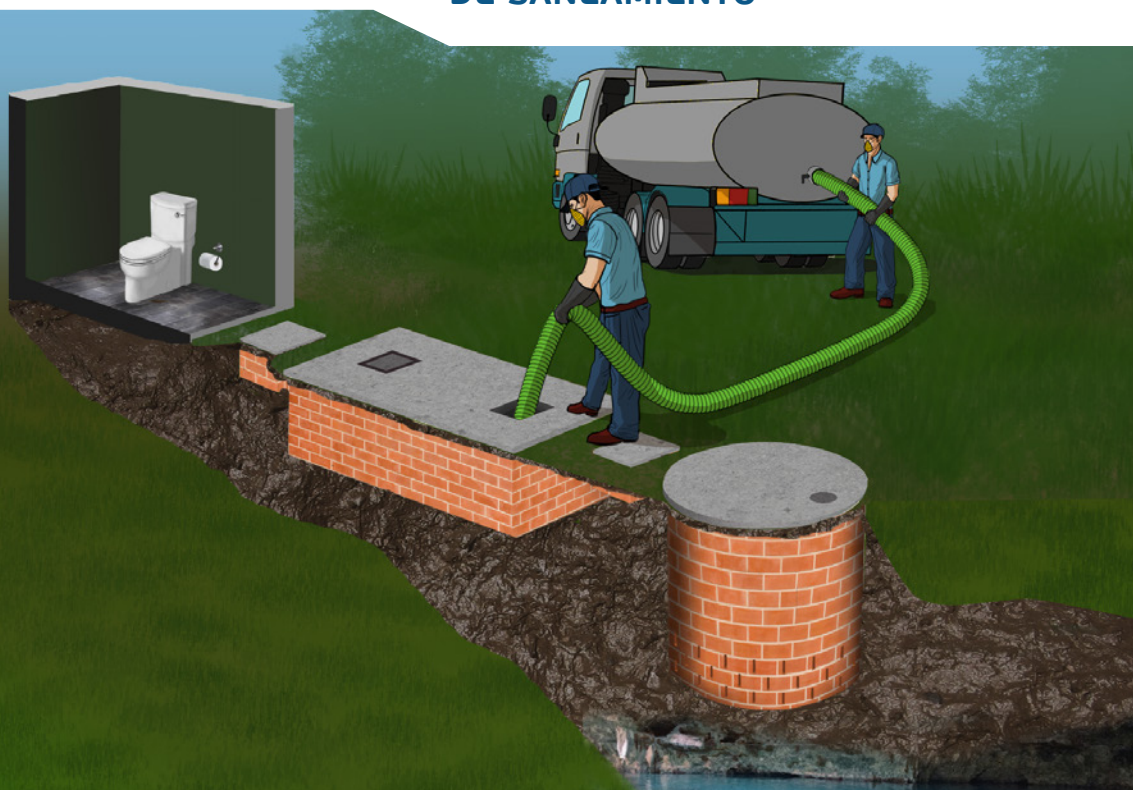


## PRINCIPIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE TU SISTEMA DE SANEAMIENTO





## Principios para la Construcción y Mantenimiento de tu Sistema de Saneamiento

Autor: Humberto Cáceres Magnus

Diseño Gráfico: Diego Espinatto

Ilustraciones: Shady Khouri, Diego Espinatto

Este documento fue producido por la Iniciativa Piloto de Gestión de Lodos Fecales Domiciliarios para áreas periurbanas de Santa Cruz. Su elaboración fue posible gracias al apoyo del Banco Mundial y la Cooperación Alemana, implementada en Bolivia por la GIZ.

Se autoriza la reproducción parcial o total del documento, siempre y cuando, se haga referencia a la fuente. No se permite el uso del material con fines comerciales.

La Paz, Bolivia

Octubre, 2018



## 1 LA PROBLEMÁTICA DEL SANEAMIENTO

En Bolivia, las redes de alcantarillado sanitario no se construyen en la misma proporción que el crecimiento de los asentamientos humanos urbanos. Por eso, en las ciudades donde la cobertura de alcantarillado es limitada, es necesario considerar alguna solución de saneamiento *in situ* que permita la disposición de excretas sin contaminar el medio ambiente protegiendo de igual manera la salud humana.

El problema principal de las soluciones de saneamiento *in situ* (también llamadas soluciones de saneamiento tradicionales) es que, cuando son mal construidas y no reciben un mantenimiento oportuno, contaminan el agua subterránea con las excretas de nuestros cuerpos y las aguas servidas de nuestras actividades diarias. En la **Figura 1** se muestra lo que pasa con un pozo ciego, cuando no se realiza la limpieza oportuna.



Figura 1. Ejemplo de pozo ciego rebalsando en la superficie y contaminando el agua subterránea.

## 2 ¿QUÉ SISTEMAS DE SANEAMIENTO IN SITU EXISTEN EN SANTA CRUZ?

Los estudios realizados por el Banco Mundial y la ONG internacional SNV el año 2016, encontraron que en las áreas donde no existe alcantarillado sanitario en la ciudad de Santa Cruz existen 4 tipos de soluciones de saneamiento *in situ* comunes, estas se presentan en la Figura 2.

