

**GUÍA PARA EL
TRATAMIENTO TERCIARIO
DE AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS** *en zonas
de interés hidrogeológico*



GUÍA PARA EL TRATAMIENTO TERCIARIO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS *en zonas de interés hidrogeológico*

Universidad de Antioquia

John Jairo Arboleda Céspedes
Rector

Julio César Saldarriaga Molina
Decano Facultad de Ingeniería

Teresita Betancur Vargas
Profesora Titular-Directora del Proyecto

Darío Naranjo Fernández
Asesor en Tratamiento de Aguas Residuales

Catalina González Mazo
Ingeniera Sanitaria

Juliana Ossa Valencia
Profesional en Hidrogeología

Keren Avendaño Mejía
Estudiante Auxiliar de Ingeniería

CORPOCALDAS

Juan David Arango Gartner
Director General

Adriana Mercedes Martínez Gómez
Subdirectora Evaluación y Seguimiento Ambiental

Claudia Marcela Cardona Mejía
Subdirectora Planificación Ambiental del Territorio

Juan Carlos Bastidas Tulcán
Coordinador Grupo Recurso Hídrico

Paola Alejandra Vásquez Cardona
Supervisora del convenio

Agradecimientos

A todas las personas e instituciones que facilitaron la toma de muestras de aguas residuales y participaron de las encuestas para la realización del proyecto

Muchas gracias

INTRODUCCIÓN

Dentro del ciclo hidrológico el agua alcanza el dominio subterráneo mediante la recarga; la existencia continua de este proceso a través del tiempo ha ocasionado la acumulación de grandes volúmenes de agua en el subsuelo. A escala global más del 96% del agua líquida dulce que hay en el planeta es agua subterránea.

Las características de calidad del agua en un acuífero están determinadas por las condiciones naturales del medio (según la composición mineralógica de las rocas que interactúan con el agua). Además, los sistemas subterráneos son susceptibles de ser adversamente afectados por la presencia de fuentes contaminantes dispuestas por el hombre. En este orden de ideas, las zonas de recarga y las zonas más vulnerables deben ser especialmente cuidadas para proteger el recurso hídrico subterráneo.

Las actividades de desarrollo urbano que involucran la disposición y manejo de las Aguas Residuales Domésticas -ARD- re-



presentan una potencial fuente de contaminación a las aguas subterráneas; si su disposición no se hace de manera adecuada se puede generar la presencia de sustancias perjudiciales para la salud humana y el ambiente: nitratos (NO_3^-), fosfatos (PO_4^{3-}), microorganismos patógenos (presentes en las heces fecales), contaminantes orgánicos y metales pesados.

En las áreas rurales, donde se asienta la población de manera dispersa, los sistemas de disposición de las aguas residuales suelen obedecer a soluciones individuales. En estas circunstancias los vertimientos al suelo, sobre zonas de recarga o en áreas de vulnerabilidad del acuífero están prohibidos, por tanto, se requiere implementar sistemas de tratamiento antes de la disposición final.

¿QUÉ ES EL AGUA RESIDUAL?

Es cualquier tipo de agua que ha sido utilizada en actividades humanas y que se originan por actividades domésticas, industriales o urbanas. Estas aguas pueden contener impurezas, productos químicos y otros contaminantes que son tóxicos, potencialmente mutagénicos o cancerígenos, perjudiciales para la salud pública y el medio ambiente; además de numerosos microorganismos patógenos que habitan en el tracto intestinal humano. Por estas razones, la eliminación inmediata de las aguas residuales de las fuentes de generación, seguida de su tratamiento, reutilización y/o disposición es necesaria para evitar la contaminación del medio ambiente y proteger la salud pública.

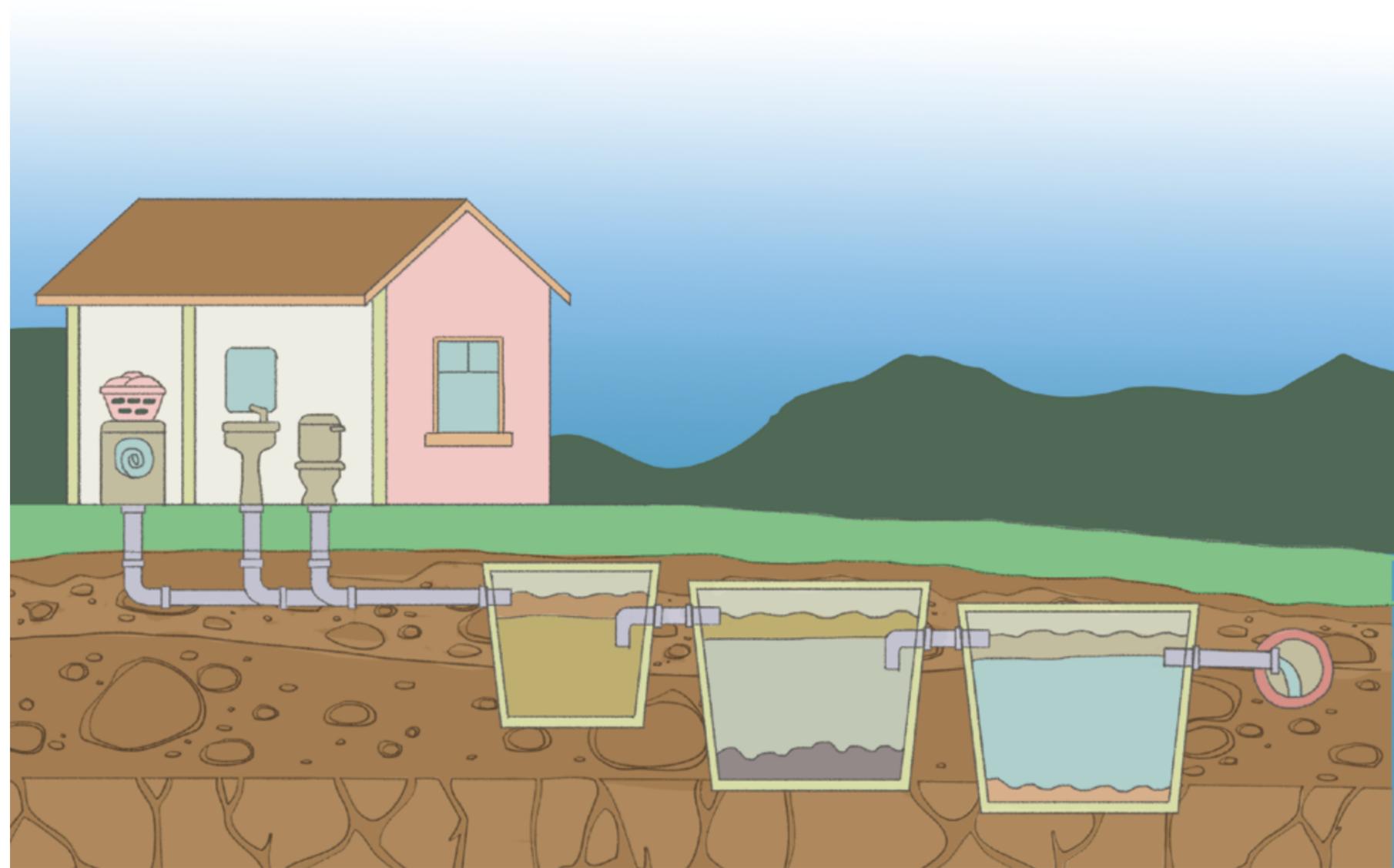
Las aguas residuales domésticas (ARD) son un tipo de agua residual que se genera en los hogares. Estas aguas residuales provienen de actividades diarias tales como duchas, lavado de ropa, cocina (denominadas aguas grises) y sanitarios (aguas negras). Las ARD también pueden contener productos químicos y contaminantes generados, por ejemplo, en actividades de limpieza.



¿DÓNDE SE DISPONEN LAS ARD?

La disposición del agua residual depende de la ubicación del punto de generación y de la disponibilidad de recursos. Para el caso de las ARD producidas en viviendas rurales, generalmente su tratamiento se realiza en la misma área de la vivienda y el ARD tratada se dispone en cuerpos hídricos superficiales o se infiltra en el suelo. En esta última alternativa es necesaria la construcción de sistemas enterrados de absorción, con el fin de distribuir el agua permitiendo su infiltración.

