)
Área de captación	20,59 m² cubierta + 12 m² malla Raschel	20,59 m² cubierta + 12 m² malla Raschel
Volumen captado estimado	864 litros/evento	864 litros/evento
Tratamiento	Filtro de arena, carbón, grava + desinfección (purificador compacto)	Filtro de arena, carbón, grava (sin desinfección)
Uso de agua tratada	Cocina y baño	Patio y sanitario (sin cocina)
Componentes adicionales	Red hidráulica nueva, bomba 0.5 HP, tanque de 1000 L, tanque de filtración 500 L	Igual a Alternativa 1
Red de distribución	Conducción a cocina y baño	Conducción a baño y patio
Viabilidad técnica	Alta, con cumplimiento de normas de potabilidad	Alta, con énfasis en usos no potables
Costo de mantenimiento	Leve mayor por incluir desinfección	Menor, al no incluir desinfección
Ventaja principal	Provee agua potable en zona rural sin acueducto	Reduce consumo de agua potable en servicios no esenciales

Riesgo sanitario	Controlado con tratamiento completo	Bajo, al no usarse para consumo humano
Adecuaciones requeridas	Demolición base existente, nueva red, plataforma atrapanieblas	Idénticas a Alternativa 1

Fuente: Elaboración propia

4 SÍNTESIS COMPARATIVA GENERAL

4.1 RESUMEN DE RESULTADOS

El análisis realizado permitió evidenciar que ambas alternativas ofrecen soluciones técnicamente viables para la captación y aprovechamiento de agua en la sede Cerro Manjuí. Ambas propuestas emplean tecnologías pasivas de captación y tratamiento físico por filtración, con diferencias sustanciales en el destino del recurso y en los requerimientos de tratamiento final.

La Alternativa 1 se orienta a proveer agua potable para cocina y baño, lo que implica un tratamiento más exigente y mayores costos operativos. La Alternativa 2 está destinada a usos no potables (sanitario y limpieza), lo que reduce riesgos sanitarios y simplifica la operación del sistema.

En términos hidráulicos, ambos sistemas cumplen con los requerimientos técnicos. En cuanto al mantenimiento, la Alternativa 2 representa un menor costo anual y una menor complejidad operativa.

Técnicamente, ambas alternativas son viables. Cumplen con las presiones y velocidades hidráulicas requeridas y no requieren intervenciones estructurales mayores.

Económicamente, la Alternativa 2 presenta una leve rentabilidad (VAN: 43000, TIR: 0,05%), mientras que la Alternativa 1 tiene un VAN negativo. Sin embargo, ambas alternativas se aproximan a la rentabilidad si se considera una vida útil mayor a 10 años.

Ambientalmente, los impactos son bajos en ambas alternativas según la matriz de Leopold.

Sanitariamente, la Alternativa 1 conlleva un mayor riesgo si no se realiza mantenimiento adecuado al sistema de desinfección. La Alternativa 2 elimina este riesgo al excluir el consumo humano.

Socialmente, el proyecto tiene beneficios intangibles como la mejora en la reputación institucional, motivación del personal y aporte al desarrollo sostenible.

4.2 DISCUSIÓN DE FORTALEZAS Y DEBILIDADES

Tabla 6 Comparación alternativa 1 y 2

Aspecto	Alternativa 1	Alternativa 2
Fortalezas	Permite consumo humano; mayor aprovechamiento del recurso	Menor complejidad técnica y operativa; menor costo
Debilidades	Mayor responsabilidad en mantenimiento y calidad del agua	Uso restringido del recurso (no potable); menor versatilidad
Oportunidades	Reducción total de dependencia del acueducto en vivienda rural	Mayor facilidad de replicabilidad en otras sedes rurales
Amenazas	Riesgo sanitario si falla el proceso de desinfección	Riesgo de subutilización del sistema si se restringe a pocos usos

Fuente: Elaboración propia

4.3 RECOMENDACIONES PRELIMINARES

- En contextos rurales con necesidades de agua para cocina, la Alternativa 1 resulta adecuada, siempre que se garantice un adecuado mantenimiento del sistema de desinfección.

- Para usuarios con usos limitados al ámbito sanitario o doméstico básico, la Alternativa 2 ofrece una solución más económica, de fácil implementación y con menor riesgo sanitario.

- Se recomienda socializar ambas opciones con el usuario final y definir la alternativa en función del tipo de uso que se le dará al agua, el presupuesto disponible y las capacidades locales de operación y mantenimiento.

- En ambos casos, se debe promover la capacitación básica en operación del sistema, la implementación de una bitácora de mantenimiento y la evaluación periódica de la calidad del agua tratada.

5 CONCLUSIONES

- El proyecto evaluado para la sede Cerro Manjuí demuestra que es técnicamente viable implementar sistemas de captación de agua lluvia y atmosférica mediante tecnologías pasivas, ajustadas a las condiciones geográficas y climáticas del sitio.

- Las dos alternativas diseñadas responden a necesidades distintas: la Alternativa 1 permite el consumo humano mediante un sistema de desinfección, mientras que la Alternativa 2 se enfoca en usos no potables, lo que reduce su complejidad y costo operativo.

- La simulación hidráulica realizada en EPANET confirma que ambos diseños cumplen con los requerimientos mínimos de presión, caudal y velocidad, asegurando la funcionalidad del sistema.

- Desde el punto de vista financiero, ambas propuestas tienen costos similares en infraestructura básica; sin embargo, la Alternativa 1 implica un mayor gasto de mantenimiento por incluir cartuchos de potabilización.

- En términos de impacto ambiental, ambas opciones tienen efectos positivos, siendo la Alternativa 2 la que presenta un menor riesgo sanitario, al limitar el uso del recurso a fines no potables.

- La implementación de cualquiera de las dos alternativas puede contribuir significativamente a la gestión autónoma del agua en zonas rurales, pero su elección debe depender del tipo de uso previsto y de la capacidad del usuario para operar y mantener el sistema adecuadamente.

- La alternativa mas viable es la alternativa 2; sin embargo, la cercania a cero de las dos alternativas, generar una viabilidad para las dos sin gastos significativos para la entidad.

6 RECOMENDACIONES

- Selección de alternativa: Se recomienda implementar la Alternativa 2, dada su simplicidad operativa, menor costo de mantenimiento y riesgo sanitario reducido. Esta opción es más replicable en otras sedes rurales y puede ajustarse mejor al presupuesto y capacidades locales.

- Capacitación: instruir al personal de la sede sobre operación básica del sistema, limpieza de filtros, uso del sistema de bombeo y protocolos de mantenimiento periódico.

- Monitoreo y evaluación: implementar un sistema de seguimiento técnico y financiero para evaluar el desempeño y sostenibilidad del sistema, incluyendo una bitácora de mantenimiento.

- Articulación institucional: coordinar con la CAR y la secretaría de planeación municipal para garantizar el cumplimiento de los permisos necesarios y la compatibilidad del uso del suelo.

- Consideraciones a futuro: en caso de incrementarse la demanda o modificarse las condiciones del sitio, evaluar la posibilidad de migrar de la Alternativa 2 a la Alternativa 1 incorporando un sistema de desinfección.