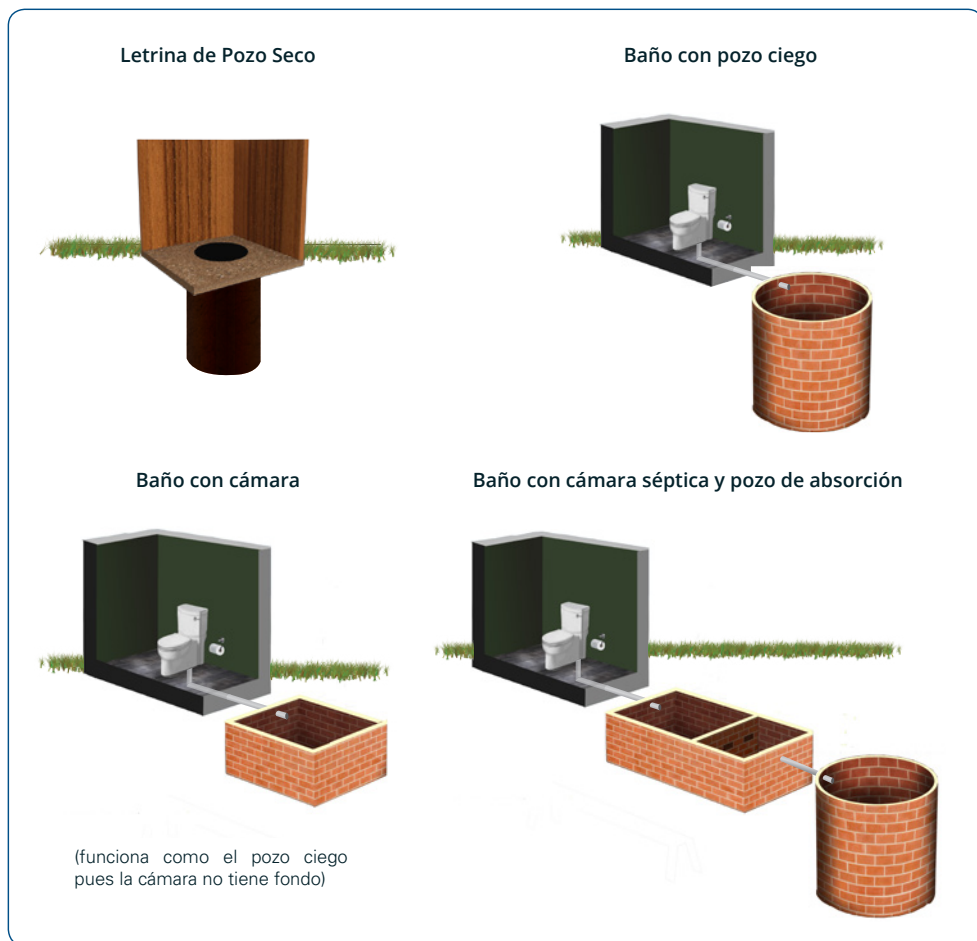


Figura 2. Las soluciones de Saneamiento *In Situ* más empleadas en la Ciudad de Santa Cruz.



Todas estas alternativas conducen a que las heces fecales, orina y/o aguas de la cocina se infiltren en el subsuelo contaminando el agua subterránea. Los estudios desarrollados por el British Geological Survey y el Banco Mundial en 1998, mostraron que el agua subterránea está contaminada hasta los 45 metros de profundidad por las diversas soluciones de saneamiento *in situ*. Sin embargo, hasta que toda la población disponga de alcantarillado sanitario, es necesario adoptar alguna tecnología de saneamiento que reduzca las infiltraciones de contaminantes en el subsuelo; además, se debe concientizar a los habitantes de la ciudad para que realicen un mantenimiento preventivo periódico.

### 3 SOLUCIONES DE SANEAMIENTO IN SITU QUE PODEMOS ADOPTAR

Para reducir substancialmente la contaminación de los acuíferos, el análisis se ha enfocado en la optimización de un sistema basado en el empleo de la cámara séptica y dos opciones de infiltración del agua residual tratada, estas son:

Opción 1: Sistema compuesto por: cámara séptica, filtro biológico anaeróbico de flujo horizontal y pozo de absorción. Revisa la **Figura 3**.

- El sistema de saneamiento con pozo de absorción, puede trabajar bien cuando el nivel freático es igual o mayor a 4 metros y, para la disposición de agua de los inodoros y cocina.

Opción 2: Sistema compuesto por: cámara séptica, cámara-filtro de distribución y zanjas de infiltración. Revisa la **Figura 4**.

- El sistema de saneamiento con zanjas de infiltración, se emplea cuando el nivel del agua subterránea está muy próximo a la superficie, por ejemplo menor a 4 metros. Esta solución es la más aconsejable para las condiciones hidrogeológicas de la mancha urbana de Santa Cruz, aunque requiere un terreno de mayor superficie que el pozo de absorción.

Las dos opciones de saneamiento, si se construyen con normas técnicas adecuadas y su mantenimiento es periódico, permitirán alcanzar un tratamiento primario del agua residual y disminuirán, considerablemente, la contaminación del agua subterránea.

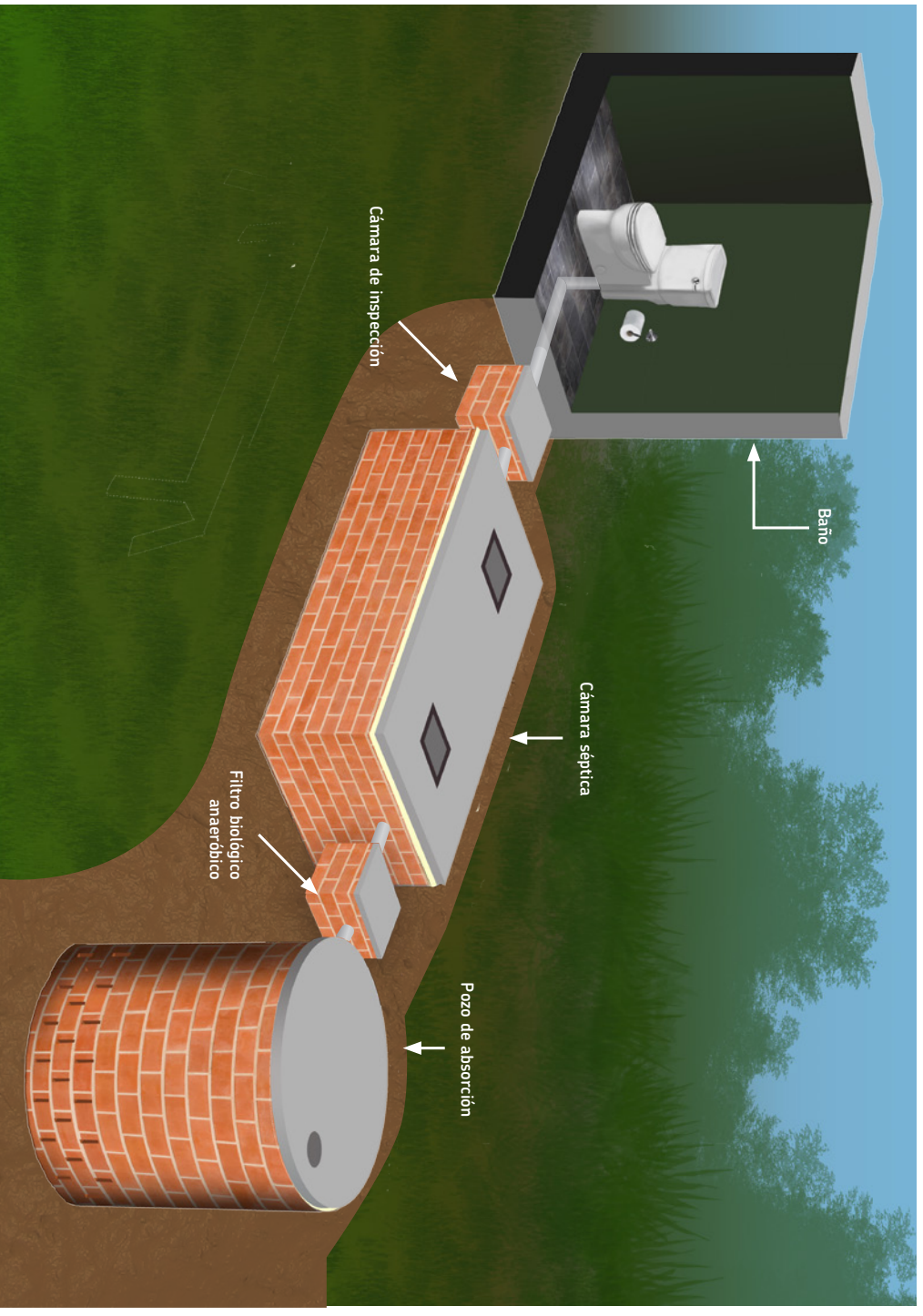


Figura 3. Sistema cámara séptica, filtro biológico anaeróbico y pozo de absorción.