Otro modo de disponer las ARD tratadas es mediante el riego de cultivos y para otros fines agrícolas, ya que contienen nutrientes importantes para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, es necesario destacar que este método debe realizarse bajo estrictas regulaciones ya que el



Decreto 050 de 2018 y el Decreto 1076 de 2015 no admiten vertimientos al suelo en zonas de recarga de acuíferos, para garantizar que no se afecte la calidad de las aguas subterráneas.

Otra alternativa para disponer las ARD tratadas es mediante la descarga en cuerpos de agua superficial, como ríos y lagos; no obstante, la Autoridad Ambiental solo permite la descarga controlada de ARD tratadas en cuerpos de agua superficiales siempre y cuando se cumplan lo establecido por la Resolución 0631 de 2015.

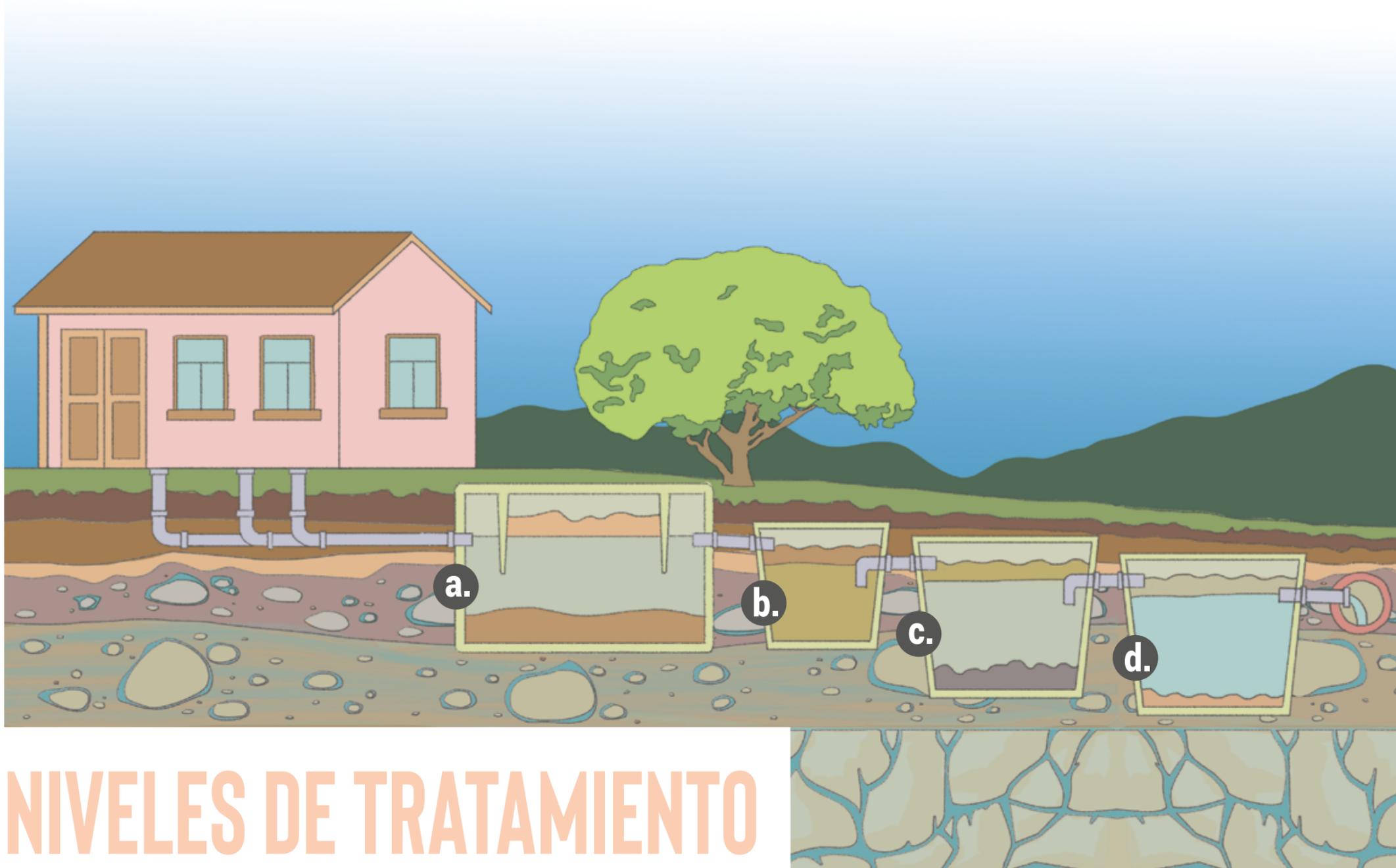


AGUAS SUBTERRÁNEAS

ZONAS DE INTERÉS HIDROGEOLOGÍCO

El agua subterránea es aquella que se encuentra por debajo del lecho de los ríos, del fondo marino y de suelo; se almacena y fluye a través de los poros de las rocas de la corteza terrestre; afloran naturalmente en un manantial o pueden extraerse y ser aprovechadas para satisfacer necesidades del hombre a través de obras hidráulicas, tales como aljibes, pozos, galerías o zanjas. El agua subterránea mantiene el nivel de las fuentes superficiales en épocas de sequía y el equilibrio de humedad en el suelo para sostener los ecosistemas terrestres.

Las zonas de interés hidrogeológico corresponden a las zonas estratégicas para la protección de las aguas subterráneas y la prevención y reducción de los riesgos que puedan afectarlas. De acuerdo con el modelo hidrogeológico conceptual estas zonas pueden comprender: zonas de recarga, priorizadas según nivel de importancia que determine la Autoridad Ambiental; zonas de interacción de aguas superficiales y aguas subterráneas, las áreas donde existen ecosistemas interdependientes con el recurso hídrico subterráneo; y zonas de vulnerabilidad intrínseca, extrema y alta a la contaminación.



NIVELES DE TRATAMIENTO

El tratamiento de las ARD se clasifica en cuatro categorías:

a. Preliminar

Elimina materiales suspendidos y flotantes de gran tamaño, remueve sólidos inorgánicos pesados y las cantidades excesivas de aceites y grasas.

b. Primario

Elimina materiales sedimentables o flotantes.

c. Secundario

Remueve materia orgánica soluble y coloidal, además elimina sólidos suspendidos que no se removieron en el sistema primario.

d. Terciario

Remueve nutrientes como nitrógeno, fósforo y remanentes de sólidos suspendidos (incluyendo DBO_5).

Tecnologías más usadas

Trampa de grasas, rejillas de cribado, tamices

Tanques sépticos, sedimentadores

Lodos activados, biofiltros, filtro anaerobio de flujo ascendente

Humedales construidos, filtros verdes, filtros intermitentes

SISTEMAS DE TRATAMIENTO Terciario

que pueden ser aplicados como solución individual a la contaminación de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas son un recurso vital para garantizar el suministro de agua potable y preservar los ecosistemas acuático y terrestres.. Para salvaguardar su integridad, resulta imprescindible reconocer y gestionar de manera adecuada las áreas de especial interés hidrogeológico, incluyendo las zonas de recarga y aquellas altamente susceptibles a la contaminación. En este sentido, la normativa colombiana establece restricciones para la protección de estas zonas.

De acuerdo con el Decreto 050 de 2018 (MADS, 2018), no se admiten vertimientos al suelo en zonas de recarga alta de acuífe-

ros; por otro lado, el Decreto 1076 de 2015 (MADS, 2015) en su artículo 2.2.3.2.20.1, establece que los cuerpos de agua Clase I, los cuales incluyen las aguas subterráneas, no admiten ningún tipo de vertimiento, y los de Clase II admiten vertimientos con algún tipo de tratamiento. Además, el artículo 2.2.3.3.4.3 del mismo Decreto prohíbe específicamente los vertimientos en acuíferos.

Teniendo esto en consideración, las tecnologías de tratamiento terciario cuya descarga de efluente sea al suelo en zonas de especial interés hidrogeológico, deben implementar la aplicación de alternativas con características de descarga cero como los tanques evaporativos y los filtros verdes de descarga cero. En casos en los que el efluente final es descargado a un cuerpo de agua superficial, se puede considerar implementar las alternativas de descarga cero o las demás alternativas consideradas en esta guía, con la intención de mitigar el impacto ambiental.

