

Cartilla de Devolución de Información

Selección Participativa de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales en Los Santos Bajo

Desarrollo de Estrategias para el Manejo de Aguas Residuales en Asentamientos Periurbanos, con Enfoques de Sostenibilidad y Economía Circular, en la Cuenca del Río Alto Lebrija.



Cartilla de Devolución de Información
Selección Participativa de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales en Los Santos Bajo

Desarrollo de Estrategias para el Manejo de Aguas Residuales en Asentamientos Periurbanos, con Enfoques de Sostenibilidad y Economía Circular, en la Cuenca del Río Alto Lebrija

Laura Peña Rodríguez, Jesús Álvarez Trujillo, Juan C. Aceros, Isabel C. Domínguez, Edgar Ricardo Oviedo

Universidad Industrial de Santander

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. ESP (amb)

Bucaramanga, Santander

2024

Información de publicación
Esta cartilla fue preparada en el marco del proyecto Desarrollo de Estrategias para el Manejo de Aguas Residuales en Asentamientos Periurbanos, con Enfoques de Sostenibilidad y Economía Circular, en la Cuenca del Río Alto Lebrija, como parte del cumplimiento del Objetivo 2: Desarrollar herramientas validadas para la selección de alternativas de manejo de aguas residuales en asentamientos periurbanos.

Grupos de investigación involucrados

Grupo de investigación en Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental (GPH)

Observatorio Regional de Desarrollo Humano Sostenible (ORDHS)

Colaboradores UIS:
Jonathan Soto Paz - Ing. Sanitario, PhD, en Ing. Sanitaria y Ambiental
Sebastián Patiño – Ing. Civil, MSc. en Ing. Civil
Laura Sofía Badillo - Estudiante de Trabajo Social

Colaboradores amb:
Ángel Alfonso Sepúlveda - Ing. Ambiental, Esp. en Gerencia del ambiente y en preservación y conservación de recursos naturales

Financiación:
Sistema General de Regalías

Convocatoria de la Asignación para la Ciencia, Tecnología e Innovación - Ambiental del Sistema General de Regalías para la Conformación de un Listado de Propuestas de Proyecto Elegibles de Investigación, Desarrollo e Innovación para el Ambiente y el Desarrollo Sostenible del País – 2021

Fotografía de Portada:
Tomada por el equipo de investigación durante un taller formativo

Diseño Gráfico:
Laura Villarreal

CONTENIDO.

Introducción 1

1. ¿Por qué investigar sobre selección de tecnología para el tratamiento de aguas residuales en asentamientos periurbanos? 2

2. Algunas ideas básicas 4

¿Qué son las aguas residuales domésticas? 4
¿Qué contienen las aguas residuales domésticas? 5
¿Por qué es importante tratar las aguas residuales domésticas? 6
¿Qué son los sistemas de tratamiento de aguas residuales? 7
¿Cuáles son los niveles de un sistema de tratamiento de aguas residuales? 8

3. El tratamiento de aguas residuales domésticas en nuestra comunidad 9

¿Cuál es la situación en nuestra comunidad? 9
¿Cuáles son los principales problemas en nuestra comunidad? 11

4. El proceso de selección participativa de un sistema de tratamiento de aguas residuales en nuestra comunidad 12

5. ¿Cuál fue el resultado? 14

6. Conclusiones y retos futuros 17

Introducción

En un mundo que avanza a pasos agigantados hacia la urbanización, el tratamiento de aguas residuales en comunidades que se desarrollan informalmente en las ciudades, o cerca de ellas, se ha convertido en un tema de gran relevancia. Estas comunidades, a menudo están caracterizadas por su crecimiento rápido y falta de planificación, por lo que enfrentan desafíos únicos en cuanto a la gestión de servicios tan básicos como el agua y el saneamiento. La falta de acceso a sistemas adecuados de tratamiento de aguas residuales no solo afecta la salud humana, sino que también tiene un impacto negativo en el medio ambiente y en la calidad de vida en general.

La selección de tecnologías de tratamiento de aguas residuales adaptadas a las realidades de los asentamientos no planificados es crucial para mejorar las condiciones de vida en estas comunidades. Las soluciones deben ser eficaces, accesibles y sostenibles, considerando las limitaciones de espacio, recursos y capacidades técnicas presentes en estas comunidades. En otras palabras, no basta con implementar cualquier tecnología. La selección de las soluciones más adecuadas debe ser un proceso participativo, que involucre activamente a los miembros de la comunidad. La participación local asegura que las soluciones elegidas sean aceptables, viables y adaptadas a las realidades y preferencias de quienes las utilizarán. Además, este enfoque fomenta el empoderamiento de la comunidad, permitiendo que sus voces sean escuchadas y que sus necesidades sean realmente abordadas.

Esta cartilla presenta un proceso de selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales en el que ha participado nuestra comunidad. Dicho proceso forma parte del proyecto de investigación titulado “Desarrollo de Estrategias para el Manejo de Aguas Residuales en Asentamientos Periurbanos, con Enfoques de Sostenibilidad y Economía Circular, en la Cuenca del Río Alto Lebrija”. El proyecto ha sido financiado por el Sistema General de Regalías y ha sido ejecutado por un equipo de profesores y profesionales de la Universidad Industrial de Santander y del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. ESP (amb), con la colaboración de los grupos motor de Miradores de la UIS, El Porvenir-Los Cuadros y Los Santos Bajo. Entre 2022 y 2023, en el marco del proyecto se desarrolló un diagnóstico participativo sobre la situación de manejo de las aguas residuales en nuestra comunidad. Dicho diagnóstico ha sido un aporte fundamental para el proceso de selección de tecnología para el manejo de aguas residuales que se presentan en esta cartilla.