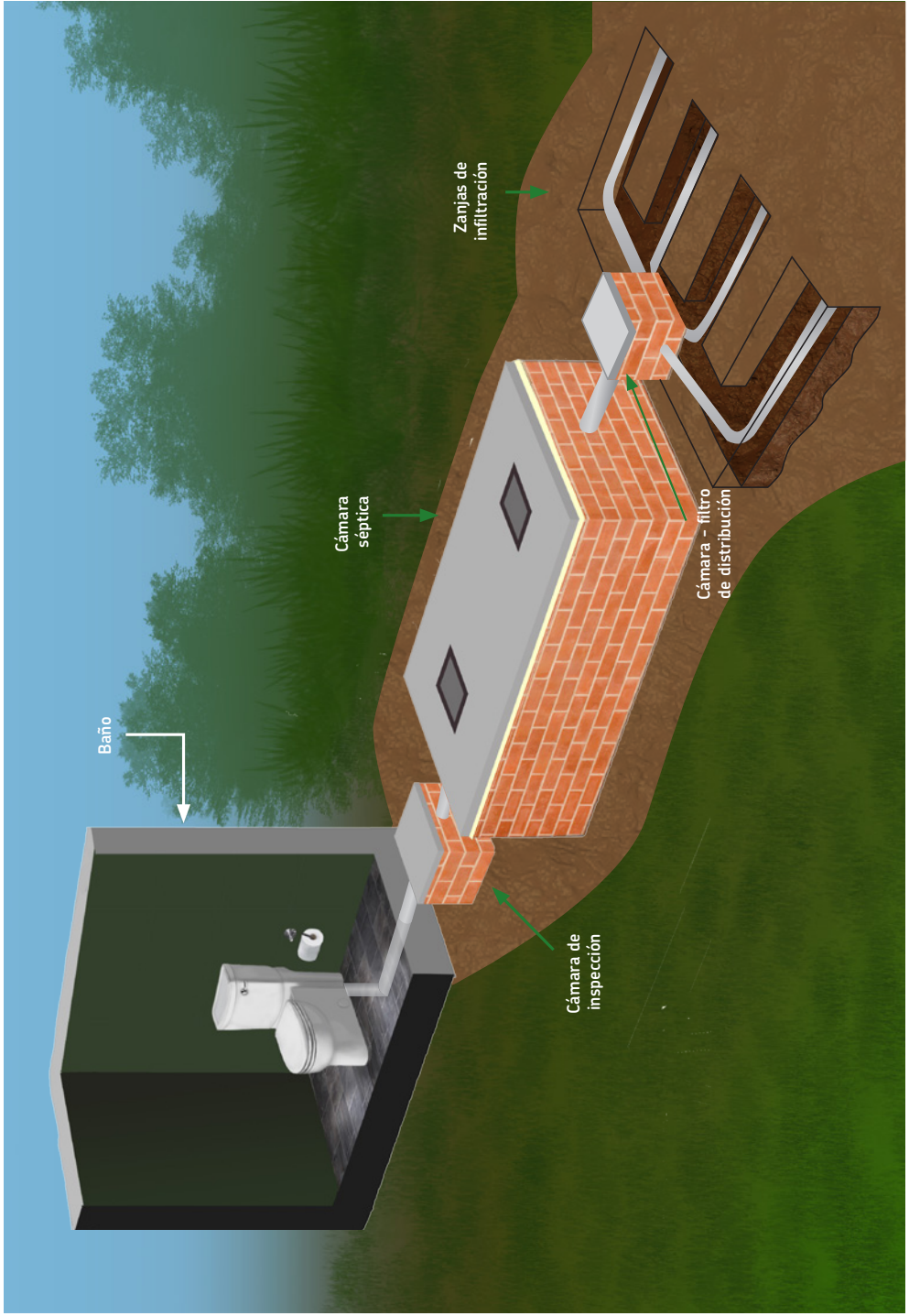


Figura 4. Sistema cámara séptica, cámara filtro de distribución y zanjas de infiltración.

## 4 LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

### 4.1 LA CÁMARA SÉPTICA

La cámara séptica es una estructura que permite el tratamiento básico de las aguas residuales de las viviendas. Está destinada a remover los sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales y acumularlos para su biodigestión.

Cuenta con dos compartimentos separados por una pantalla; además de accesorios en forma de “T” a la entrada y salida del agua como se muestra en la **Figura 5**.

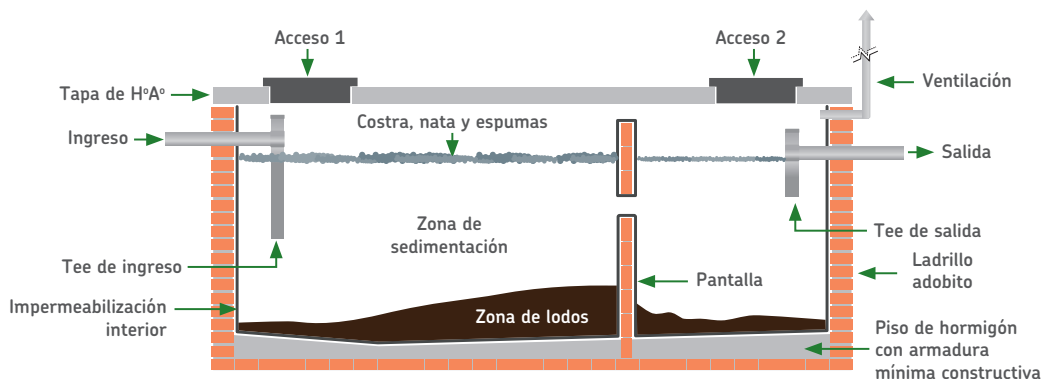


Figura 5. Partes de la Cámara Séptica.