Se recomienda que a todas estas tecnologías no lleguen aguas lluvias desde la red de aguas residuales o directas. Para cumplir con esto, es necesario que la red de aguas

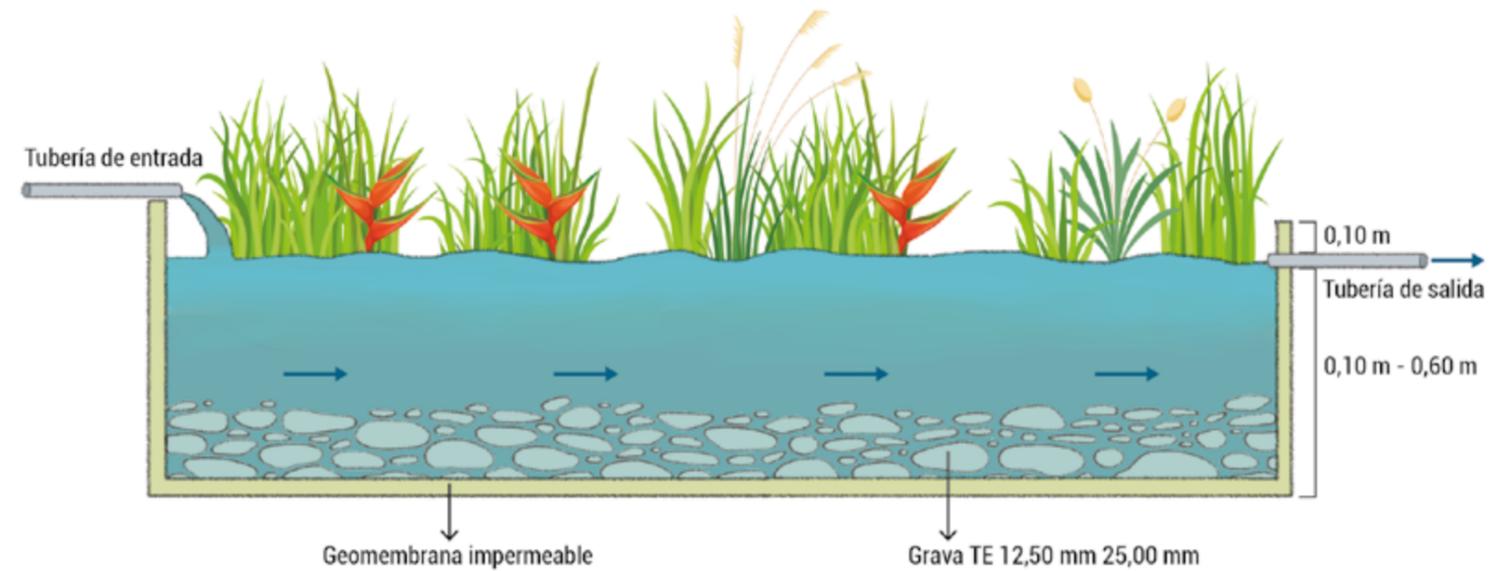
grises y negras se encuentre separada de la tubería de aguas lluvias y que el sistema pueda contar con techo para evitar el ingreso directo.

Finalmente, para las alternativas de tratamiento terciario que utilizan pasto vetiver, los restos obtenidos durante el mantenimiento, según Alegre (2007), pueden ser utilizados para compostaje, repelentes de insectos y controlador de plagas contra la malaria y dengue o si se trata de brotes tiernos pueden emplearse como forraje para alimentar al ganado, además de otras múltiples aplicaciones.

A continuación, se muestra la descripción de las alternativas de tratamiento terciario que pueden ser aplicadas como solución individual a la contaminación de las aguas subterráneas.

HUMEDAL CONSTRUIDO DE FLUJO SUPERFICIAL (HC-FS)

En este sistema el agua fluye horizontalmente sobre la superficie del suelo vegetal desde su punto de entrada hasta el punto de descarga. Estos humedales contienen plantas acuáticas cuyas raíces se encuentran en una capa de suelo en el fondo, permitiendo que el agua fluya a través de las hojas y tallos de las plantas. Además, los sistemas de humedales no generan biosólidos



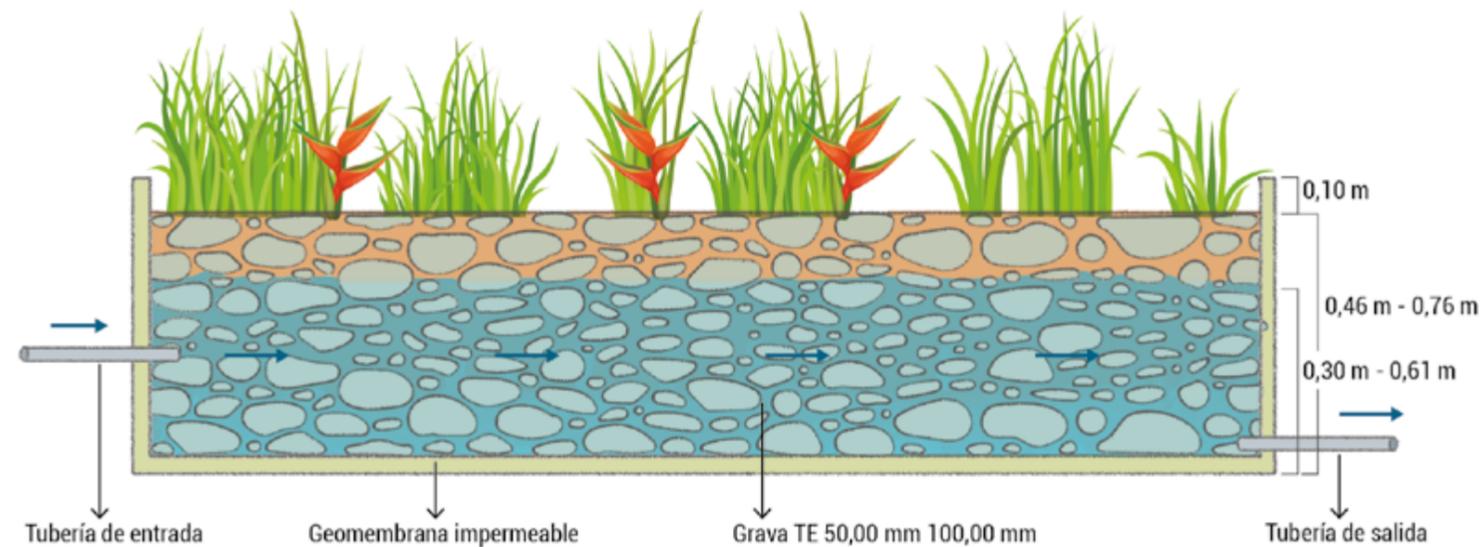
► Figura 1. Vista en perfil de un humedal construido de flujo superficial.

ni lodos residuales que necesiten ser tratados y desechados posteriormente (U.S. EPA. 2000).

Se recomienda utilizar una planta emergente como las siguientes: enea, papiro, pasto elefante morado, pasto vetiver o heliconias.