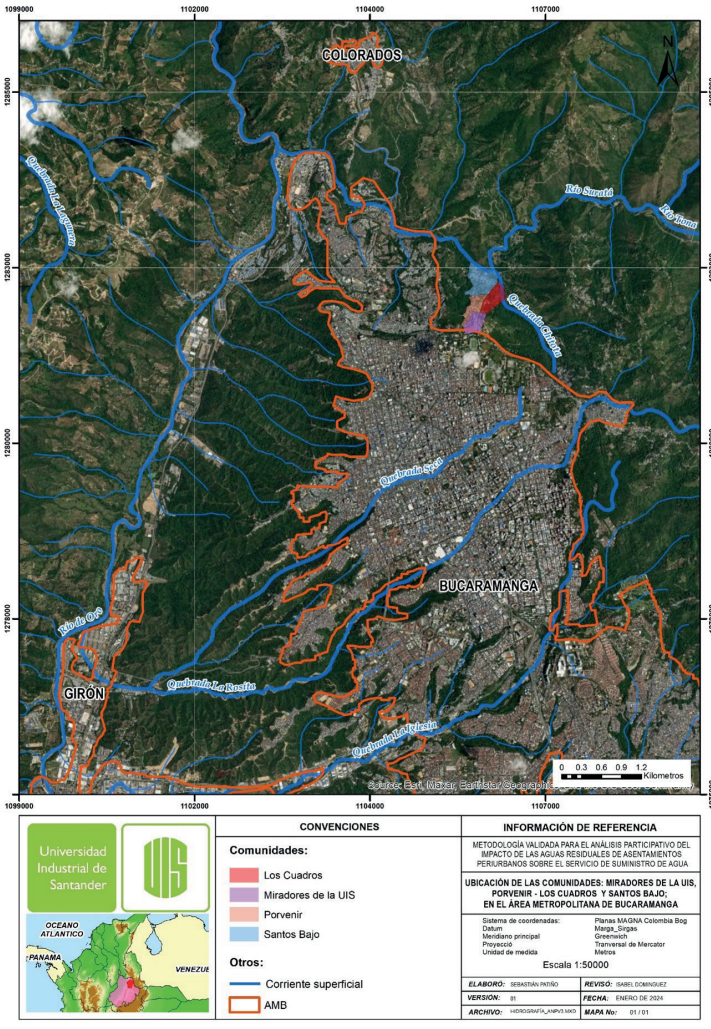
A continuación, el contenido de la cartilla se organiza en seis secciones. En la primera, ofrecemos información de contexto sobre la necesidad de investigar sobre la selección de tecnologías de tratamiento de aguas. En la segunda, exploramos los conceptos claves para entender el tratamiento de las aguas residuales domésticas. En la tercera, presentamos brevemente la situación de nuestra comunidad en materia del manejo de aguas residuales. En la cuarta, presentamos el desarrollo del proceso de selección participativa de tecnologías de tratamiento de aguas residuales y los resultados obtenidos. En la quinta sección resumimos los principales logros de la selección y en la sección seis abordamos las conclusiones y retos futuros del proceso. Esperamos que este documento sirva como una guía útil para futuros esfuerzos en la mejora del tratamiento de aguas residuales y la calidad de vida en asentamientos similares. La información aquí condensada ha sido socializada y validada por las personas que integran el Grupo Motor de Los Santos Bajo, el cual fue conformado para efectos de este proyecto. El equipo UIS-amb desea agradecer a los integrantes de los grupos motor que participaron en el proyecto. Su implicación comprometida en los talleres formativos y actividades de selección participativa ha hecho posible la selección participativa de tecnologías que presentamos aquí.

01 ¿Por qué investigar sobre selección de tecnología para el tratamiento de aguas residuales en asentamientos periurbanos?

A lo largo de los años, diversos estudios han demostrado los efectos perjudiciales de la contaminación del agua en el medio ambiente y la salud humana. Sin embargo, los recursos hídricos del mundo siguen enfrentando problemas debido al crecimiento acelerado de la población mundial. Ante este panorama, un equipo de investigadores de la Universidad Industrial de Santander (UIS) y el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. ESP (amb), con financiación del Sistema General de Regalías, desarrolló un proyecto para mejorar la disponibilidad de herramientas para abordar el problema de manejo de aguas residuales en asentamientos periurbanos en la cuenca del río Alto Lebrija. El proyecto tuvo como objetivo crear dos herramientas que incluyen, una metodología participativa para analizar el impacto de las aguas residuales en estos asentamientos, y una metodología participativa para seleccionar tecnologías adecuadas para su gestión y explorar el aprovechamiento de subproductos.

Como parte del proyecto se probó la eficacia de las dos herramientas formuladas en tres comunidades del norte de la ciudad de Bucaramanga (ver, Figura 1), entre las cuales se encuentra nuestra comunidad, de Los Santos Bajo, y las comunidades de El Porvenir, Los Cuadros y Miradores de la UIS. En cada comunidad, hemos integrado un grupo motor conformado por líderes y personas interesadas en el proyecto, con el que hemos realizado y socializado un diagnóstico de la situación del agua y el saneamiento en el lugar que habitamos. Este diagnóstico fue publicado en una cartilla previa y su contenido fue socializado con nuestra comunidad a principios del año 2024.

Figura 1. *Ubicación de las comunidades participantes*



Una vez finalizado el diagnóstico, los grupos motor de las distintas comunidades participamos en un proceso de selección de tecnologías de tratamiento de aguas residuales que pueden ser potencialmente utilizadas en contextos como los nuestros. Hemos recibido formación sobre aguas residuales domésticas, sobre los procesos de tratamiento de esas aguas, y hemos identificado un conjunto de tecnologías que esperamos poner a prueba pronto, a escala piloto, para saber cada vez más sobre la gestión de las aguas residuales. En los siguientes apartados de esta cartilla compartimos lo que hemos aprendido y lo que hemos logrado.

Fotografía 1. *Taller de formación con grupos motor*



02

Algunas **Ideas Básicas**

¿Qué son las aguas residuales domésticas?

Las aguas residuales domésticas son aquellas que se han contaminado debido a las actividades que realizamos en nuestros hogares. En términos simples, son las aguas que utilizamos en lugares como la cocina, el lavadero y los baños, y que se desechan a través de las tuberías una vez que han cumplido su función.

Figura 2. *Actividades que producen agua residual doméstica*



Existen dos tipos principales de aguas residuales domésticas. **Las aguas grises** provienen de actividades como ducharse, lavar los platos o limpiar el patio. Estas aguas contienen restos de jabón, grasa y otros desechos, pero no tienen la misma carga de contaminantes que las aguas negras. Por otro lado, **las aguas negras** incluyen además las provenientes del inodoro y están altamente contaminadas con materia fecal y otros desechos corporales. Debido a su alta carga de contaminantes, requieren un tratamiento especializado para prevenir problemas de salud y contaminación ambiental.

¿Qué contienen las aguas residuales domésticas?

Las aguas residuales domésticas contienen una variedad de componentes que pueden afectar tanto la salud humana como el medio ambiente. Estos son algunos de los principales:

Figura 3. *Componentes de las aguas residuales domésticas*



- **Sólidos:** Son partículas que varían en tamaño, desde materiales más pequeños que un grano de arena hasta fragmentos más grandes. Los sólidos se dividen en tres categorías: los **sólidos disueltos**, que no se ven a simple vista; los **sólidos sedimentables**, que se acumulan en el fondo; y los **sólidos suspendidos**, que permanecen flotando en el agua.

- **Aceites y grasas:** Estos provienen principalmente de la cocina, como el aceite y las grasas de los alimentos, así como de productos de higiene personal como el jabón. Estos aceites y grasas flotan en la superficie y pueden formar una capa que bloquea el oxígeno, afectando negativamente a la vida acuática.

- **Materia orgánica:** Incluye todo lo que se puede descomponer, como restos de comida, hojas, grasas y materia fecal. Esta materia es una fuente de nutrientes para los microorganismos, pero en exceso puede causar problemas en el ecosistema.

- **Nutrientes:** Elementos como el fósforo y el nitrógeno provienen de la materia orgánica en descomposición. Aunque son esenciales para el crecimiento de las plantas y organismos acuáticos, un exceso de estos nutrientes puede provocar algas nocivas y desoxigenación del agua, perjudicando la vida acuática.

- **Microorganismos patógenos:** Incluyen bacterias, virus y parásitos que pueden causar enfermedades en humanos y animales. Estos microorganismos suelen estar presentes en los desechos humanos y animales y representan un riesgo para la salud pública si no se tratan adecuadamente.

Comprender estos componentes es esencial para el tratamiento adecuado de las aguas residuales y para minimizar su impacto ambiental y sanitario.

¿Por qué es importante tratar las aguas residuales domésticas?

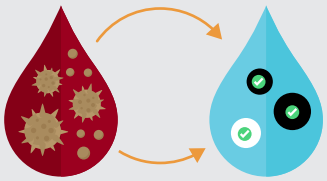
Es crucial tratar las aguas residuales domésticas porque contienen contaminantes que pueden causar graves daños al ambiente y a la salud humana si se vierten sin tratamiento. Estos contaminantes incluyen patógenos, sustancias químicas y materiales orgánicos que, al entrar en contacto con fuentes de agua, pueden afectar negativamente la calidad del agua y la salud de las personas.

El tratamiento adecuado de las aguas residuales ayuda a limpiar el agua, eliminando o reduciendo estos contaminantes. Esto no solo protege los aljibes, ríos y quebradas, asegurando que no se contaminen con desechos peligrosos, sino que también previene la propagación de enfermedades transmitidas por el agua. Al tratar las aguas residuales de manera eficaz, podemos evitar brotes de enfermedades gastrointestinales y otros problemas de salud relacionados con la exposición a aguas contaminadas.

Además, el tratamiento adecuado asegura que el agua pueda ser reutilizada de manera segura o devuelta al entorno sin causar daño. Muchas tecnologías de tratamiento permiten recuperar agua que puede ser utilizada para riego u otras aplicaciones, así como recuperar nutrientes que pueden ser útiles en la agricultura. Esto promueve un uso más sostenible y responsable de los recursos hídricos.

Figura 4. *Importancia de tratar las aguas residuales domésticas*

¿Por qué es importante tratar el agua residual doméstica?



El tratamiento del agua residual elimina contaminantes que pueden causar daños en el ambiente y la salud humana.

El tratamiento ayuda a limpiar el agua, eliminando o reduciendo contaminantes, lo que protege los aljibes, ríos y quebradas, previene enfermedades y asegura que el agua pueda ser reutilizada o devuelta al entorno de manera segura.

¿Qué son los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas?

El tratamiento de aguas residuales domésticas es un proceso fundamental que ayuda a reducir la contaminación del agua usada en nuestras casas. Este tratamiento es esencial para eliminar sustancias contaminantes como restos de comida, jabón y microorganismos, asegurando que el agua sea más segura para ser devuelta al ambiente o reutilizada. Su principal objetivo es proteger ríos, lagos y la salud pública.

Existen dos enfoques principales para el tratamiento de aguas residuales domésticas: **centralizado y descentralizado**. El tratamiento centralizado implica la recolección de aguas servidas a través de grandes redes de alcantarillado que se transportan a una planta de tratamiento a gran escala antes de ser devueltas al entorno o reutilizadas. En contraste, el tratamiento descentralizado se lleva a cabo mediante pequeñas plantas o sistemas locales, cercanos al lugar donde se genera el agua residual, y es común en comunidades rurales o áreas específicas. Mientras que el tratamiento centralizado maneja grandes volúmenes en un solo lugar, el descentralizado trata el agua en varios lugares más pequeños.

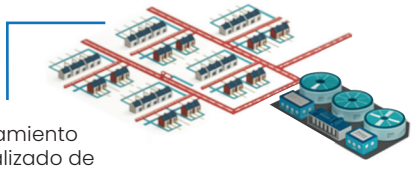
Figura 5. *Los sistemas de tratamiento de aguas residuales.*

El tratamiento de aguas residuales domésticas incluye una **serie de procesos** que ayudan a **reducir la contaminación del agua usada** en nuestras casas.

Elimina: residuos sólidos, restos de comida, jabones, grasas, microorganismos y nutrientes.



Los sistemas de tratamiento pueden ser centralizados o descentralizados



Tratamiento centralizado de aguas residuales



Tratamiento descentralizado de aguas residuales

El 95% de las personas de nuestras comunidades acepta la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en el territorio.



¿Cuáles son los niveles de un sistema de tratamiento de aguas residuales?

El proceso de tratamiento de aguas residuales suele llevarse a cabo mediante una serie de etapas secuenciales conocidas como el tren de tratamiento, que incluye varios niveles diseñados para reducir la contaminación en diferentes etapas:

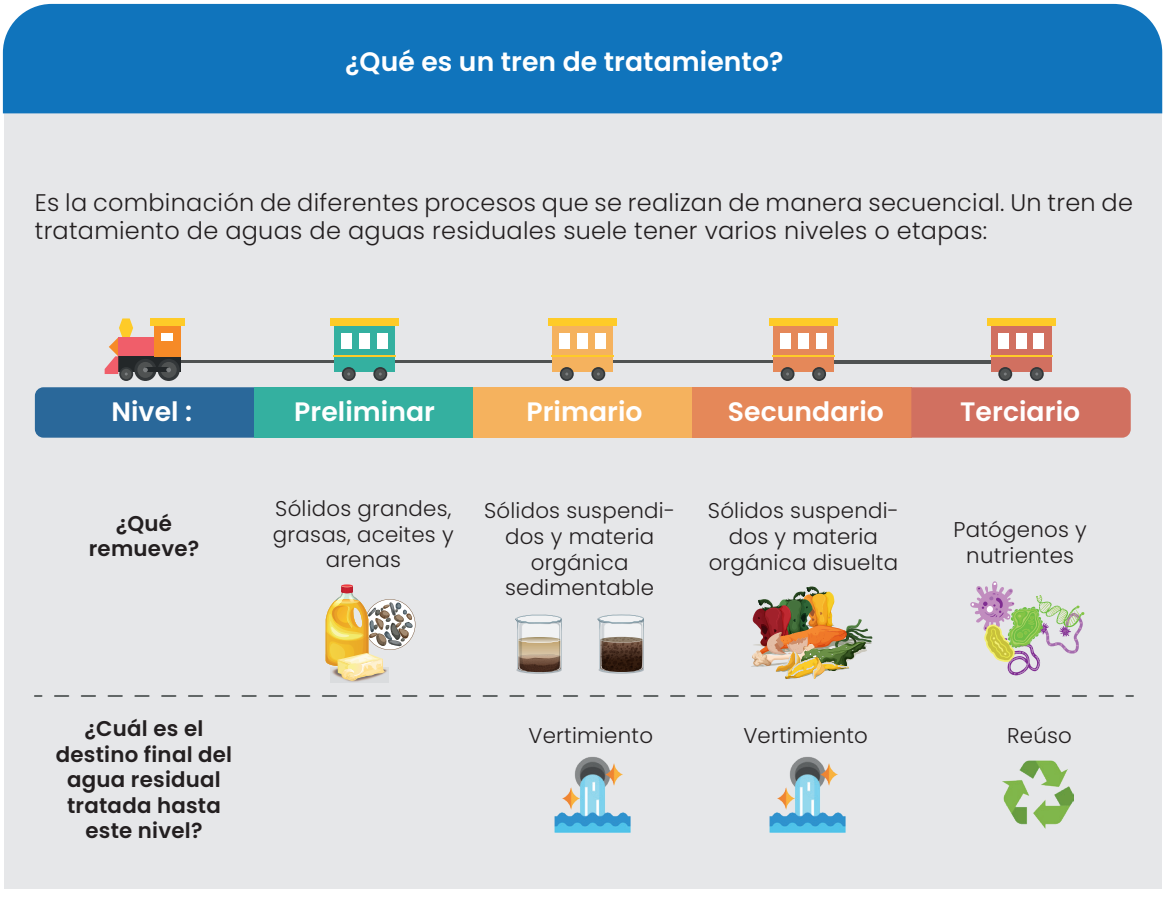
1. **Tratamiento Preliminar:** En esta primera etapa se eliminan los materiales más grandes y pesados, como plásticos y restos sólidos, que podrían dañar los equipos o interferir con los procesos posteriores.

2. **Tratamiento Primario:** En esta etapa se eliminan las partículas grandes y los sólidos visibles del agua, como restos de comida y arena, mediante sedimentación y otros métodos.

3. **Tratamiento Secundario:** En esta etapa se eliminan los contaminantes más pequeños y la materia orgánica disuelta que no se eliminó en el tratamiento primario. Se utilizan microorganismos, como bacterias, para descomponer estos contaminantes. Aunque el agua puede no estar completamente limpia después de esta etapa, generalmente puede ser vertida en los ríos sin causar daños significativos.

4. **Tratamiento Terciario:** Esta etapa adicional se enfoca en eliminar los últimos rastros de contaminantes, como nutrientes o microorganismos patógenos. Permite que el agua sea devuelta a los ecosistemas acuáticos o reutilizada para fines agrícolas o industriales.

Figura 6. *El tren de tratamiento de aguas residuales domésticas*



03 El tratamiento de aguas residuales en nuestra comunidad

¿Cuál es la situación en nuestra comunidad?

En la actualidad, en Miradores de la UIS, El Porvenir - Los Cuadros y Los Santos Bajo, viven aproximadamente 5,100 personas que enfrentan una situación cada vez más crítica con respecto al manejo de las aguas residuales[1]. La proyección realizada por este proyecto indica que para el 2048 la población en nuestras comunidades podría alcanzar un total de 13,592 personas. En Los Santos Bajo seremos 4,012 habitantes. Esto plantea desafíos significativos para la infraestructura existente, especialmente en lo que respecta al manejo de las aguas residuales. Con el crecimiento demográfico, la cantidad de aguas residuales también aumenta, lo que sobrecarga un sistema de alcantarillado artesanal que ya ha quedado obsoleto.

Afortunadamente, las encuestas realizadas en 2024 por el equipo de la Universidad Industrial de Santander (UIS) reflejan un alto nivel de conciencia entre los residentes sobre estos problemas. El 74% de las personas encuestadas en estas tres comunidades reconocieron que existe un problema con el manejo de las aguas residuales. La percepción del problema varía según la ubicación en la ladera: en nuestra comunidad, ubicada a orillas del río Suratá, el 87% de los residentes está consciente de los problemas; en El Porvernir y los Cuadros, el 73%, y en Miradores de la UIS, el 68% (ver Figura 7).

Fotografía 2. *Aplicación de las encuestas en nuestras comunidades*



[1] En este proyecto se calculó que en Miradores de la UIS viven aproximadamente 2,160 personas, en El Porvenir – Los Cuadros 1,740 personas, y en Los Santos bajo 1,200 personas. Este dato de obtuvo de la multiplicación del número de viviendas por la densidad poblacional.

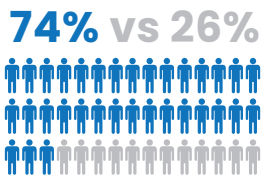
La gravedad del problema aumenta a medida que se desciende por la ladera. Los residentes de Los Santos Bajo, al estar más cerca del río, experimentamos de manera más aguda los efectos negativos del mal manejo de las aguas residuales, como la contaminación del agua y los riesgos para la salud.

Dado el impacto positivo del tratamiento de aguas residuales en nuestra salud y el entorno, es comprensible que casi la totalidad de nuestros vecinos - el 94%- haya apoyado la construcción de una planta de tratamiento en nuestro territorio. Este respaldo subraya la importancia de contar con infraestructuras adecuadas para garantizar un manejo efectivo de nuestras aguas residuales.

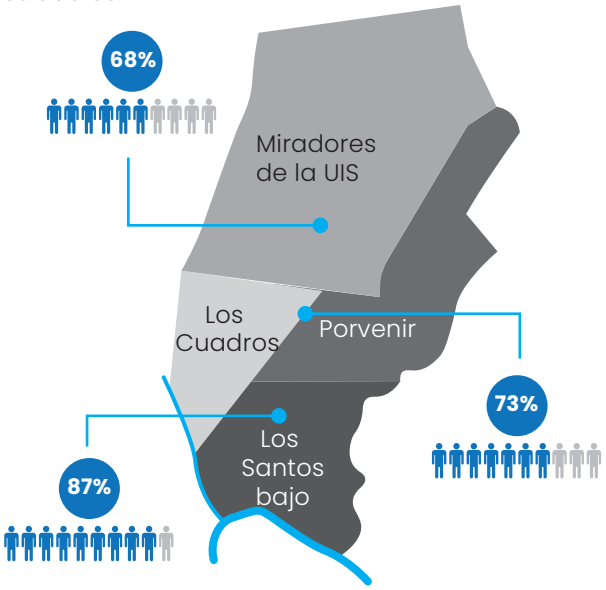
Figura 7. *Percepción de nuestras comunidades sobre el problema de las aguas residuales*

¿Qué piensan nuestras comunidades sobre el problema de las aguas residuales?

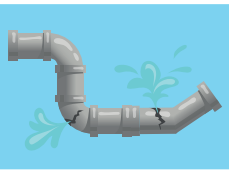
Más del 70% de los habitantes consideramos que en nuestras comunidades hay problemas con el manejo de aguas residuales.



A medida que las comunidades están más cerca del río aumenta la cantidad de personasque reconocen las existencia de problemas con las aguas residuales.



Los principales problemas son:



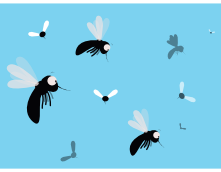
Infraestructura de alcantarillado insuficiente



Residuos sólidos taponan cañerías

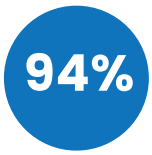


Malos olores



Problemas de salud pública

La mayoría de las personas consideramos que es importante realizar tratamiento de aguas residuales.



Todos los datos provienen de las encuestas realizadas por el proyecto en los años 2023 y 2024.

¿Cuáles son los principales problemas en nuestra comunidad?

En nuestra comunidad, los problemas relacionados con el manejo de las aguas residuales son evidentes y afectan gravemente nuestra vida cotidiana, el bienestar de la comunidad y la calidad del agua en los ríos. Los principales problemas identificados por nuestra comunidad son:

1. **Infraestructura Insuficiente:** el sistema de alcantarillado artesanal con el que contamos es inadecuado para satisfacer nuestras necesidades actuales. Esta deficiencia provoca frecuentes fracturas en las tuberías, dificultando el correcto manejo de las aguas residuales. Además, algunas personas señalaron específicamente que les parece problemático que el sistema de alcantarillado no esté conectado a ninguna planta de tratamiento, por lo que se vierten las aguas residuales directamente al río Suratá.

2. **Prácticas Inadecuadas:** la costumbre de disponer todo tipo de desechos en el sistema de alcantarillado contribuye a taponamientos, fugas y desbordamientos, agravando aún más los problemas de saneamiento.

3. **Malos Olores:** los malos olores emanados de las aguas residuales afectan tanto el ambiente comunitario como el interior de nuestras viviendas, repercutiendo negativamente en la calidad de vida y bienestar. Esto genera un ambiente de contaminación que perjudica el bienestar de la comunidad. Este problema se agrava con la existencia de criaderos de marranos y otros animales en nuestra comunidad los cuales no tienen condiciones aptas de manejo de olores ni de las aguas residuales que estas fincas generan.

4. **Problemas de Salud Pública:** la mala gestión de las aguas residuales tiene serias implicaciones para la salud, especialmente para los niños y adultos mayores, que son más vulnerables a enfermedades. Además de la contaminación del agua que es un claro riesgo para la salud en nuestra comunidad, la proliferación de zancudos aumenta la probabilidad de contraer enfermedades como el dengue, que es muy común en nuestra comunidad.

Dada la magnitud de estos problemas, es evidente que la gran mayoría de los residentes, un 94%, considera fundamental implementar un tratamiento adecuado de las aguas residuales para mejorar las condiciones de vida y proteger la salud pública.

04 Proceso de selección participativa

¿Cómo lo hicimos?

Para abordar los desafíos asociados con el tratamiento de aguas residuales en Los Santos Bajo y las demás comunidades participantes, la Universidad Industrial de Santander (UIS) y el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (amb) han desarrollado junto con un grupo motor de nuestra comunidad un proceso para seleccionar la tecnología más adecuada. Por su enfoque colaborativo, este proceso involucró tanto a técnicos como a los habitantes locales, con el objetivo de identificar trenes de tratamiento descentralizados que se ajusten a nuestras condiciones, capacidades y necesidades.

Fotografía 3. *Taller formativo sobre tecnologías de tratamiento del agua residual*



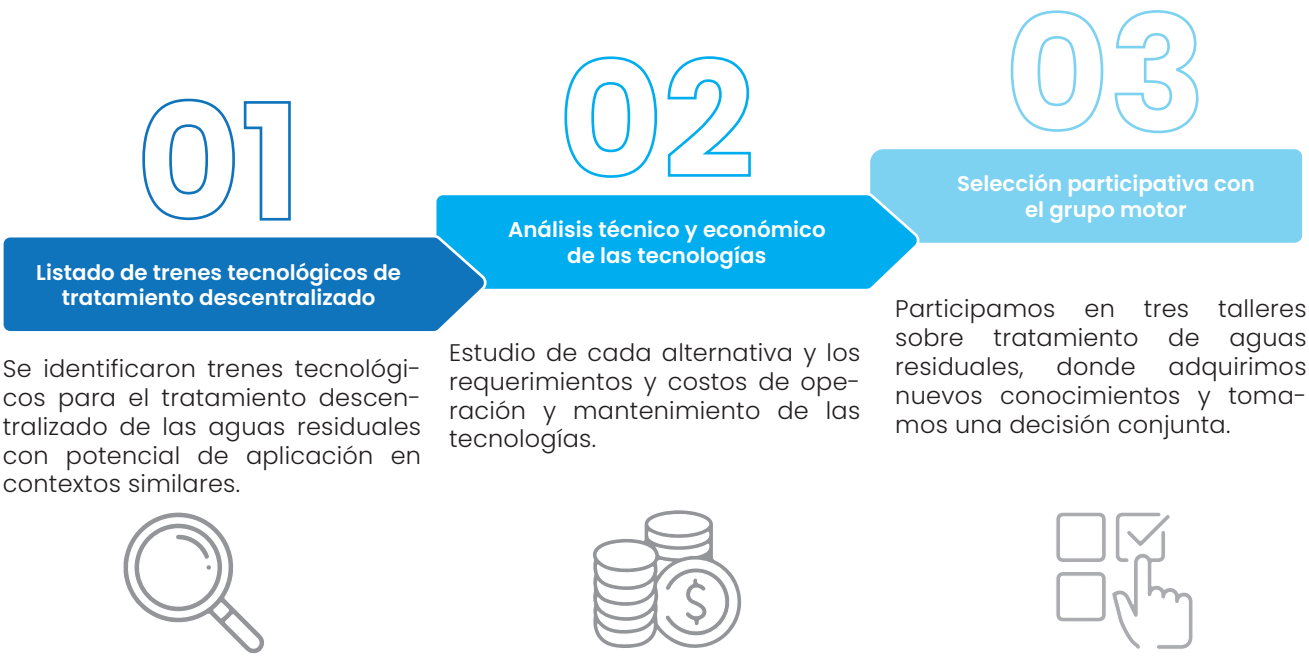
El proceso de selección estuvo dividido en tres etapas clave:

1. **Listado de Tecnologías:** en la primera etapa, el equipo técnico del proyecto, realizó un proceso en el que identificó trenes tecnológicos que potencialmente pueden ser aplicables en el contexto de la comunidad de Los Santos Bajo. Esta identificación se determinó teniendo en cuenta nuestro tamaño, el área disponible, la disponibilidad de energía, así como una serie de criterios ambientales, técnicos y económicos.

2. **Análisis Técnico y Económico:** la segunda etapa consistió en un análisis técnico y económico de los trenes tecnológicos identificados. Se evaluaron aspectos esenciales como el área requerida para cada sistema, así como los costos de operación y mantenimiento. Este análisis tuvo en cuenta las capacidades económicas de nuestra población, asegurando que las opciones seleccionadas sean viables tanto técnica como financieramente.

3. **Selección Participativa:** en esta etapa, los miembros de la comunidad recibimos capacitación a través de tres talleres sobre el tratamiento de aguas residuales, donde aprendimos los aspectos técnicos y operativos. Posteriormente, nos reunimos para tomar una decisión colectiva. Definimos criterios importantes para la selección, como el impacto ambiental y el costo de mantenimiento, y asignamos pesos a estos criterios. Luego, evaluamos cada tren tecnológico según estos criterios, realizamos votaciones y debatimos sobre cuál opción era la más adecuada para nuestro contexto.

Figura 8. *¿Cómo fue el proceso de selección de un tren de tratamiento descentralizado de aguas residuales?*



Fotografía 4. *Taller de selección participativa*

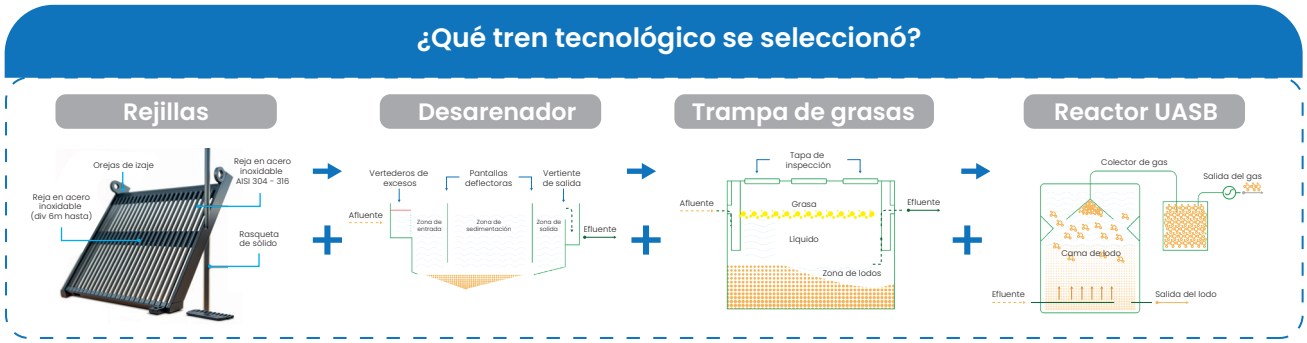
Este proceso participativo no solo nos permitió elegir una tecnología que se ajusta a nuestras necesidades específicas, sino que también fortaleció la colaboración y el compromiso entre los técnicos y la comunidad. La participación activa de los residentes en la toma de decisiones asegura que la solución adoptada sea la más adecuada para mejorar el manejo de las aguas residuales en nuestras comunidades.



05 ¿Cuál fue el resultado?

El proceso de selección participativa ha llevado a la elección de un sistema de tratamiento de aguas residuales que se considera el más adecuado para nuestra comunidad. Este tren fue seleccionado entre otros tres alternativas, ver anexo.

Figura 9. *Tren tecnológico seleccionado*



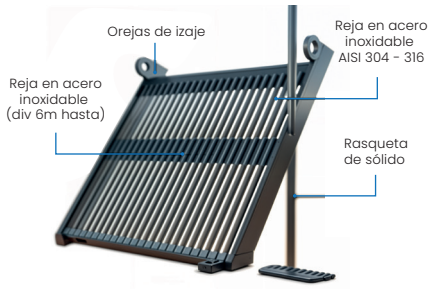
Potenciales impactos en el entorno	Asequibilidad	Facilidad de operación y mantenimiento	Calidad del agua tratada
• **Ruido** Bajo • **Olores** Medio • **Impacto visual** Bajo	**Inversión Inicial** $1,100'000,000 **Operación y mantenimiento por vivienda (mensual)** $7,700	Personal con conocimiento técnico	• **Sólidos suspendidos** Bajo • **Materia orgánica** Media • **Microorganismos patógenos** Alta

Permite vertimiento

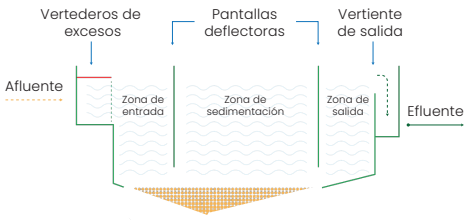
El destino final del agua residual tratada es el vertimiento

El sistema elegido incluye varios componentes claves, que son:

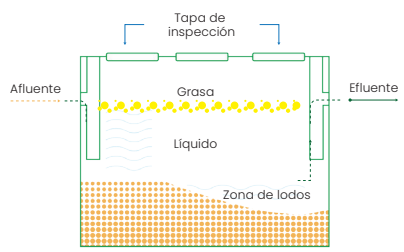
- **Rejillas:** las rejillas son estructuras con barras o paneles espaciados que permiten el paso del agua, pero retienen los sólidos de mayor tamaño que podrían obstruir o dañar los equipos y procesos posteriores.

Rejilla	Nivel de tratamiento	Principales contaminantes removidos
	Preliminar	Remoción de sólidos de gran tamaño
Descripción general del funcionamiento		
El agua residual fluye y los sólidos grandes quedan atrapados en la superficie, formando una capa		

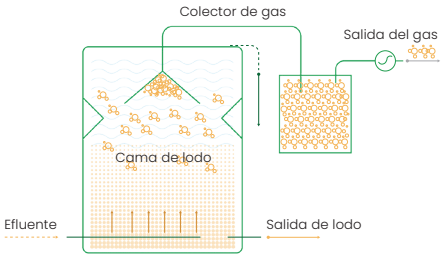
- **Desarenador:** es una unidad de tratamiento cuya función es separar los sedimentos más pesados, como arena y grava, del agua residual antes de que ingrese a las etapas posteriores de tratamiento.

Desarenador	Nivel de tratamiento	Principales contaminantes removidos
	Preliminar	Remoción de arenas y grava
Descripción general del funcionamiento		
El agua ingresa y fluye más lento, permitiendo que las partículas más pesadas se depositen en el fondo.		

- **Trampa de grasas:** es una unidad de tratamiento preliminar utilizado para retener grasas, aceites y sólidos grasos presentes en las aguas residuales antes de que ingresen al sistema de tratamiento. Este dispositivo evita obstrucciones en las tuberías y problemas ambientales al separar las grasas del agua mediante la flotación.

Trampa de grasas	Nivel de tratamiento	Principales contaminantes removidos
	Preliminar	Remoción de aceites y grasas
Descripción general del funcionamiento		
El flujo se hace más lento, lo que permite que las grasas y aceites más livianos floten.		

- **Reactor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket):** es una unidad de tratamiento biológico de aguas residuales que utiliza bacterias para descomponer la materia orgánica en ausencia de oxígeno.

Rejilla	Nivel de tratamiento	Principales contaminantes removidos
	 Primario	Sólidos suspendidos y materia orgánica
	Descripción general del funcionamiento	
	El agua residual fluye hacia afuera desde el fondo del reactor y entra en contacto con lodo que tiene bacterias que consumen materia orgánica	

Los componentes del tren tecnológico escogido trabajan en conjunto para asegurar un tratamiento eficiente y completo del agua residual. El sistema se distingue por su bajo impacto visual y presenta un riesgo medio de generación de olores y ruidos, lo cual lo hace adecuado para el entorno de nuestra comunidad.