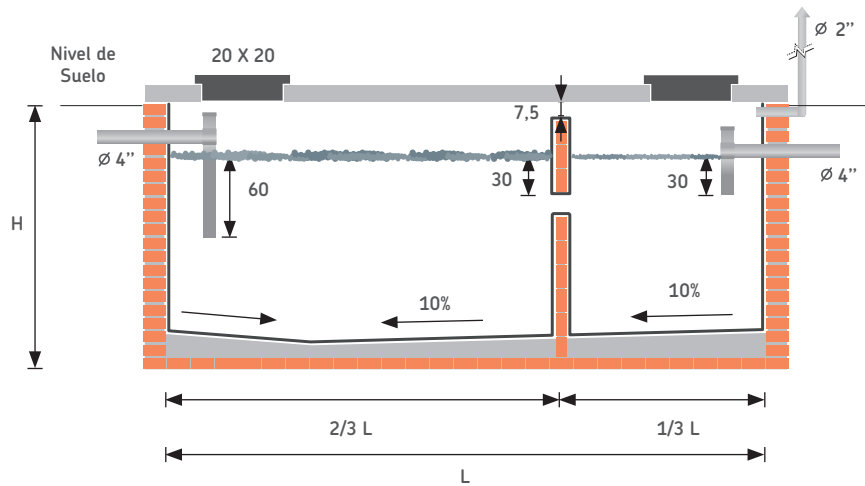
Las cámaras sépticas de doble compartimento han demostrado ser más eficientes que la de uno solo. En ambos casos, suceden procesos de sedimentación, digestión anaeróbica y flotación. En la parte central existe la zona de sedimentación, lugar donde las partículas caen por su propio peso.



La Pantalla cumple tres funciones:

- i. Bloquea el paso de los lodos formados por materia sedimentada proveniente del primer compartimento;
- ii. Optimiza el rendimiento de la cámara, pues permite la sedimentación de la materia orgánica y sólidos suspendidos sedimentables en el segundo compartimento y
- iii. Retiene las natas del primero, que se caracterizan por ser más pesadas y densas que las del segundo compartimento.

La capacidad de cada cámara séptica depende del número de personas para las cuales servirá, sin embargo algunas dimensiones y partes de los accesorios son comunes para todas las cámaras de uso domiciliario. En la **Figura 6** se presentan algunas dimensiones típicas.



**Figura 6.** Dimensiones típicas para los accesorios y elementos menores de la cámara séptica (cm).

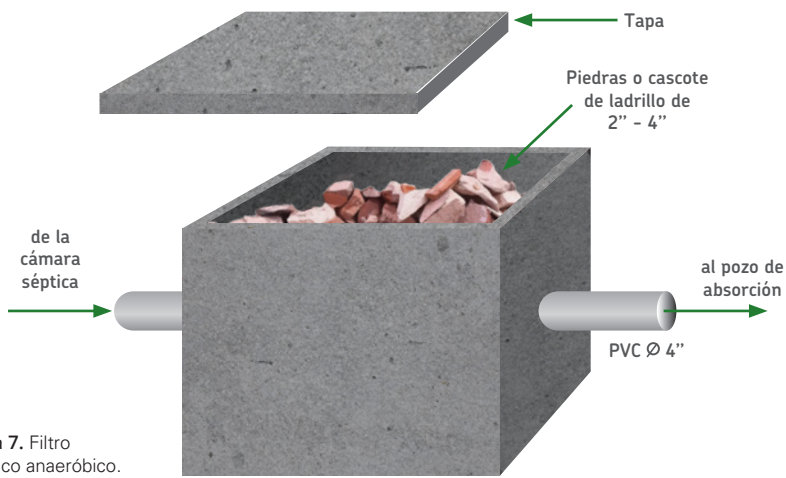
La tubería de ingreso dispone de una "T" de PVC para direccionar el agua hacia abajo y, la tubería de salida, está localizada 7,5 a 10 cm más abajo del nivel de ingreso para permitir la evacuación del agua. La tubería de salida también dispone de una "T" de PVC para evitar que las natas salgan de la cámara. Ambas "T" permiten la limpieza de las tuberías de ingreso y salida mediante un proceso de "chuseado" desde las tapas de acceso a las cámaras.

Como se observa en la figura, las cámaras de doble compartimento deben estar provistas de dos accesos con tapa sellada, que solamente se abrirán para fines de limpieza. Estos accesos deben permitir el ingreso de una manguera de 4" de diámetro.

## 4.2 EL FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBICO

Una de las medidas complementarias para mejorar la eficiencia de las cámaras sépticas es la incorporación de un filtro biológico anaeróbico de flujo horizontal. Este filtro cumple dos tareas: filtra partículas y natas grandes que podrían ser arrastradas de la cámara séptica y, también mejora la depuración del agua residual porque se produce digestión anaeróbica complementaria.

El filtro biológico anaeróbico de flujo horizontal se sitúa a la salida de la cámara séptica y consiste en una cámara cuyas dimensiones interiores mínimas son 60 cm x 60 cm x 80 cm (ancho, largo, profundidad). Se construye con ladrillo adobito o es prefabricada en hormigón armado. En su interior se coloca grava de 1" a 2" para que se produzca una filtración lenta pero continua. En la **Figura 7** se muestra las partes de un filtro biológico anaeróbico.



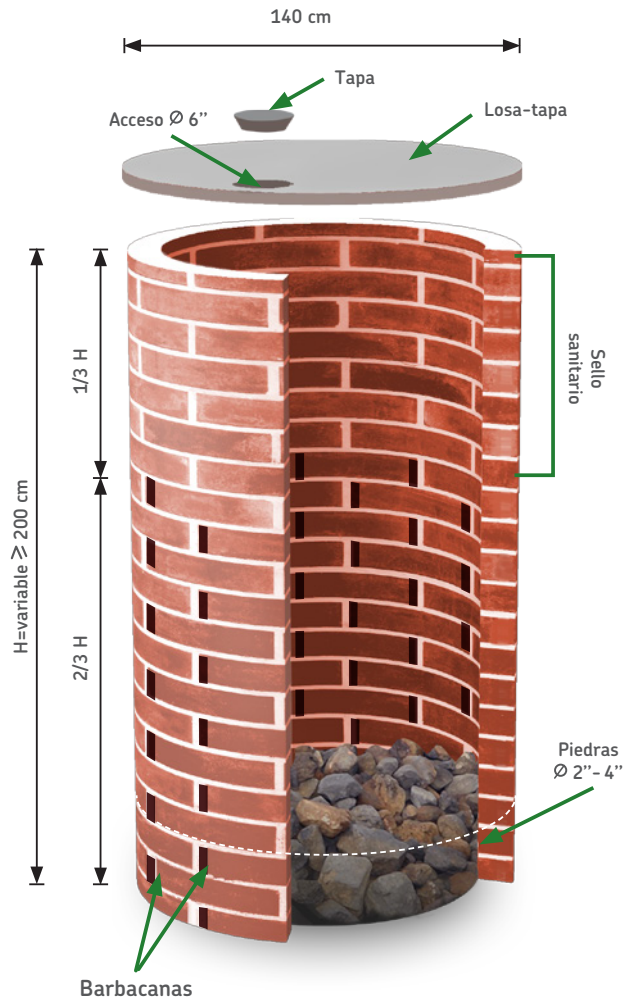
**Figura 7.** Filtro biológico anaeróbico.