HUMEDAL CONTRUIDO DE LECHO SUMERGIDO Y FLUJO SUBSUPERFICIAL (HC-FSS)

Este sistema está compuesto por un lecho de medios, como roca triturada, piedras pequeñas, grava, arena o tierra, que ha sido plantado con vegetación acuática en la superficie. Cuando se diseña y opera correctamente, las aguas residuales se mantienen debajo de la superficie, fluyendo horizontalmente a través del medio de soporte en contacto con las raíces y rizomas de las plantas. Además, los sistemas de humedales



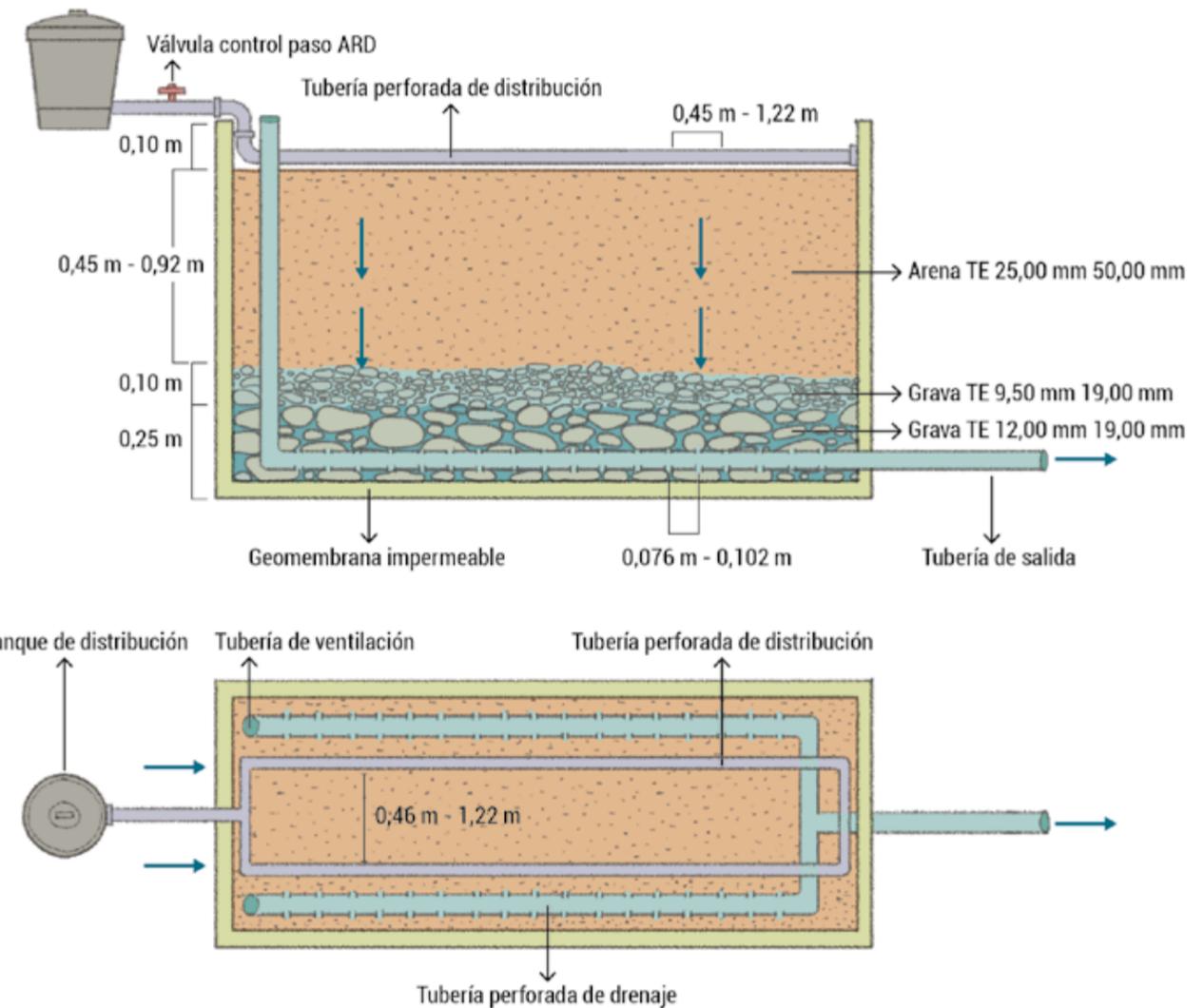
► Figura 2. Vista en perfil de un humedal construido de flujo subsuperficial.

no generan biosólidos ni lodos residuales que requieran ser tratados y desechados posteriormente (U.S. EPA. 2000b).

Algunas especies de plantas emergentes utilizadas en los humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial son: enea, bananito rojo, heliconias, pasto vetiver, entre otras.

3 FILTRO INTERMITENTE DE ARENA (FIA)

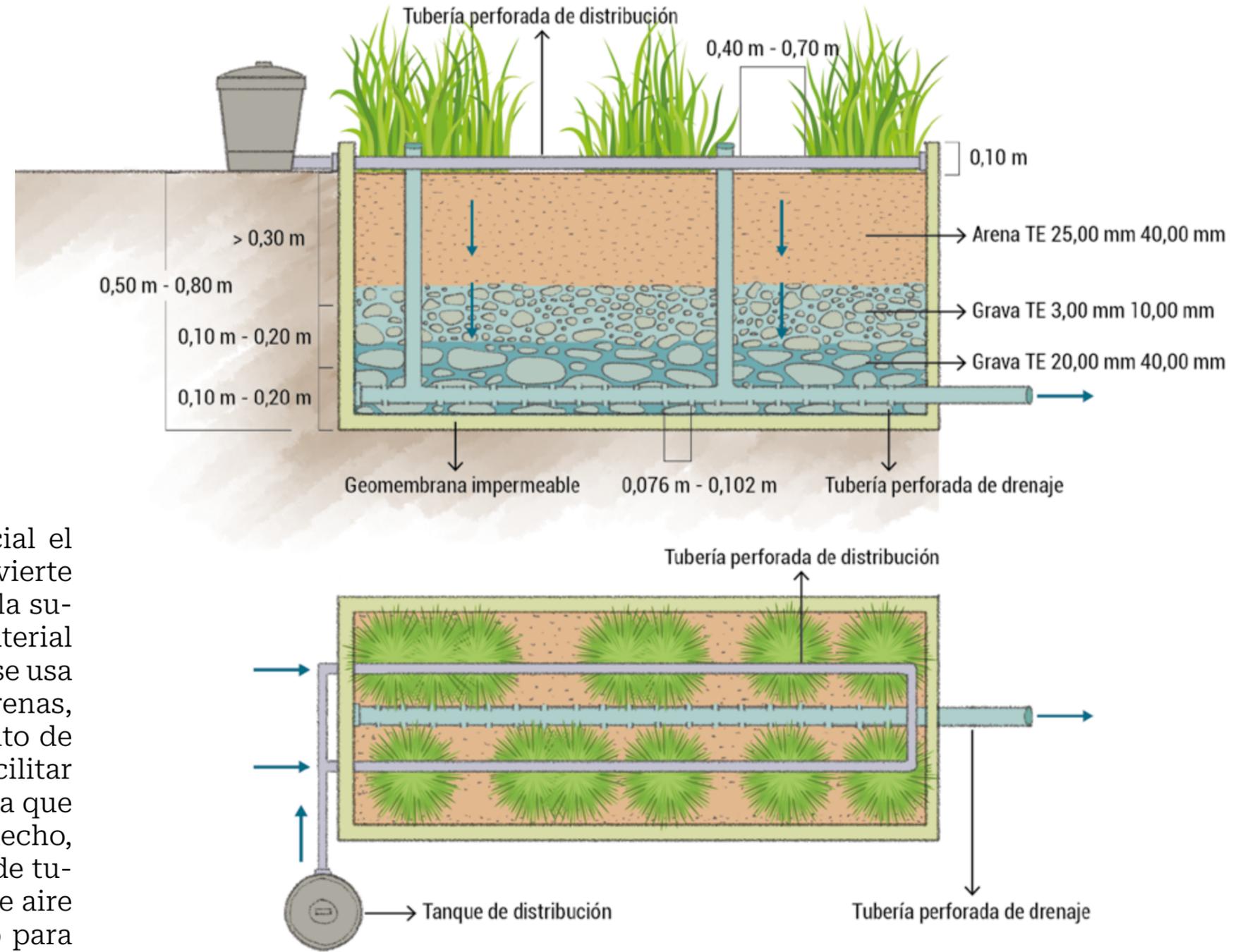
Los filtros intermitentes de arena tienen grava como material de soporte y arena como medio filtrante, siendo esta la más comúnmente utilizada; sin embargo, la antracita, residuos de minería, ceniza de fondo de incineradores, etc. también han sido usados. En el proceso, el efluente se dosifica de manera intermitente en la superficie del lecho, permitiendo que se percole a través del medio filtrante hasta llegar al fondo del filtro. Una vez recolectado en el desagüe inferior, el efluente tratado se dirige a una tubería para someterse a un tratamiento adicional o ser dispuesto de manera adecuada (U.S. EPA. 1999).



► Figura 3. Vista en perfil y en planta de filtro intermitente de arena.