En cuanto a los costos, la inversión inicial para construir este sistema se estima en aproximadamente mil cien millones de pesos ($1100,000,000). Cabe destacar que esta inversión sería cubierta por una institución y no por la comunidad. Además, los gastos mensuales de operación y mantenimiento son de aproximadamente siete mil setecientos pesos ($7,700) por vivienda, lo que hace que el sistema sea una opción económicamente viable a largo plazo.

El sistema requiere personal técnico capacitado para su operación, pero no involucra el manejo de productos químicos, lo que reduce los riesgos y simplifica el mantenimiento. Gracias a su diseño, el tren de tratamiento asegura una remoción efectiva de contaminantes, garantizando que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad necesarios para ser vertida a los ecosistemas acuáticos sin causarles daño.

06 Conclusiones y **retos futuros**

El proceso participativo de selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales en nuestra comunidad ha demostrado ser un enfoque eficaz para encontrar soluciones adaptadas a nuestras necesidades y capacidades. A través de la colaboración entre técnicos y residentes, hemos logrado identificar un sistema de tratamiento que combina eficiencia y viabilidad económica. Algunos aspectos destacados de este proceso son los siguientes:

1. **Selección de Tecnología Adecuada:** El sistema elegido incluye componentes clave como rejillas, un desarenador, una trampa de grasas y un reactor UASB. Esta combinación asegura un tratamiento integral y eficiente del agua residual, minimizando el impacto ambiental y mejorando la calidad del agua.

2. **Viabilidad Económica:** La inversión inicial estimada y los costos mensuales de operación y mantenimiento hacen que el tren elegido sea económicamente viable a largo plazo. Para que esto sea posible debemos buscar alianzas con instituciones que asuman los costos de construcción y disminuyan los costos de operación y mantenimiento.

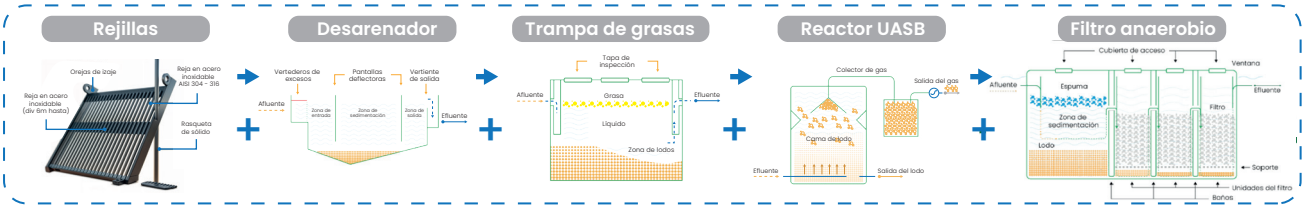
3. **Impacto Positivo en la Comunidad:** El sistema seleccionado presenta un bajo impacto visual y un riesgo moderado de generación de olores y ruidos, lo que lo hace adecuado para nuestro entorno. La capacitación de los miembros de la comunidad y la inclusión de tecnologías que no requieren el manejo de productos químicos aseguran un mantenimiento sencillo y seguro.

Para evaluar el rendimiento del sistema seleccionado y confirmar la efectividad del proceso de selección, se planea construir un prototipo portátil a pequeña escala, conocido como **"piloto"**. Este piloto se instalará en una de las comunidades participantes y se encargará de tratar una pequeña parte del agua residual local. El equipo de la UIS, junto con miembros de la comunidad, operará y mantendrá el sistema, sin requerir apoyo económico adicional de las comunidades. Este enfoque nos permitirá empezar a abordar los problemas actuales de manejo de aguas residuales, sino también sentar las bases para futuras mejoras y asegurar una gestión sostenible y efectiva del agua en nuestras comunidades.

Anexo

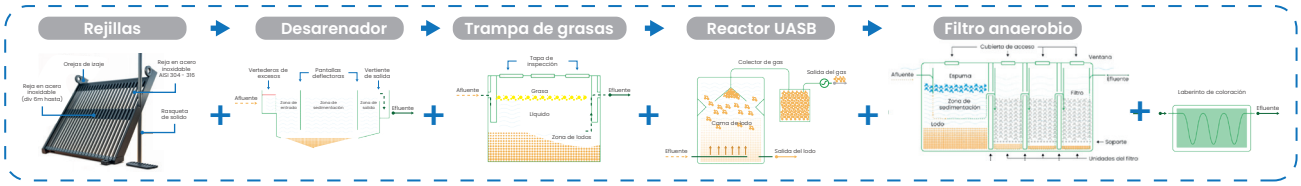
Trenes planteados para la toma de decisiones participativa.

TREN DE TRATAMIENTO OPCIÓN NO. 2
Tratamiento preliminar + Reactor UASB + FAFA



Potenciales impactos en el entorno	Asequibilidad	Facilidad de operación y mantenimiento	Calidad del agua tratada
• **Ruido** Bajo • **Olores** Medio • **Impacto visual** Bajo	**Inversión Inicial** $2561,000,000 **Operación y mantenimiento por vivienda (mensual)** $8,100	Personal con conocimiento técnico	• **Sólidos suspendidos** Baja • **Materia orgánica** Baja • **Microorganismos patógenos** Alta

TREN DE TRATAMIENTO OPCIÓN NO. 4
Tratamiento preliminar + Reactor UASB + FAFA + Cloración



Potenciales impactos en el entorno	Asequibilidad	Facilidad de operación y mantenimiento	Calidad del agua tratada
• **Ruido** Bajo • **Olores** Medio • **Impacto visual** Bajo	**Inversión Inicial** $2634,000,000 **Operación y mantenimiento por vivienda (mensual)** $10,400	Personal con conocimiento técnico Manipulación de insumos químicos	• **Sólidos suspendidos** Baja • **Materia orgánica** Baja • **Microorganismos patógenos** Baja