### 4.3 EL POZO DE ABSORCIÓN

Es una estructura excavada en el suelo que permite la absorción del agua residual tratada hacia el subsuelo y debe ser construida a continuación del filtro biológico. El pozo de absorción es adecuado para localizaciones donde el nivel freático está a mayor profundidad de los 4 metros y existe alguna capa de suelo semi-impermeable que evite que el agua residual contamine el acuífero.

Los pozos de absorción, mayormente, son de forma circular y pueden o no llevar revestimiento dependiendo de la calidad del terreno. Cuando el terreno no es muy sólido conviene revestir las paredes del pozo, para lo cual se emplea: mampostería de ladrillo, mampostería de piedra, anillas de concreto, ferrocemento o turriles metálicos. En la **Figura 8** se expone un pozo de absorción con paredes de ladrillo adobito, característicos de la zona oriental en Bolivia.



**Figura 8.** Partes de un pozo de absorción con paredes de ladrillo adobito típico en el oriente boliviano.



El pozo de absorción está compuesto por:

- Un hueco excavado en el suelo de aproximadamente 1,40 m de diámetro y entre 2 y 4 metros de profundidad, dependiendo de la calidad del terreno y el nivel freático del agua subterránea.
- Una losa-tapa de hormigón armado de una sola pieza, posee un acceso para la limpieza en caso de colmatación excesiva.
- Paredes de mampostería que, en la parte superior, se denomina sello sanitario pues son paredes impermeables para evitar el ingreso del agua superficial; mientras que, en los dos tercios inferiores cuentan con aberturas, llamadas barbacanas, para permitir la infiltración del agua.
- La parte inferior del pozo no lleva revestimiento. Conviene colocar dos capas de piedra de 2 a 4 pulgadas de diámetro. Estas piedras tienen dos funciones: i) alrededor de ellas se forma una biopelícula anaeróbica que ayuda a mejorar un poco la depuración del agua, pero también, ii) evita que se succione la tierra o arena del suelo natural, cuando se produce la limpieza del pozo.

Solución de saneamiento *in situ* es un término que engloba a todos los tipos de infraestructura sanitaria destinados a la disposición de las excretas humanas, heces y orina, que no están conectados a una red pública de alcantarillado. Son construcciones que permiten el almacenamiento y/o la disposición final de las excretas en el mismo lugar de su generación.



#### 4.4 LAS ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Una de las alternativas al pozo de absorción son las zanjas de infiltración. Estas pueden ser empleadas cuando el nivel del agua subterránea está muy próximo a la superficie, porque no son tan profundas como los pozos de absorción.

Las zanjas de infiltración, constituyen una sola obra cuyos elementos principales se presentan en las Figuras 9 a 11. La distancia entre los ejes de estas debe ser de 1,5 a 2,0 m.

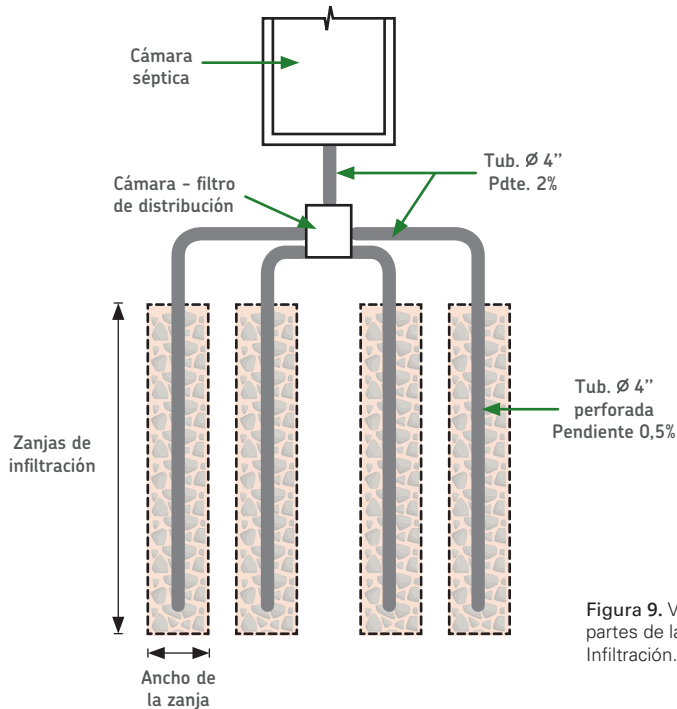


Figura 9. Vista en planta, partes de las Zanjas de Infiltración.

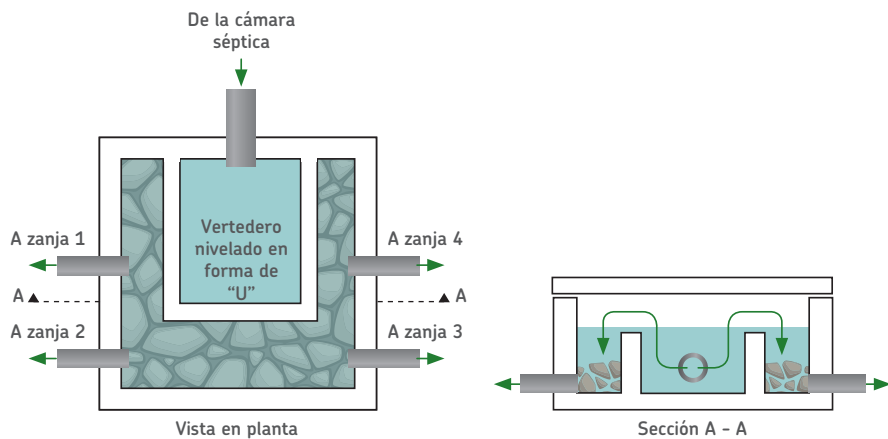


Figura 10. Cámara - filtro de distribución para 2, 3 o 4 zanjas de infiltración.

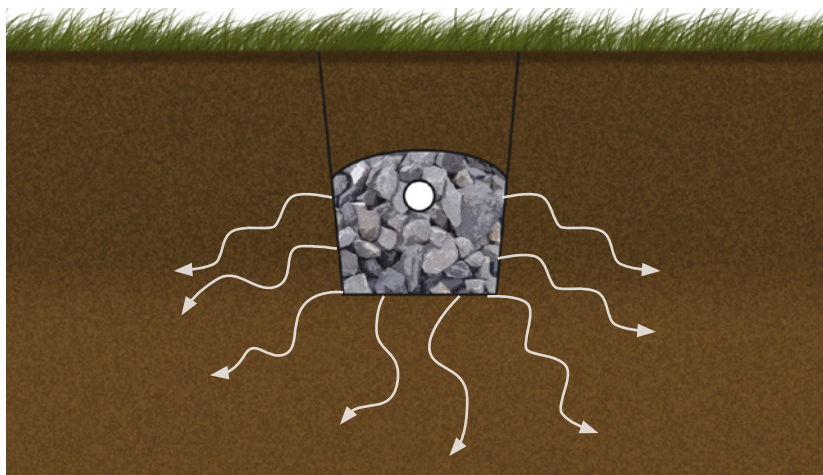


Figura 11. Detalle del fenómeno de infiltración.