4 FILTRO VERDE (FV)

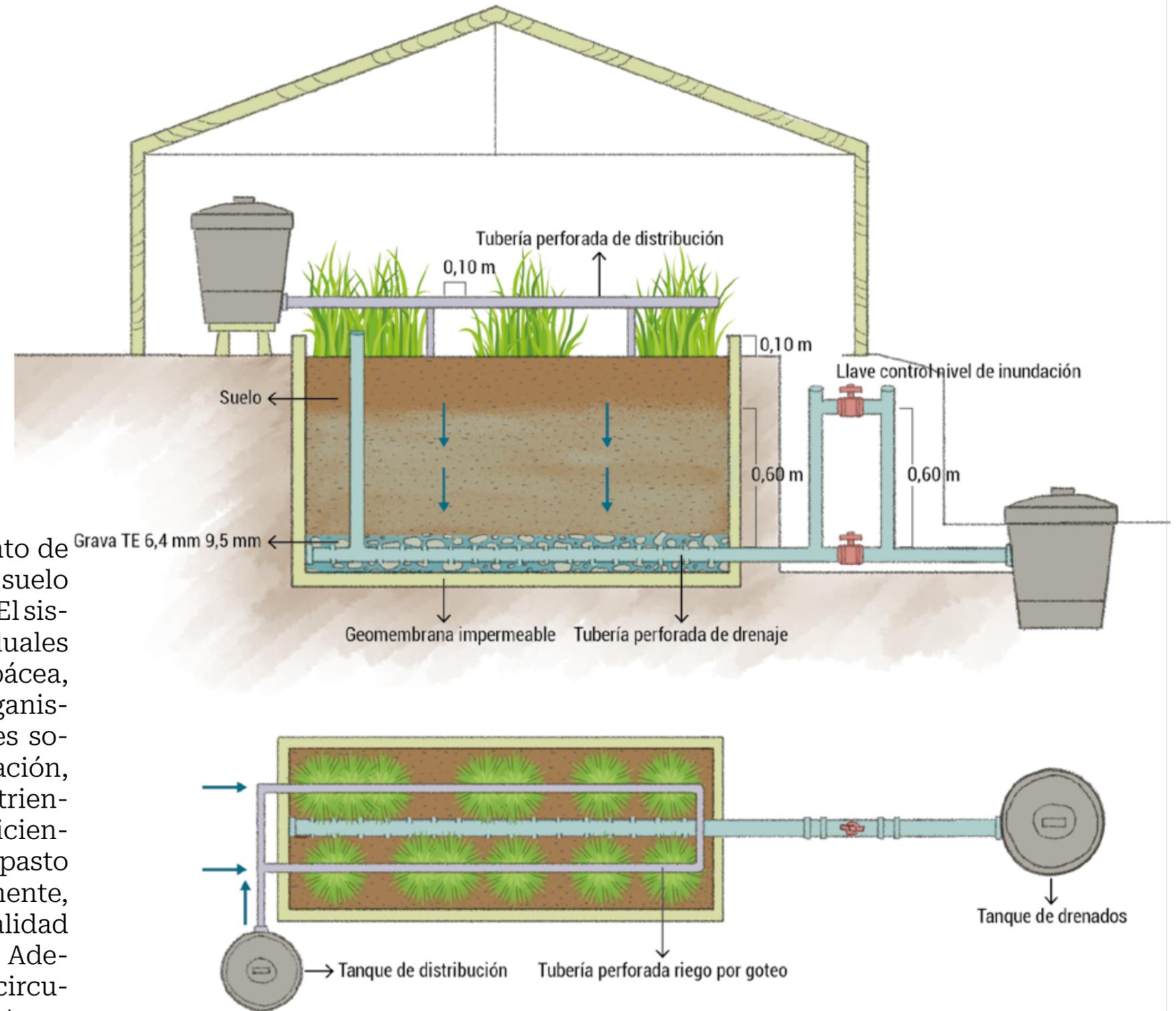
En estos filtros de flujo vertical subsuperficial el agua fluye de manera descendente. Esta se vierte y se distribuye homogéneamente sobre toda la superficie del lecho, percola y fluye entre el material filtrante de relleno. El material de relleno que se usa en los lechos es típicamente material inerte (arenas, gravas) que favorece la adhesión y crecimiento de biopelículas y, además, el medio sirve para facilitar el arraigo de las plantas y la filtración del agua que se trata. Una vez el agua percola a través del lecho, se recoge en el fondo y se evacúa por medio de tubería para permitir que el lecho se recargue de aire y el siguiente pulso tenga suficiente oxígeno para facilitar los procesos de degradación (Vidal y Hormazábal, 2018; García y Corzo, 2008). Por sus características y eficiencia en la remoción de nutrientes, se recomienda el uso de pasto vetiver como material vegetal absorbente.



► Figura 4. Vista en perfil y en planta de filtro verde.

FILTRO VERDE DE DESCARGA CERO (FV-DZ)

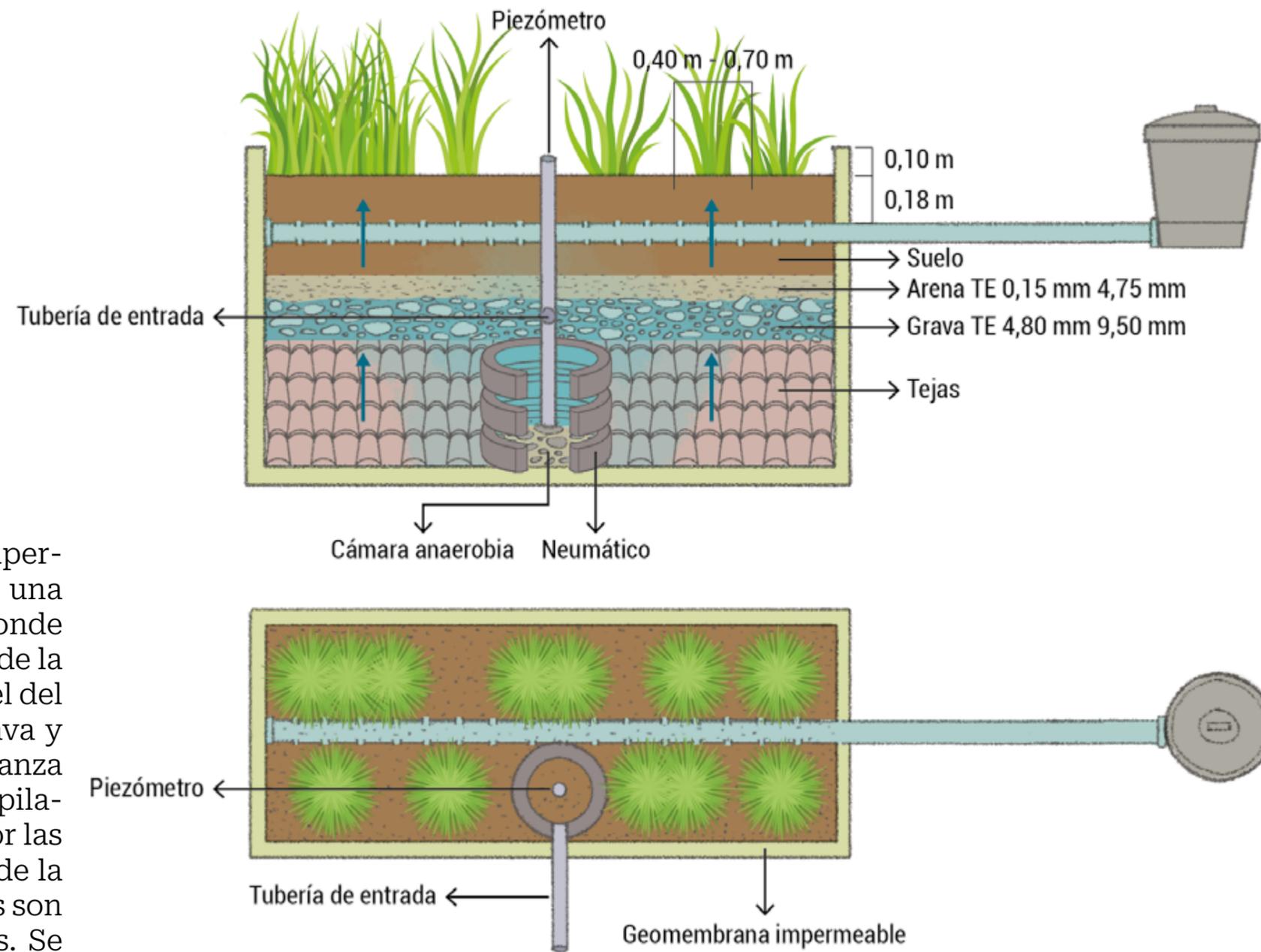
Los filtros verdes son un método de tratamiento de aguas residuales que utiliza la vegetación y el suelo para eliminar los contaminantes en el efluente. El sistema consiste en la aplicación de las aguas residuales a un área con vegetación, ya sea forestal o herbácea, para que el sistema suelo-vegetación-microorganismos degrade los contaminantes. El efluente es sometido a procesos de evapotranspiración, filtración, biodegradación, adsorción y captación de nutrientes por la vegetación. Para alcanzar buena eficiencia en estos procesos se recomienda el uso del pasto vetiver. Si el sistema está diseñado adecuadamente, el agua que sale del proceso debe tener una calidad que cumpla con los estándares establecidos. Además, si el efluente tratado es recolectado y recirculado sobre el filtro verde, se puede lograr un sistema “descarga cero” (Rodríguez et al., 2022).



► Figura 5. Vista en perfil y en planta de filtro verde de descarga cero.

FILTRO VERDE EVAPORATIVO DE FLUJO ASCENDENTE (FV-EFA)

Es un sistema de flujo vertical ascendente subsuperficial. El ARD ingresa en el sistema a través de una cámara de recepción en el fondo del tanque, donde se produce la digestión anaerobia (sin oxígeno) de la materia orgánica. A medida que aumenta el nivel del agua en el sistema, las capas superiores de grava y arena también se inundan, hasta que el agua alcanza la capa superior de suelo donde las fuerzas capilares, el viento y el calor, así como la absorción por las raíces de las plantas, eliminan el agua a través de la evapotranspiración, mientras que los nutrientes son eliminados por la incorporación de las plantas. Se recomienda el uso de pasto vetiver para estos procesos por su alta eficiencia en la remoción de nutrientes. Si se diseña adecuadamente, no se produce ningún efluente, excepto en casos de sobrecarga hidráulica severa (Paulo et al., 2019).



► Figura 6. Vista en perfil y en planta de filtro evaporativo de flujo ascendente.

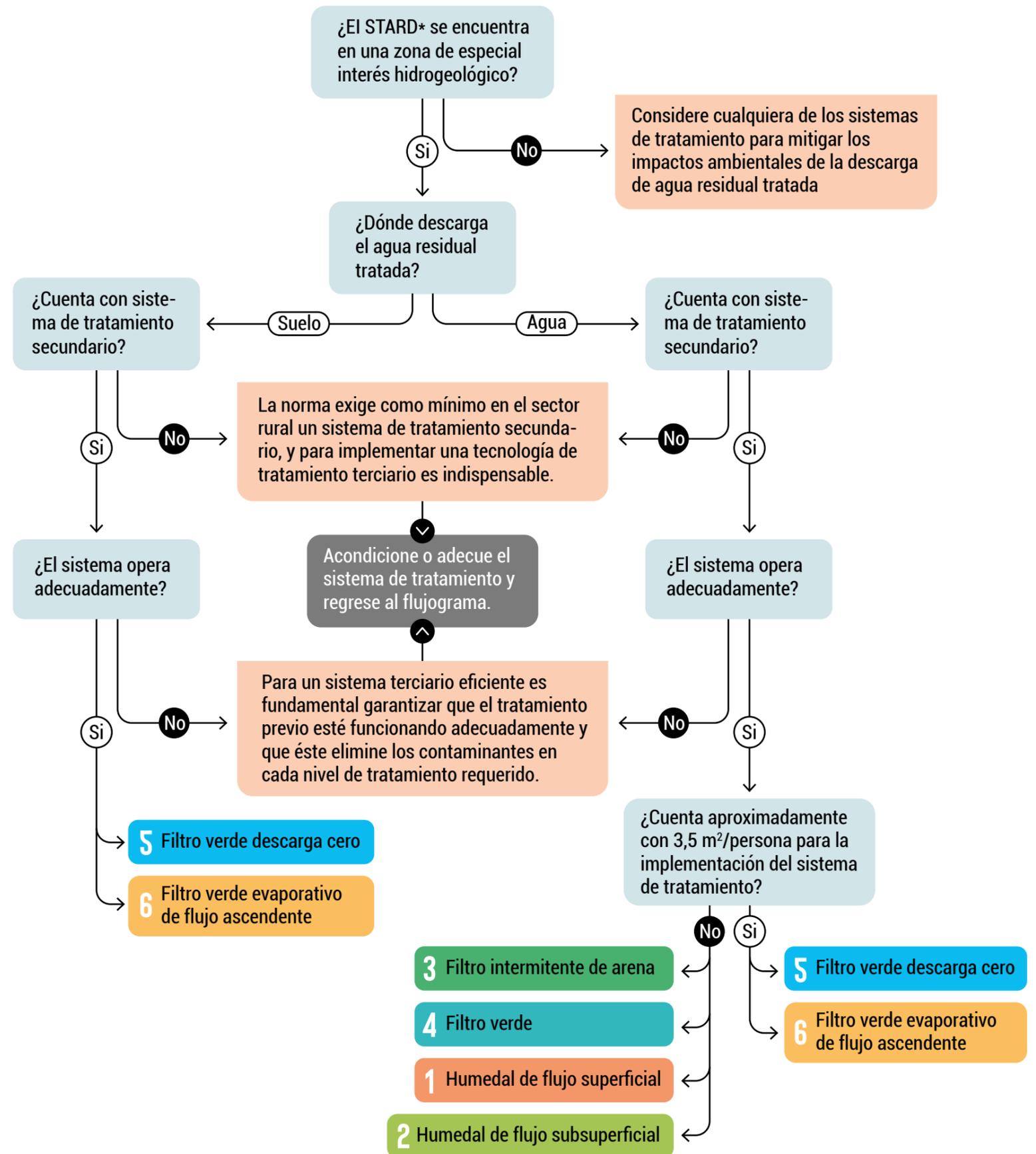
Si desea ampliar los aspectos de diseño de cada alternativa, puede remitirse al capítulo 5, sección 5.1 del informe **“Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros entre la Universidad de Antioquia y la Corporación Autónoma Regional de Caldas CORPOCALDAS para elaborar una guía metodológica para el tratamiento terciario de las aguas residuales domésticas en áreas rurales, orientada a la protección de las aguas subterráneas en zonas de especial interés hidrogeológico; en el departamento de Caldas”** disponible en la página web de Corpocaldas.



Leer informe aquí

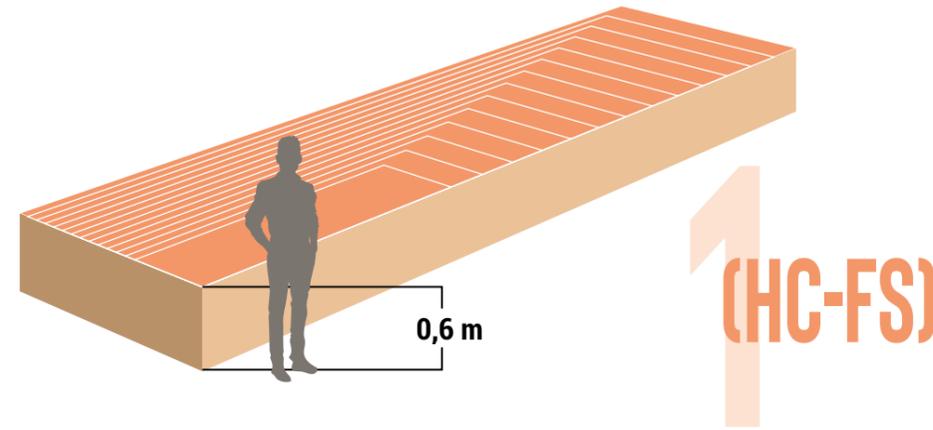
DIAGRAMA DE SELECCIÓN

Para conocer qué tipo de tratamiento terciario sería el adecuado a implementar en su sistema, debe seguir el siguiente diagrama de flujo.

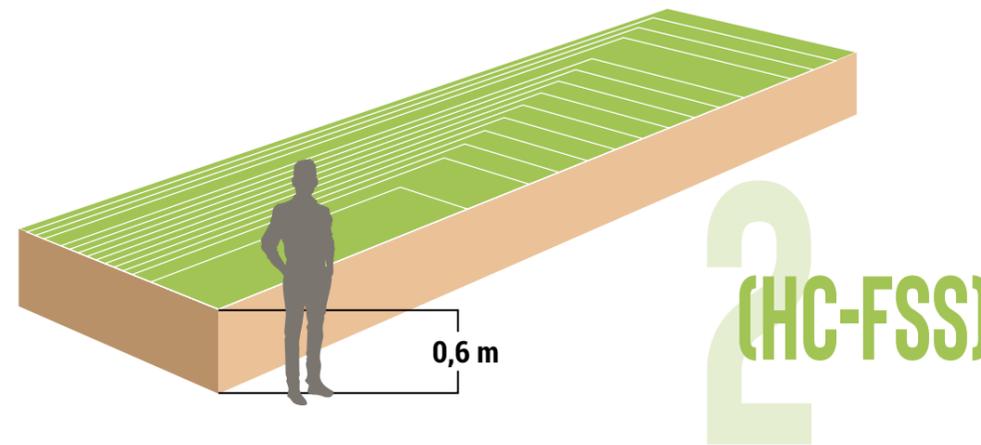


*STARD: Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas

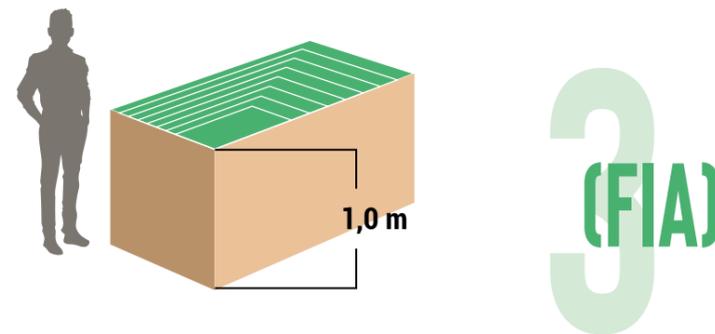
DIMENSIONES DE LAS ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO TERCIARIO



ANCHO/LARGO	CAUDAL DE ARD GENERADO	HABITANTES PERMANENTES
→ 2,0 x 8,0 m	2,0 m³/d	20
→ 1,9 x 7,6 m	1,8 m³/d	18
→ 1,8 x 7,2 m	1,6 m³/d	16
→ 1,7 x 6,8 m	1,4 m³/d	14
→ 1,6 x 6,4 m	1,2 m³/d	12
→ 1,5 x 6,0 m	1,0 m³/d	10
→ 1,4 x 5,6 m	0,9 m³/d	9
→ 1,3 x 5,2 m	0,8 m³/d	8
→ 1,2 x 4,8 m	0,7 m³/d	7
→ 1,1 x 4,4 m	0,6 m³/d	6
→ 1,0 x 4,0 m	0,5 m³/d	5
→ 0,9 x 3,6 m	0,4 m³/d	4
→ 0,8 x 3,2 m	0,3 m³/d	3
→ 0,7 x 2,8 m	0,2 m³/d	2

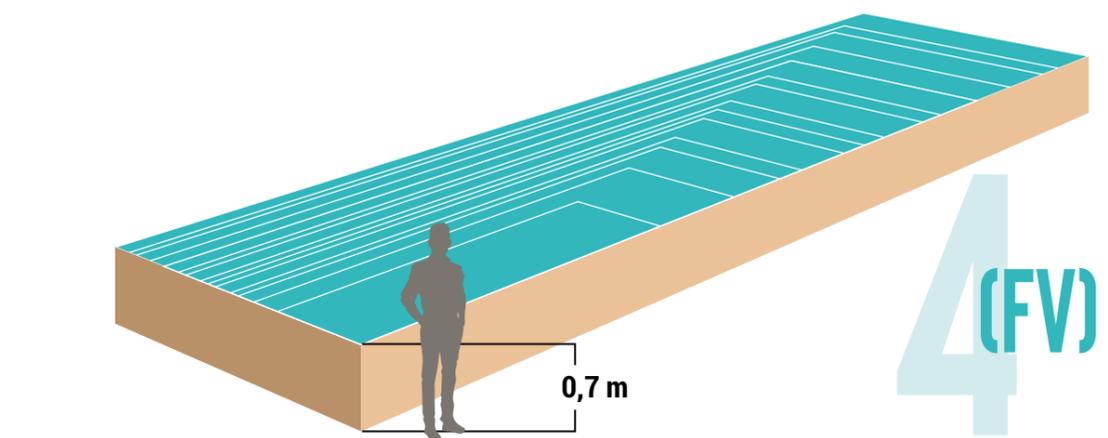


ANCHO/LARGO	CAUDAL DE ARD GENERADO	HABITANTES PERMANENTES
→ 2,2 x 8,8 m	2,0 m³/d	20
→ 2,1 x 8,4 m	1,8 m³/d	18
→ 2,0 x 8,0 m	1,6 m³/d	16
→ 1,9 x 7,6 m	1,4 m³/d	14
→ 1,7 x 6,8 m	1,2 m³/d	12
→ 1,6 x 6,4 m	1,0 m³/d	10
→ 1,5 x 6,0 m	0,9 m³/d	9
→ 1,4 x 5,6 m	0,8 m³/d	8
→ 1,3 x 5,2 m	0,7 m³/d	7
→ 1,2 x 4,8 m	0,6 m³/d	6
→ 1,1 x 4,4 m	0,5 m³/d	5
→ 1,0 x 4,0 m	0,4 m³/d	4
→ 0,9 x 3,6 m	0,3 m³/d	3
→ 0,7 x 2,8 m	0,2 m³/d	2



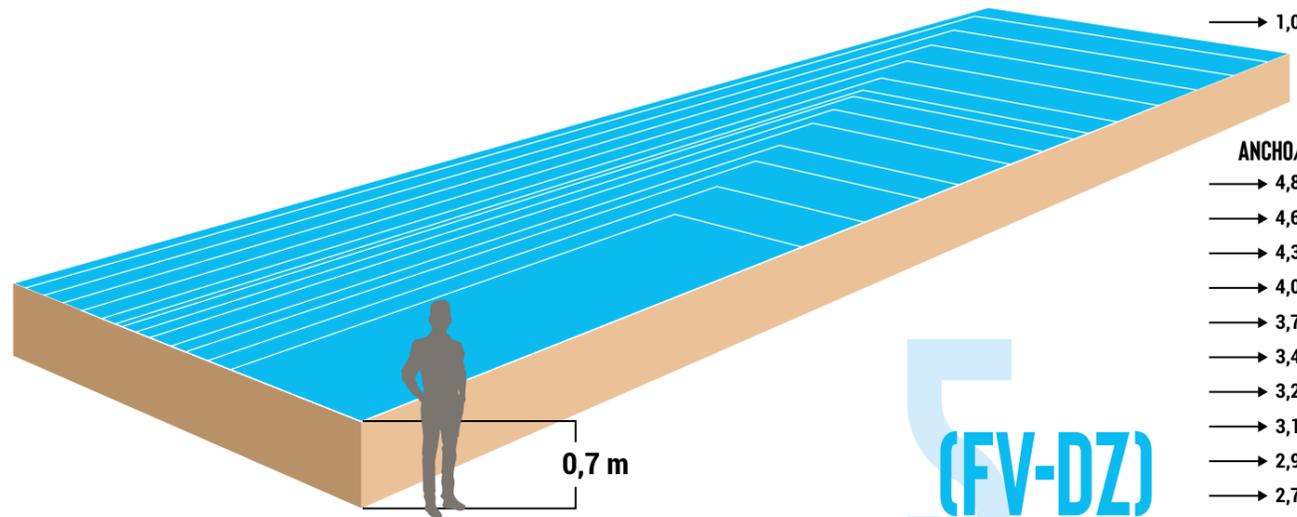
ANCHO/LARGO	CAUDAL DE ARD GENERADO	HABITANTES PERMANENTES
→ 1,1 x 2,2 m	2,0 m³/d	20
→ 1,0 x 2,0 m	1,8 m³/d	18
→ 1,0 x 2,0 m	1,6 m³/d	16
→ 0,9 x 1,8 m	1,4 m³/d	14
→ 0,9 x 1,8 m	1,2 m³/d	12
→ 0,8 x 1,6 m	1,0 m³/d	10
→ 0,8 x 1,6 m	0,9 m³/d	9
→ 0,7 x 1,4 m	0,8 m³/d	8
→ 0,7 x 1,4 m	0,7 m³/d	7
→ 0,6 x 1,2 m	0,6 m³/d	6
→ 0,6 x 1,2 m	0,5 m³/d	5
→ 0,5 x 1,0 m	0,4 m³/d	4
→ 0,5 x 1,0 m	0,3 m³/d	3
→ 0,4 x 0,8 m	0,2 m³/d	2

 CAUDAL DE ARD GENERADO



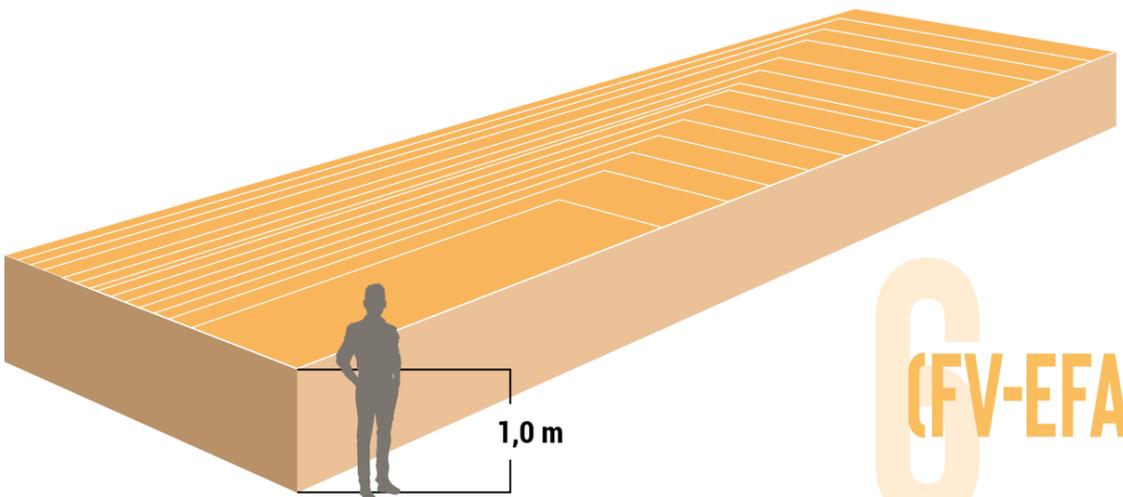
4
(FV)

ANCHO/LARGO	CAUDAL (m³/d)	HABITANTES PERMANENTES
→ 3,2 x 12,8 m	2,0 m³/d	20
→ 3,0 x 12,0 m	1,8 m³/d	18
→ 2,9 x 11,6 m	1,6 m³/d	16
→ 2,7 x 10,8 m	1,4 m³/d	14
→ 2,5 x 10,0 m	1,2 m³/d	12
→ 2,3 x 9,2 m	1,0 m³/d	10
→ 2,2 x 8,8 m	0,9 m³/d	9
→ 2,0 x 8,0 m	0,8 m³/d	8
→ 1,9 x 7,6 m	0,7 m³/d	7
→ 1,8 x 7,2 m	0,6 m³/d	6
→ 1,6 x 6,4 m	0,5 m³/d	5
→ 1,5 x 6,0 m	0,4 m³/d	4
→ 1,3 x 5,2 m	0,3 m³/d	3
→ 1,0 x 4,0 m	0,2 m³/d	2



5
(FV-DZ)

ANCHO/LARGO	CAUDAL (m³/d)	HABITANTES PERMANENTES
→ 4,8 x 19,2 m	2,0 m³/d	20
→ 4,6 x 18,4 m	1,8 m³/d	18
→ 4,3 x 17,2 m	1,6 m³/d	16
→ 4,0 x 16,0 m	1,4 m³/d	14
→ 3,7 x 14,8 m	1,2 m³/d	12
→ 3,4 x 13,6 m	1,0 m³/d	10
→ 3,2 x 12,8 m	0,9 m³/d	9
→ 3,1 x 12,4 m	0,8 m³/d	8
→ 2,9 x 11,6 m	0,7 m³/d	7
→ 2,7 x 10,8 m	0,6 m³/d	6
→ 2,4 x 9,6 m	0,5 m³/d	5
→ 2,2 x 8,8 m	0,4 m³/d	4
→ 1,9 x 7,6 m	0,3 m³/d	3
→ 1,6 x 6,4 m	0,2 m³/d	2



6
(FV-EFA)

ANCHO/LARGO	CAUDAL (m³/d)	HABITANTES PERMANENTES
→ 4,0 x 16,0 m	2,0 m³/d	20
→ 3,8 x 15,2 m	1,8 m³/d	18
→ 3,6 x 14,4 m	1,6 m³/d	16
→ 3,4 x 13,6 m	1,4 m³/d	14
→ 3,1 x 12,4 m	1,2 m³/d	12
→ 2,9 x 11,6 m	1,0 m³/d	10
→ 2,7 x 10,8 m	0,9 m³/d	9
→ 2,6 x 10,4 m	0,8 m³/d	8
→ 2,4 x 9,6 m	0,7 m³/d	7
→ 2,2 x 8,8 m	0,6 m³/d	6
→ 2,0 x 8,0 m	0,5 m³/d	5
→ 1,8 x 7,2 m	0,4 m³/d	4
→ 1,6 x 6,4 m	0,3 m³/d	3
→ 1,3 x 5,2 m	0,2 m³/d	2

CAUDAL DE ARD GENERADO

Los alcances de estas dimensiones se enfocan fundamentalmente en soluciones individuales para viviendas rurales dispersas y, eventualmente, a colectivos; puesto que son alternativas válidas para pequeños sistemas de tratamiento de agua residual doméstica.

Si desea conocer los detalles y aspectos a considerar en la elaboración de las dimensiones para cada una de las alternativas de diseño, puede remitirse al capítulo 5, sección 5.3 del informe **“Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros entre la Universidad de Antioquia y la Corporación Autónoma Regional de Caldas CORPOCALDAS para elaborar una guía metodológica para el tratamiento terciario de las aguas residuales domésticas en áreas rurales, orientada a la protección de las aguas subterráneas en zonas de especial interés hidrogeológico; en el departamento de Caldas”**.



Leer informe aquí

REFERENCIAS

Alegre, J. (2007). Manual sobre el uso y manejo del pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*). Perú. https://www.vetiver.org/TVN_manualvetiver_spanish-o.pdf

García, J. & Corzo, A. (2008). Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial. Depuración con Humedales Construidos. Universidad Politécnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/2474>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MADS). (2018). Decreto 050 de 2017 por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con los Consejos Ambientales Regionales de la Macrocuencas (CAR-MAC), el Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos y se dictan otras disposiciones. pp. 5 <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/decreto-050-de-2018/>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MADS). (2015). Decreto 1076 del 2015 por medio de la cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. pp. 217 - 232 <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Decreto-1076-de-2015.pdf>

Paulo, P. L., Galbiati, A. F., Magalhães Filho, F. J. C., Bernardes F. S., Carvalho G. A., & Boncz, M. A. (2019). Evapotranspiration tank for the treatment, disposal and resource recovery of blackwater. vol. 147, pp. 61–66. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.04.025>

Rodríguez-Valencia, N., Quintero-Yepes, L., y Castañeda, S. A. (2022). Tecnología de filtros verdes para el manejo, tratamiento y descarga ceros de las aguas residuales de la finca cafetera. Cenicafé. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0029>

U.S. EPA. (1999). Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Filtros intermitentes de arena. [Folleto] EPA 932-F-99-067. https://www3.epa.gov/npdes/pubs/septic_fs_intermittent_sp.pdf

U.S. EPA. (2000a). Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Humedales de flujo libre superficial. [Folleto] EPA 832-F-00-024. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/cs_00_024.pdf

U.S. EPA. (2000b). Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Humedales de flujo subsuperficial. [Folleto] EPA 832-F-00-023. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/cs_00_023.pdf

Vidal, G., & Hormazábal, S. (2018). Humedales construidos. Diseño y operación. Universidad de Concepción.