#### 4.5 LA CÁMARA DE INSPECCIÓN

Es muy recomendable, aunque no obligatorio, la colocación de una cámara de inspección entre la salida del agua residual del baño y la cámara séptica, como se ilustra en las Figuras 12 a 14. Esta cámara cumple tres funciones:

1. Permite la incorporación de aguas residuales del baño principal, de otros baños y de la cocina. No se debe conectar aguas de lluvia.
2. Permite la limpieza de las tuberías de alcantarillado que salen del baño y de otras conexiones.
3. En el futuro, permite la conexión del sistema de saneamiento a la red de alcantarillado.

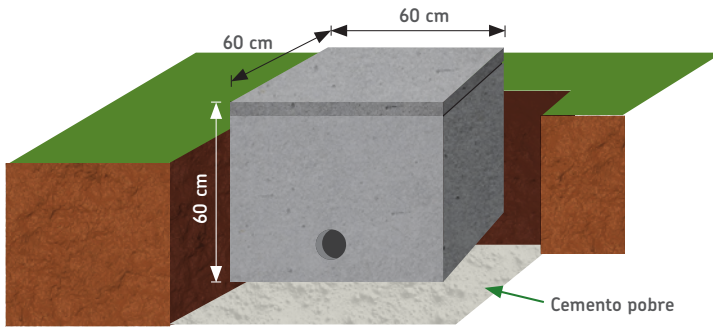


Figura 12. Instalación de la cámara de inspección prefabricada.

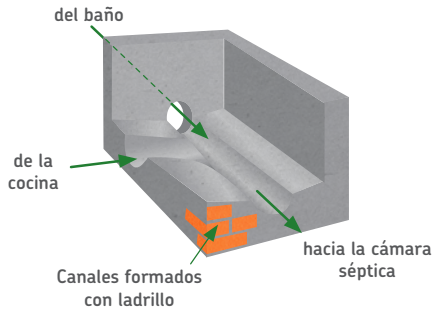


Figura 13. Detalles de los canales de la cámara de inspección.

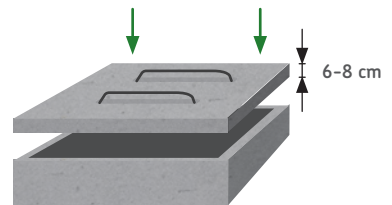


Figura 14. Detalle de la tapa para la cámara de inspección.

## 5 DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA SÉPTICA Y LOS SISTEMAS DE INFILTRACIÓN

Las dimensiones presentadas en las siguientes secciones se han estimado para propiedades familiares. Las mismas no pueden ser empleadas para viviendas con funciones comerciales o industriales.

Se recomienda a los propietarios la contratación de maestros albañiles certificados en la construcción de Cámaras Sépticas y Sistemas de Infiltración.

También se dispone de la Guía de Construcción de Cámaras Sépticas y Sistemas de Infiltración que pueden ser consultada por profesionales, técnicos y albañiles superiores a objeto de realizar la construcción de este tipo de obras.

### 5.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA SÉPTICA

Las cámaras sépticas se dimensionan para la cantidad de habitantes máxima de la vivienda.

En la **Tabla 1** se presentan las dimensiones estimadas para la construcción de cámaras sépticas en la ciudad de Santa Cruz, en función al número de habitantes. Esta dimensiones consideran paredes de ladrillo adobito de 10 cm de espesor.

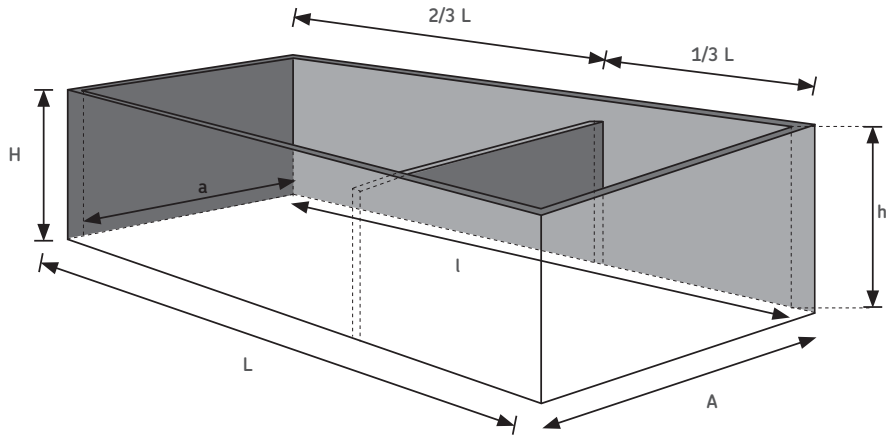
**Tabla 1.** Dimensiones mínimas de las cámaras sépticas por número de habitantes

Nº habitantes P (hab)	Volumen total requerido Vt (litros)	Profundidad total desde el ras del suelo H (m)	Ancho total A (m)	Largo total L (m)	Altura interior h (m)	Ancho interior a (m)	Largo interior l (m)
1 - 5	1.600	1,65	1,10	2,00	1,50	0,90	1,80
6 - 10	3.200	1,65	1,40	2,60	1,50	1,20	2,40
11 - 15	4.800	1,65	1,70	3,20	1,50	1,50	3,00
16 - 20	6.400	1,65	1,90	3,60	1,50	1,70	3,40
21 - 25	8.000	1,65	2,10	4,00	1,50	1,90	3,80
26 - 30	9.600	1,65	2,30	4,40	1,50	2,10	4,20

Fuente: Elaboración propia con cálculos en base a la Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas.



En la **Figura 15** se muestra la nomenclatura de las dimensiones que corresponden a la tabla precedente.



**Figura 15.** Nomenclatura de dimensiones para las cámaras sépticas.

## 5.2 DIMENSIONAMIENTO DEL POZO DE ABSORCIÓN

Los pozos de absorción se calculan para la capacidad de absorción e infiltración del terreno. Las características del suelo en la Ciudad de Santa Cruz predominantemente son Arcillo – Arenoso<sup>1</sup>.

Por lo general, los pozos de absorción se dimensionan de 1,40 a 1,80 metros de diámetro para la excavación del pozo. La profundidad del pozo dependerá de la capacidad de absorción del suelo, del caudal descargado y de la profundidad del nivel freático. No es conveniente introducir en el pozo de absorción las aguas de la ducha y lavado de ropa pues podría colmatarla muy rápido. En la **Tabla 2** se presenta el dimensionamiento de los pozos de absorción.

---

1 Pérez, Efraín (2007). "Estudio de Sistematización de Datos Geotécnicos de la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra"

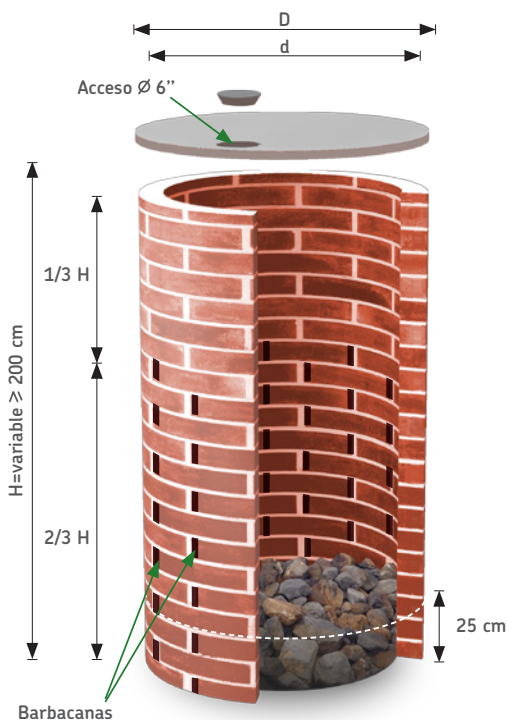
**Tabla 2.** Dimensionamiento de los Pozos de Absorción por número de habitantes

Nº habitantes (hab)	Contribución de aguas residuales (l/h/día)*	Tasa de infiltración (l/m <sup>2</sup> día)**	Diámetro de excavación (D) (m)	Diámetro interior (d) (m)	Profundidad de cada pozo (H) (m)	Altura de la zona de absorción (2/3H) (m)	Número de Pozos
1 - 5	60	30	1,4	1,2	1,9	1,3	1
6 - 10	60	30	1,6	1,4	4,1	2,7	1
11 - 15	60	30	1,6	1,4	3,6	2,4	2
16 - 20	60	30	1,8	1,6	4,3	2,9	2

\* Corresponde al 40% de 150 l/h.día para el área oriental en Bolivia. Únicamente de los inodoros y cocina.

\*\* Corresponde a un suelo arenoso-arcilloso (The design of Pour Latrines INT/81/047 World Bank, citando en Guía Técnica de Diseño de Proyectos de Saneamiento para Poblaciones menores a 10.000 habitantes Tabla 3.1)

En la **Figura 16** se muestra la nomenclatura de las dimensiones que corresponden a los pozos de absorción.



**Figura 16.** Nomenclatura de las dimensiones para los pozos de absorción.



### 5.3 DIMENSIONAMIENTO DE LAS ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Las zanjas de infiltración se calculan para el número de pobladores que van a hacer uso de las mismas. En la Tabla 3 se presentan las longitudes recomendadas para un tipo de suelo Areno – Arcilloso, predominante de la mancha urbana de Santa Cruz<sup>2</sup>. En la **Figura 17** se presentan la nomenclatura y disposición de las zanjas de infiltración.

Tabla 3. Dimensiones de la zanjas de infiltración por el número de habitantes para las características generales del suelo en Santa Cruz

Nº habitante P (hab)	Contribución de aguas residuales C (l/h/día)*	Tasa de infiltración (l/m <sup>2</sup> día)**	Base de la zanja (b) (m)	Caudal (l/día)	Longitud total (m)	Número de ramales	Longitud de ramal (L) (m)	Distancia entre ramales (m)
1 - 5	60	30	0,6	300	16,7	2	8,30	1,5 a 2,0
6 - 10	60	30	0,6	600	33,3	4	8,30	1,5 a 2,0
11 - 15	60	30	0,6	900	50,0	4	12,50	1,5 a 2,0
16 - 20	60	30	0,6	1200	66,7	4	16,70	1,5 a 2,0

\* Corresponde al 40% de 150 l/h.día para el área oriental en Bolivia. Se considera el agua de inodoros y cocina solamente. El agua de ducha, lavamanos y lavandería se evacúan, directamente, al jardín o hacia la calle.

\*\* \* Corresponde a un suelo areno-arcilloso (The sedign of Pour Latrines INT/81/047 World Bank, citando en Guía Técnica de Diseño de Proyectos de Saneamiento para Poblaciones menores a 10.000 habitantes Tabla 3.1)

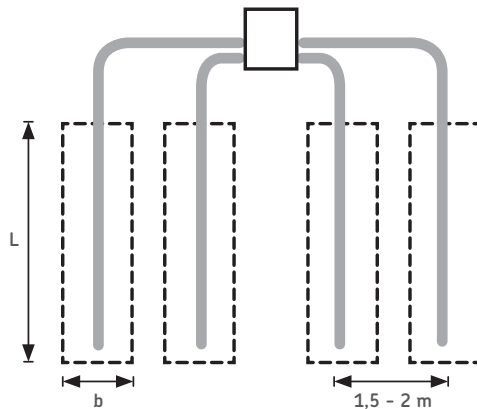


Figura 17. Nomenclatura de las dimensiones de las zanjas de infiltración.

2 Pérez, Efraín (2007). "Estudio de Sistematización de Datos Geotécnicos de la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra"

## 5.5 DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE INSPECCIÓN Y FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBICO

La cámara de inspección y el filtro biológico anaeróbico de flujo horizontal se construyen de forma similar con ladrillo adobito o pueden ser prefabricados de mortero de hormigón. Su interior debe ser impermeabilizado con mezcla fina y aditivo hidrófugo (Sika 1 o similar). Sus dimensiones interiores mínimas son 50 cm x 50 cm. La profundidad dependerá de la pendiente del terreno y de la línea de salida desde el baño al pozo de absorción, la profundidad mínima interior será de 30 cm para las cámaras de inspección y de 40 cm para el filtro biológico anaeróbico, como se muestra en la **Figura 18**.

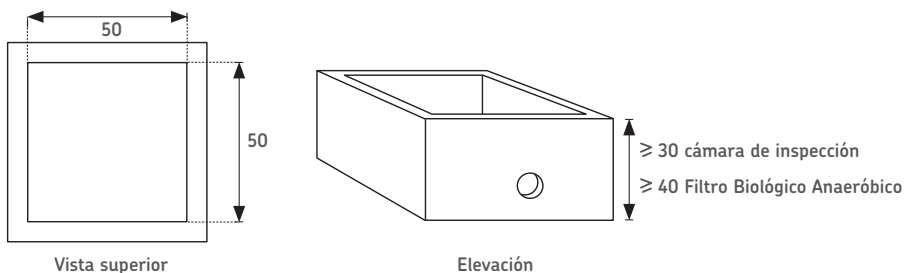


Figura 18. Dimensiones mínimas para la Cámara de Inspección y para el filtro biológico anaeróbico (cm).

## 5.6 DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA-FILTRO DE DISTRIBUCIÓN

La cámara-filtro de distribución es de dimensiones variables pues dependerá del número de zanjas de infiltración a las cuales esté conectada. En la **Figura 19** se presentan las dimensiones sugeridas para una cámara que puede trabajar indistintamente con 2 a 6 zanjas de infiltración.

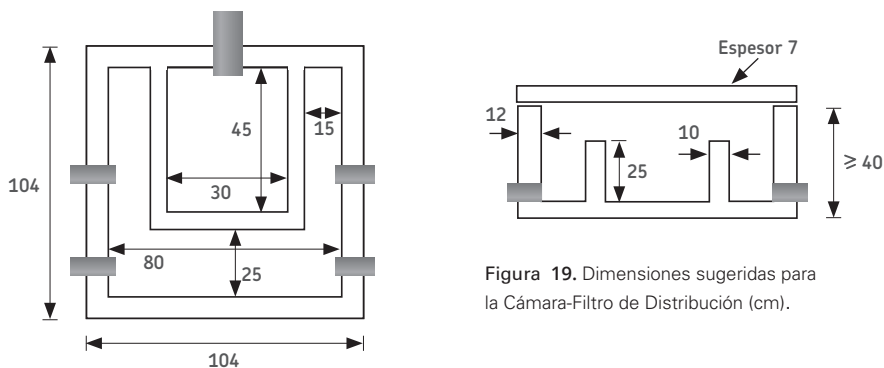


Figura 19. Dimensiones sugeridas para la Cámara-Filtro de Distribución (cm).



## 5.7 LA TUBERÍA DE VENTILACIÓN

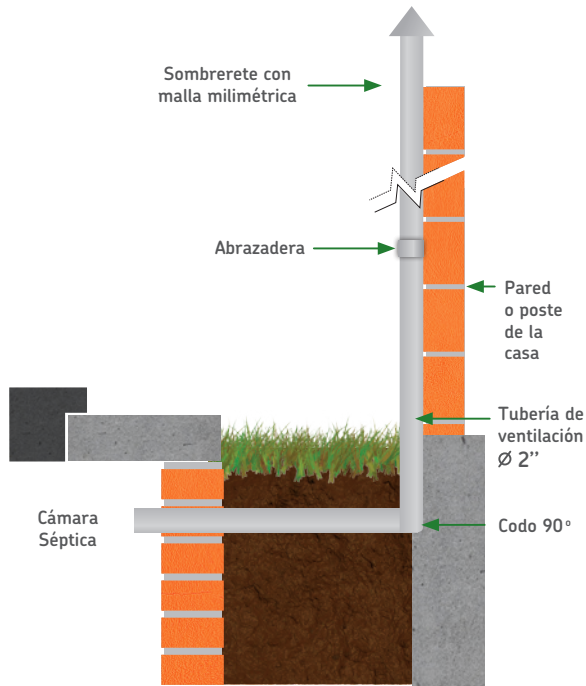


Figura 20. Detalle de la tubería de ventilación desde la cámara séptica.

Es recomendable que exista una tubería de ventilación desde la cámara séptica para que los gases se ventilen constantemente, como se ilustra en la **Figura 20**.

La tubería de ventilación sale por debajo de la losa hasta chocar algún paramento y luego se extiende para arriba al menos por 2 metros para permitir la ventilación de los gases.

## 5. CRITERIOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS CÁMARAS SÉPTICAS y SISTEMAS DE INFILTRACIÓN

Las cámaras sépticas, los pozos de absorción y las zanjas de infiltración requieren poco mantenimiento, pero es importante que sea realizado de forma periódica para reducir el impacto en el agua subterránea y la salud de los moradores de la vivienda.

La cámara séptica se ha diseñado para que sedimente los sólidos y se produzca la biodigestión. Producto de estos procesos, se generan los lodos fecales que deben ser retirados de forma programada.

Las siguientes pautas son primordiales para el mantenimiento de las cámaras sépticas y están dirigidas a los propietarios de viviendas:

- a) Las cámaras sépticas deben ser limpiadas por empresas especializadas, las cuales reciben el denominativo de: Empresas de Transporte y Recolección de Lodos. Estas se encuentran registradas ante la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS) y tienen contrato de descarga de los lodos con alguna Entidad Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSA) que cuenta con Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
- b) Las Empresas de Transporte y Recolección de Lodos tienen camiones que extraen los lodos y aguas residuales con bombas a vacío que evitan el manipuleo directo de los mismos. Además, disponen de equipos de protección personal para evitar ser contaminados.
- c) Los lodos de la cámara séptica se deben succionar anualmente para evitar que pasen al pozo de absorción o a la zanja de infiltración. Si la frecuencia de limpieza de la cámara séptica se realiza anualmente, se evitará contaminar el agua subterránea.
- d) Los pozos de absorción no precisan ser limpiados si existe una limpieza periódica de las cámaras sépticas. Sin embargo, si el propietario de la vivienda no realizó la limpieza oportunamente, es aconsejable que el pozo de absorción sea también limpiado por alguna Empresa de Transporte y Recolección de Lodos.
- e) Cuando el propietario llama a una Empresa, además de preguntar el precio, es conveniente averiguar también por el procedimiento que van a realizar para poder hacer el seguimiento al operador.



- f) El personal de la empresa, con el apoyo del propietario de la vivienda, localizará la tapa de inspección y la aperturará, en caso de que no existe tapa, la empresa deberá solicitar la autorización del propietario para hacer un orificio a la losa superior de la cámara séptica.
- g) El personal de la empresa dejará salir los gases y recién introducirá la manguera de succión. Es importante que cuando se esté realizando la ventilación de los gases, no exista ninguna flama ni cigarrillo encendidos.
- h) El periodo de succión es variable y dependerá del volumen de la cámara séptica. El personal de la empresa succionará todo el contenido, pero dejará en el fondo una capa de agua residual de 4 a 5 cm de profundidad, la cual sirve para transmitir bacterias anaeróbicas para tratar los residuos de las próximas descargas.
- i) Cuando el camión haya terminado la succión de los lodos de la cámara séptica, el operador deberá mostrar al propietario que existe una pequeña lámina de agua en el fondo empleando una varilla de madera u otro objeto similar.
- j) El operador debe cerrar nuevamente la tapa de acceso y limpiar el lugar. En caso de que por accidente se haya derramado lodo fecal, este deberá ser lavado por la empresa.
- k) El propietario debe proteger la tubería de ventilación para que no la rompan los niños o animales. También es aconsejable colocar una malla milimétrica a la salida de la tubería para evitar que los insectos ingresen.
- l) Debe evitarse el ingreso de agua de lluvia a la cámara séptica para que el proceso de biodigestión sea completa.



Socios de la iniciativa:



Con el apoyo de:



Implementada por:

