**Contenido**

1 Introducción 2

2 Aspectos básicos de diseño 5

2.1 Número de usuarios 5

2.2 Vida útil 6

2.3 Forma y dimensiones del pozo 7

2.4 Profundidad del pozo 8

2.5 Tasa de acumulación de lodo 10

3 Cálculos con tablas de diseño 14

Preguntas de práctica 16

4 Cálculos manuales 19

4.1 Cálculo del área y el volumen de los pozos en base a las dimensiones 20

4.2 Cálculo del volumen de un pozo en base al uso 25

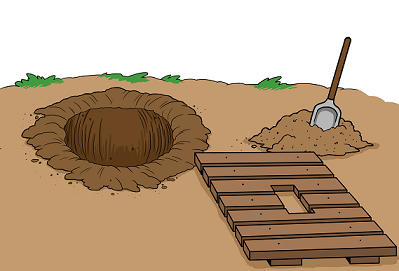
4.3 Pozos de letrinas de corto y largo plazo 26

4.4 Resumen de fórmulas 27

4.5 Preguntas de ejemplo 28

5 Recursos adicionales 54

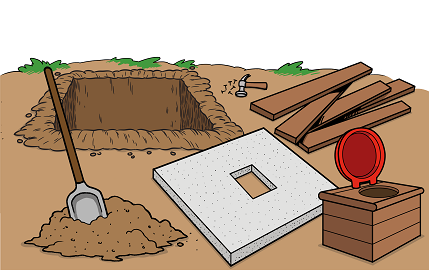
6 Bibliografía 54



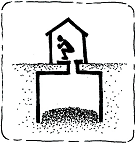
# Introducción

Un sistema de saneamiento se encarga de los excrementos humanos desde el momento en que son "capturados" en una letrina hasta que se usan o eliminan de forma segura. Los sistemas de saneamiento se construyen para las personas, son gestionados por personas y afectan la vida diaria de las personas. La letrina es la parte del sistema de saneamiento con el que las personas más interactúan. La letrina está compuesta por:

* La "parte visible" o la interfaz de usuario: las partes con las que interactúa cada usuario, incluido el inodoro (asiento o placa turca), la losa y la superestructura.
* La "parte invisible" o el almacenamiento de los excrementos: el pozo, el tanque o la cámara utilizados para almacenar los excrementos.



La letrina de pozo es una de las opciones más comunes de saneamiento de bajo costo y se usa en muchas partes del mundo. Consiste en un pozo cavado en el suelo, cubierto con una losa y, en general, tiene algún tipo de estructura que lo rodea (también llamada superestructura), que brinda privacidad y protección contra las inclemencias del tiempo. Revestir el pozo por completo o parcialmente evita que colapse y proporciona soporte a la losa y la superestructura. A medida que el pozo se llena de excrementos, el líquido drena a través de las paredes del pozo hacia el suelo circundante. Los microbios ayudan a degradar y reducir la cantidad de excrementos con el paso del tiempo, pero los pozos finalmente terminan llenándose de lodo.



Letrina de pozo

(Fuente: AKVO, s. f.)

La letrina de pozo mejorada con ventilación (VIP, por la sigla en inglés) es una modificación de la letrina de pozo. En una letrina VIP, hay una tubería de ventilación y un orificio de evacuación abierto (sin tapa) para ayudar a que el aire fluya a través de la estructura, lo cual reduce los olores. La malla que se coloca en la parte superior de la tubería de ventilación reduce la cantidad de moscas dentro de la letrina: las moscas son atraídas por la luz de la parte superior de la tubería, pero no pueden escapar y entonces mueren allí.



Letrina VIP

(Fuente: AKVO, s. f.)

Para más información sobre letrinas de pozo y letrinas VIP, véanse las hojas informativas sobre saneamiento y el resumen técnico "Sistema de saneamiento – Almacenamiento de excrementos", elaborados por CAWST.

Este resumen técnico está pensado para ayudar a los implementadores de proyectos a determinar el tamaño de las letrinas de pozo y las letrinas VIP. Describe cómo dimensionar los pozos usando los dos métodos siguientes y brinda preguntas de práctica para ambos métodos:

1. Elegir un tamaño de pozo a partir de tablas de diseño en las que los valores ya fueron calculados.
2. Calcular el tamaño del pozo uno mismo usando una fórmula.

En caso de necesitar más información sobre proyectos de letrinas, los resúmenes técnicos y las hojas informativas de CAWST brindan detalles sobre:

* Selección, emplazamiento y construcción de letrinas.
* Vaciado de las letrinas.
* Tratamiento, uso y eliminación de lodos.
* Enfoques para una implementación sostenible de los proyectos de letrinas.

Véase la "Guía sobre recursos de saneamiento de CAWST" para acceder a un glosario completo, una lista de abreviaturas, una tabla de conversión de unidades y un repaso general de los recursos disponibles.

CAWST se centra en la planificación, el diseño y la implementación de proyectos de saneamiento a nivel comunitario o domiciliario para comunidades de bajos ingresos que no están conectadas a la red. Para esas comunidades, el saneamiento a nivel domiciliario o descentralizado ofrece una solución higiénica y asequible.

Los recursos educativos de CAWST son de contenido abierto y están disponibles gratuitamente en: [www.cawst.org/resources](http://www.cawst.org/resources). Asimismo, en la siguiente página figura el calendario de talleres internacionales de capacitación: [www.cawst.org/training](http://www.cawst.org/training).

**C:\Users\Sandy\Documents\_CAWST\Sanitation\Images\!tif.tif**

**Nota sobre las unidades**

En este resumen técnico, se usan unidades métricas (p. ej., metros, metros cuadrados, metros cúbicos, litros). Para conversiones de unidades al sistema imperial o al sistema tradicional de EE. UU., vea los valores que se muestran a continuación o consulte la "Guía de recursos sobre saneamiento de CAWST" para más conversiones.

**Longitud Volumen**

1 m = 3,28 pies 1 m3 = 35,3 ft3 = 264 galones (EE. UU.)

1 cm = 0,39 pulgadas 1 L = 0,26 galones (EE. UU.) = 33,8 oz líquidas (EE. UU.)

1 L = 0,22 galones (imperial) = 25,2 oz líquidas (imperial)



**Definiciones**

**Materiales de limpieza anal:** materiales sólidos que han sido usados para limpiarse después de defecar u orinar.

**Agua de limpieza anal:** agua que ha sido usada para limpiarse después de defecar u orinar**.**

**Letrina seca:** letrina o inodoro que funciona sin agua de arrastre. Los elementos que ingresan a la letrina pueden incluir orina, heces, cantidades pequeñas de agua de limpieza anal y materiales secos de limpieza.

**Excrementos:** orina y heces que no se han mezclado con agua de arrastre. Los excrementos contienen muchos nutrientes y agentes patógenos.

**Infiltrar**: que ingresa o se mueve a través de algo. La infiltración es el proceso por el cual el líquido del pozo de una letrina penetra el suelo circundante.

**Permeable:** que puede ser penetrado o traspasado por un líquido. Las paredes del pozo de una letrina deben ser permeables para que el líquido se infiltre en el suelo circundante. Impermeable significa que impide el paso de los líquidos (también llamado hermético).

**Losa:** una losa de una letrina es una base sólida sobre la que una persona se para al usar la letrina. Es la barrera entre quien defeca y el pozo, el tanque o la cámara que almacena de forma segura los excrementos. Tiene un orificio de evacuación, una placa turca o un asiento de arrastre hidráulico por donde los excrementos ingresan al pozo, tanque o cámara. La losa puede estar hecha de madera, bambú, plástico o concreto.

**Lodo:** también llamado lodo fecal. Los excrementos que se eliminan de un pozo, fosa séptica, pozo anegado o reactor de biogás. El lodo podría contener agua de arrastre, agua que fue utilizada para la limpieza anal u otros materiales de limpieza anal. Puede estar parcialmente tratado o sin tratar (en bruto),

**Tasa de acumulación de lodo:** el volumen de lodo que se acumula en un pozo, un tanque o una cámara, por persona por año.

**Letrina húmeda:** una letrina que opera con agua para arrastrar los desechos (letrina de arrastre hidráulico o letrina de tanque).

# Aspectos básicos de diseño

El tamaño del pozo de una letrina y la velocidad a la que se llena depende de una cantidad de factores, que incluyen la cantidad de personas que usan la letrina y cuánta cantidad de agua ingresa en el pozo. Para diseñar el pozo de una letrina, es necesario considerar los cinco datos (también llamados variables) que se mencionan a continuación:



**Información clave para diseñar el pozo de una letrina**

1. **Número de usuarios (N):** la cantidad de personas que usarán la letrina regularmente.
2. **Vida útil (v):** la cantidad de años que lleva llenar el pozo.
3. **Forma y dimensiones del pozo:**

**- Largo (L)** y **ancho (A)** para un pozo rectangular o cuadrado, o

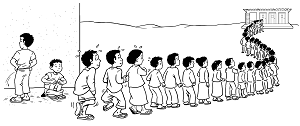
**- Diámetro (D)** (la distancia desde un lado del círculo al opuesto pasando por

el centro) para un pozo circular.

1. **- Profundidad del pozo (P):** cuán profundo es el pozo por debajo de la superficie.
2. **- Tasa de acumulación de lodo (T):** el volumen de lodo que se acumula en un pozo, un tanque o una cámara, por persona por año.

## Número de usuarios

La cantidad de personas que usen la letrina periódicamente afectará la velocidad a la que se llena el pozo y, por lo tanto, el tamaño requerido. En general, es la cantidad de personas que hay en el hogar.



## Vida útil

Los pozos de las letrinas pueden dividirse en las dos categorías siguientes, según su vida útil:

1. Letrina de largo plazo: todo pozo que esté diseñado para llenarse en más de dos años.
2. Letrina de corto plazo: todo pozo que esté diseñado para llenarse en dos años o menos.

En zonas rurales, los pozos simples suelen cavarse lo más profundo posible, para que lleve mucho tiempo en llenarse. Los pozos diseñados para durar 25-30 años no son poco comunes, y una vida útil de 15-20 años es razonable (Franceys et al., 1992). Para un pozo, se recomienda una vida útil mínima de 10 años (Reed, 2014).

En algunas zonas, las condiciones hacen que no sea práctico construir pozos profundos de vida útil prolongada. Por ejemplo, en zonas urbanas donde se lleva a cabo el vaciado de pozos o en zonas donde el fondo del pozo está a menos de 2 metros de distancia del agua subterránea.

Si la vida útil del pozo es inferior a 10 años, debería considerarse la construcción de dos pozos (también llamados pozos dobles o mellizos) y alternar su uso (Franceys et al., 1992). Cada pozo debería tener un mínimo de dos años de vida útil, para que los excrementos puedan degradarse y para que con el paso del tiempo se reduzcan la cantidad de agentes patógenos. Los excrementos son más seguros de manipular después de dos años y luego el pozo puede vaciarse y reutilizarse. Si los pozos se van a reutilizar, entonces se necesitan servicios locales de vaciado, tratamiento o eliminación de lodo, y el pozo debe revestirse para evitar que colapse al vaciarlo.

Para más información sobre el revestimiento de pozos, véase el "Manual de construcción de letrinas" de CAWST.



**Consejo de diseño**

Como regla general, los pozos de las letrinas deberían estar diseñados para durar la mayor cantidad de tiempo posible.

## Forma y dimensiones del pozo

Es necesario decidir qué forma tendrá el pozo antes de empezar a hacer cálculos o usar las tablas de diseño. Las formas comunes para los pozos son: cuadrada, rectangular o circular. El diseño del pozo suele seguir las tradiciones locales. Es posible que note que la mayoría de los hogares de una misma comunidad usen formas y dimensiones similares para los pozos.

La forma del pozo con frecuencia se selecciona en base a la profundidad del mismo. En general, los pozos profundos (más profundos que 1,5 metros aproximadamente)

son circulares, mientras que los pozos someros comúnmente son cuadrados o rectangulares. Frecuentemente, a las personas les resulta más fácil cavar pozos cuadrados o rectangulares y les resulta similar al proceso de construcción usado para construir sus viviendas (Franceys et al., 1992; Reed, 2014).

Al elegir la forma de un pozo, considere lo siguiente:

* Los pozos circulares tienen menos posibilidades de derrumbarse a mayor profundidad (más de 1,5 metros) porque la presión de la tierra circundante está extendida de manera pareja.
* Los pozos cuadrados o rectangulares tienden a derrumbarse más a menudo a mayor profundidad porque la presión se ejerce sobre los cuatro muros. Eso hace que sean las esquinas las que absorban la tensión.

Presión producida por el terreno circundante

Presión producida por el terreno circundante

(Fuente: Lifewater International, 2009)



**Consejo de diseño**

Los pozos suelen tener 1-1,5 metros de ancho, dado que ese tamaño es práctico para que una persona trabaje dentro del pozo al cavar. Si el ancho del pozo supera 1,5 metros, aumenta el riesgo de que las paredes colapsen. Asimismo, las letrinas que tienen pozos más anchos pueden ser más costosas de construir pues se necesitará una losa más grande y pueden llegar a necesitar más material para revestir el pozo.

(Tilley et al,, 2014 y Franceys et al,, 1992)

## Profundidad del pozo

Con frecuencia, es bueno cavar el pozo lo más profundo posible, pero eso depende de las condiciones del suelo, el costo de revestir el pozo, el método que se use para vaciarlo y el nivel freático (Franceys et al., 1992).

La profundidad total del pozo por debajo de la superficie debería incluir:

* La profundidad o volumen del pozo que se llenará con lodo.
* Al menos 0,5 metros en la parte superior del pozo que queden sin llenar: se considera que el pozo está lleno cuando los excrementos llegan a estar a 0,5 metros de la losa o de la parte superior del pozo.

Si el pozo se va a cerrar y cubrir en lugar de vaciar, el espacio de 0,5 metros en la parte superior del pozo brinda una capa segura de cobertura con tierra. Los 0,5 metros de tierra colocados encima de los excrementos harán que la zona sea segura para que nadie que camine sobre el pozo viejo se hunda en él. También ayudará a evitar que los animales caven en el pozo, buscando alimentos. Asimismo, el espacio adicional de 0,5 metros evita que los excrementos salpiquen al usuario si el pozo se llena, esconde la vista desagradable de los excrementos del pozo y reduce los problemas con los olores y las moscas  (Franceys et al., 1992; Reed, 2014).

\*0,5 metros sin llenarse para poder cubrir con suelo

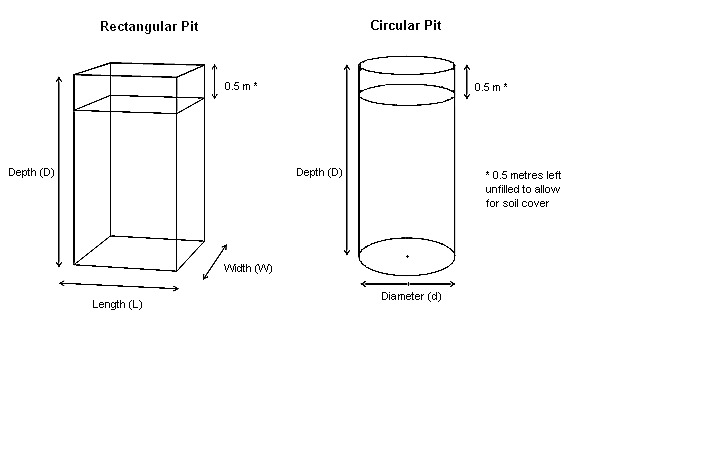
Ancho (A)

Profunidad (P)

Profunidad (P)

Fosa circular

Fosa rectangular



(Fuente: Lifewater International, 2009)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Variables de un pozo cuadrado o rectangular** | |  | **Variables de un pozo circular** | |
| **P =** | Profundidad (metros) |  | **P =** | Profundidad (metros) |
| **L =** | Largo (metros) | **D =** | Diámetro (metros) |
| **A =** | Ancho (metros) |  |  |
| **N =** | Número de usuarios (personas)  Largo (L) | **N =** | Número de usuarios (personas)  Diámetro (D) |
| **T =** | Tasa de acumulación de lodo (litros/persona/año) | **T =** | Tasa de acumulación de lodo (litros/persona/año) |
| **v =** | Vida útil (años) | **v =** | Vida útil (años) |



**Consejos de diseño**

* Generalmente, los pozos simples tienen al menos 3 metros de profundidad  (Franceys et al., 1992).
* El fondo del pozo debe estar ubicado al menos 2 metros por encima del nivel freático anual más alto (Franceys et al., 1992). Para más información, véase el resumen técnico de CAWST "Emplazamiento de letrinas".
* Es imposible vaciar el lodo manualmente (con palas y baldes) de pozos que tienen una profundidad superior a 1,5 metros, a menos que quien vacíe el lodo ingrese al pozo, lo cual supone un riesgo grave para la salud y la seguridad. En general, los camiones de succión solo pueden aspirar hasta 2 o 3 metros de profundidad y deben poder estacionar a menos de 30 metros del pozo (según la potencia de la bomba). Se debe buscar un punto intermedio entre la profundidad del pozo y la frecuencia y la dificultad de vaciado. Los pozos poco profundos (de menos de 1,5 metros de profundidad) son más fáciles de vaciar y suponen menos riesgos para la salud de quien vacía el pozo en comparación con los pozos más profundos, pero hace falta vaciarlos más frecuentemente (Buckley et al., 2008; Still y Foxon, 2012; Tilley et al., 2014).

## Tasa de acumulación de lodo

La tasa de acumulación de lodo (T) es el volumen de lodo que se acumula en un pozo con el paso del tiempo. La unidad de medida es litros/persona/año. En el diagrama siguiente se ilustra cómo se llena un pozo con el paso del tiempo.

**Degradación**

**(Proceso biológico)**

**Infiltración (si el pozo es permeable)**

**Heces**

**Orina**

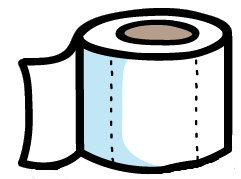
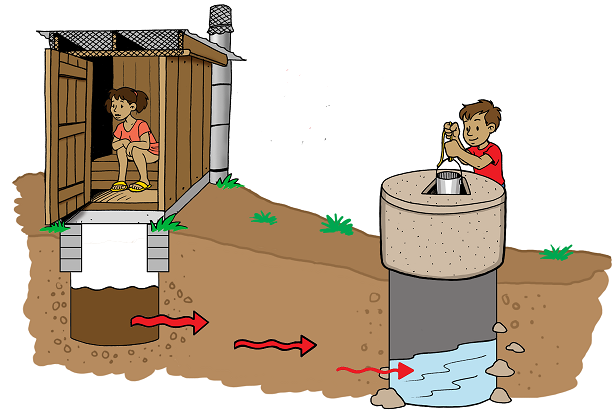
**Agua**

**Materiales de limpieza anal**

**Residuos sólidos**

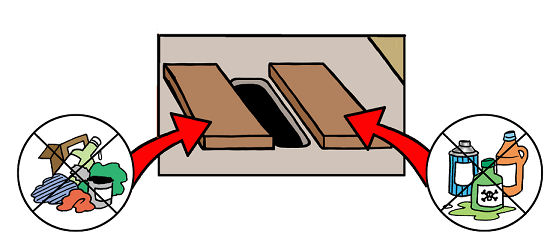
Acumulación de lodo en el pozo de una letrina

Hay diversos factores sociales, técnicos y ambientales que influyen sobre la tasa de acumulación de lodo, entre ellos:

* La cantidad de heces y orina excretados diariamente por los individuos: esta cantidad varía de manera bastante en función del consumo de agua, el clima, la alimentación y la profesión.
* El tipo de material usado para la limpieza anal: los materiales degradables de limpieza anal (como el papel y las hojas) se descomponen dentro del pozo con el paso del tiempo, lo cual reduce el volumen. Las letrinas que usan materiales degradables tienen una tasa inferior de acumulación de lodo en comparación con las que usan materiales de limpieza anal que no son degradables (como piedras o plástico).
* La cantidad de agua que ingresa al poco: las letrinas que usan agua para arrastrar los desechos y tienen más agua en el pozo tienen tasas inferiores de acumulación de lodo que las letrinas secas. La degradación biológica es más completa en el agua, donde las condiciones son anaeróbicas o donde no hay oxígeno (Still y Foxon, 2012). El agua también arrastra los componentes solubles del lodo, como los agentes patógenos, el material orgánico, la grasa y los nutrientes, hacia afuera del pozo y dentro del suelo circundante (Buckley et al., 2008).
* La capacidad de infiltración del pozo: en general, los pozos están diseñados con paredes permeables que permiten la infiltración, por lo cual los líquidos salen del pozo e ingresan en el suelo circundante. La cantidad de líquido que se puede infiltrar en el suelo se ve afectada por el revestimiento del pozo y las condiciones del terreno.

Si el pozo no tiene revestimiento o tiene un revestimiento permeable y el suelo es permeable, entonces los líquidos del pozo se infiltrarán en el suelo circundante. Si se usan cantidades abundantes de agua, puede que no se infiltre toda en el suelo y que parte quede dentro del pozo. Con el paso del tiempo, los poros del suelo también se obstruirán, lo cual reducirá o detendrá la infiltración. Por ese motivo, se debería usar una tasa de acumulación de lodo más alta o más prudente, en particular en zonas donde, en principio, las tasas de infiltración del suelo son relativamente bajas.

Si el suelo tiene permeabilidad baja (como la arcilla) o si el pozo tiene un revestimiento impermeable, los líquidos no se infiltrarán en el suelo. En esos casos, el pozo se llenará más rápido, en especial si se agrega el agua de arrastre al pozo.

* Otros materiales que se agreguen al pozo: en realidad, las personas suelen tirar basura en las letrinas de pozo si no hay un sistema adecuado de gestión de los residuos sólidos. Agregar otros materiales, en particular los que no se descomponen fácilmente, aumentará la tasa de acumulación de lodo (Buckley et al., 2008; Still y Foxon, 2012). Los desechos sólidos podrían incluir productos sanitarios usados para la higiene menstrual, preservativos, desechos sanitarios (como agujas usadas), papel, metal, vidrio y material orgánico (como desechos de la cocina y el jardín). Esos materiales también harán que vaciar el pozo sea difícil e inseguro.
* La actividad biológica del pozo: con el paso del tiempo, los microbios ayudan a degradar y reducir la cantidad de lodo que hay dentro del pozo. La temperatura, el pH, el nivel de amoníaco y el contenido de agua del pozo afectan la actividad microbiana y la tasa de acumulación de lodo. Las letrinas húmedas que tienen agua dentro del pozo descomponen los excrementos más rápido, lo cual contribuye a que la tasa de acumulación de lodo sea más baja en comparación con las letrinas secas que no tienen agua en el pozo o tienen muy poca cantidad (Bester et al., 2000 citado en Buckley et al., 2008).

Medir la tasa local de acumulación de lodo en base a los factores mencionados puede ser difícil y suele ser imposible. Ante la ausencia de mediciones locales, pueden usarse como guía las tasas de acumulación de lodo dadas en la siguiente tabla:

**Tabla 1: Tasas de acumulación de lodo**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Condiciones del pozo** | **Tasa de acumulación de lodo (T) (litros/persona/año)** | |
| Materiales degradables de limpieza anal (p. ej., papel, hojas) y agua | Materiales no degradables de limpieza anal (p. ej., piedras, plástico) |
| Agua dentro del pozo (p. ej., letrina de arrastre hidráulico) | 40 | 60 |
| Pozo seco (p. ej., no hay agua en el pozo o hay poca cantidad) | 60 | 90 |

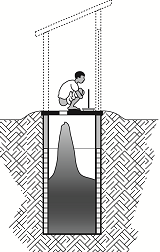
(Adaptado a partir de Franceys et al., 1992)

**Nota:** los números de la tabla anterior son tasas de acumulación de lodo a largo plazo. Esas tasas son muy bajas para letrinas de corto plazo (letrinas que se usan durante dos años aproximadamente) dado que no hay tiempo suficiente para que los excrementos se descompongan y reduzcan su volumen. Franceys et al. (1992) recomienda incrementar la tasa de acumulación de lodo (T) un 50% para letrinas de corto plazo (2 años o menos), multiplicando T por 1,5 en los cálculos para ese tipo de letrinas.

**Estudio de caso: Sudáfrica**

En un estudio de letrinas VIP en Sudáfrica, se descubrió que una tasa de acumulación de lodo de 40 litros/persona/año es razonable. Sin embargo, para el diseño de letrinas, se recomendó usar una tasa más prudente de 60 litros/persona/año para garantizar que los pozos no se llenen antes del tiempo planificado para vaciarlos.

(Still y Foxon, 2012)

**Climas fríos**

Debido a la ralentización del proceso biológico, la falta de infiltración

y el asentamiento o acumulación desparejos de los excrementos, los pozos deberían diseñarse de un tamaño más grande para climas fríos. La tasa de acumulación de lodo debería incrementarse incluso hasta un 100% (Buttle y Smith, 2004).

Los datos de las fosas sépticas muestran que la acumulación de lodo puede aumentar un 50-90% en climas donde la temperatura atmosférica es inferior a 10ºC en invierno, en comparación con zonas donde es superior a 20ºC todo el año (Reed, 2014b).

El lodo puede congelarse en climas fríos y formar una pirámide

(Fuente: Chatterton/WEDC, 2013)

Véase el resumen técnico de CAWST "Letrinas para entornos difíciles"

para obtener información sobre el diseño de letrinas para climas fríos.

# Cálculos con tablas de diseño

En esta sección, se presentan tablas que ya tienen calculadas diversas dimensiones y profundidades para los pozos. Se pueden usar las tablas para conocer la profundidad requerida para el pozo, en función de las siguientes variables:

* Cantidad de usuarios habituales (4, 6 u 8 personas)
* Vida útil (2, 5, 10 o 15 años)
* Forma del pozo (cuadrado/rectángulo o círculo)
* Dimensiones del pozo (largo y ancho o diámetro)
* Tasa de acumulación de lodo (40, 60 o 90 litros/persona/año).

Las tablas no abarcan todas las opciones posibles y pueden no ser útiles para todas las circunstancias. Si ninguna de las opciones responde a sus necesidades, entonces tendrá que diseñar el pozo haciendo cálculos manuales. En la sección 4, "Cálculos manuales", se explica cómo hacerlo.

**Tabla 2: Dimensiones y profundidad del pozo para 4 usuarios habituales (N = 4)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dimensiones del pozo** | **Profundidad (P) del pozo (metros)** | | | | | | | | | | | |
| **2 años de vida útil1** | | | **5 años de vida útil** | | | **10 años de vida útil** | | | **15 años de vida útil** | | |
| **Pozo cuadrado/rectangular**  **Largo (L) x Ancho (A) (metros)** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** |
| 1,0 x 1,0 (cuadrado) | 1,0 | 1,2 | 1,6 | 1,3 | 1,7 | 2,3 | 2,1 | 2,9 | 4,1 | 2,9 | 4,1 | 5,9 |
| 1,0 x 1,2 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 1,8 | 2,5 | 3,5 | 2,5 | 3,5 | 5,0 |
| 1,0 x 1,5 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 1,6 | 2,1 | 2,9 | 2,1 | 2,9 | 4,1 |
| 1,2 x 1,2 (cuadrado) | 0,8 | 1,0 | 1,3 | 1,1 | 1,3 | 1,8 | 1,6 | 2,2 | 3,0 | 2,2 | 3,0 | 4,3 |
| 1,2 x 1,5 | 0,8 | 0,9 | 1,1 | 0,9 | 1,2 | 1,5 | 1,4 | 1,8 | 2,5 | 1,8 | 2,5 | 3,5 |
| 1,5 x 1,5 (cuadrado) | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 0,9 | 1,0 | 1,3 | 1,2 | 1,6 | 2,1 | 1,6 | 2,1 | 2,9 |
| **Pozo circular**  **Diámetro (D) (metros)** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** |
| 1,0 | 1,1 | 1,4 | 1,9 | 1,5 | 2,0 | 2,8 | 2,5 | 3,6 | 5,1 | 3,6 | 5,1 | 7,4 |
| 1,1 | 1,0 | 1,3 | 1,6 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 2,2 | 3,0 | 4,3 | 3,0 | 4,3 | 6,2 |
| 1,2 | 0,9 | 1,1 | 1,5 | 1,2 | 1,6 | 2,1 | 1,9 | 2,6 | 3,7 | 2,6 | 3,7 | 5,3 |
| 1,3 | 0,9 | 1,0 | 1,3 | 1,1 | 1,4 | 1,9 | 1,7 | 2,3 | 3,2 | 2,3 | 3,2 | 4,6 |
| 1,4 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 1,5 | 2,1 | 2,8 | 2,1 | 2,8 | 4,0 |
| 1,5 | 0,8 | 0,9 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 1,4 | 1,9 | 2,5 | 1,9 | 2,5 | 3,6 |

1 En los cálculos para pozos de 2 años de vida útil, se ha tenido en cuenta la reducción limitada de volumen que ocurrirá a causa de la descomposición en ese período corto, multiplicando las tasas de acumulación de lodo (T) por 1,5.

**Tabla 3: Dimensiones y profundidad del pozo para 6 usuarios habituales (N = 6)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dimensiones del pozo** | **Profundidad (P) del pozo (metros)** | | | | | | | | | | | |
| **2 años de vida útil1** | | | **5 años de vida útil** | | | **10 años de vida útil** | | | **15 años de vida útil** | | |
| **Pozo cuadrado/rectangular**  **Largo (L) x Ancho (A) (metros)** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** |
| 1,0 x 1,0 (cuadrado) | 1,2 | 1,6 | 2,1 | 1,7 | 2,3 | 3,2 | 2,9 | 4,1 | 5,9 | 4,1 | 5,9 | 8,6 |
| 1,0 x 1,2 | 1,1 | 1,4 | 1,9 | 1,5 | 2,0 | 2,8 | 2,5 | 3,5 | 5,0 | 3,5 | 5,0 | 7,3 |
| 1,0 x 1,5 | 1,0 | 1,2 | 1,6 | 1,3 | 1,7 | 2,3 | 2,1 | 2,9 | 4,1 | 2,9 | 4,1 | 5,9 |
| 1,2 x 1,2 (cuadrado) | 1,0 | 1,3 | 1,6 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 2,2 | 3,0 | 4,3 | 3,0 | 4,3 | 6,1 |
| 1,2 x 1,5 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 1,8 | 2,5 | 3,5 | 2,5 | 3,5 | 5,0 |
| 1,5 x 1,5 (cuadrado) | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 1,6 | 2,1 | 2,9 | 2,1 | 2,9 | 4,1 |
| **Pozo circular**  **Diámetro (D) (metros)** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** |
| 1,0 | 1,4 | 1,9 | 2,6 | 2,0 | 2,8 | 3,9 | 3,6 | 5,1 | 7,4 | 5,1 | 7,4 | 10,8 |
| 1,1 | 1,3 | 1,6 | 2,2 | 1,8 | 2,4 | 3,3 | 3,0 | 4,3 | 6,2 | 4,3 | 6,2 | 9,0 |
| 1,2 | 1,1 | 1,5 | 1,9 | 1,6 | 2,1 | 2,9 | 2,6 | 3,7 | 5,3 | 3,7 | 5,3 | 7,7 |
| 1,3 | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 1,4 | 1,9 | 2,5 | 2,3 | 3,2 | 4,6 | 3,2 | 4,6 | 6,6 |
| 1,4 | 1,0 | 1,2 | 1,6 | 1,3 | 1,7 | 2,3 | 2,1 | 2,8 | 4,0 | 2,8 | 4,0 | 5,8 |
| 1,5 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 1,9 | 2,5 | 3,6 | 2,5 | 3,6 | 5,1 |

**Tabla 4: Dimensiones y profundidad del pozo para 8 usuarios habituales (N = 8)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dimensiones del pozo** | **Profundidad (P) del pozo (metros)** | | | | | | | | | | | |
| **2 años de vida útil1** | | | **5 años de vida útil** | | | **10 años de vida útil** | | | **15 años de vida útil** | | |
| **Pozo cuadrado/rectangular**  **Largo (L) x Ancho (A) (metros)** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** |
| 1,0 x 1,0 (cuadrado) | 1,5 | 1,9 | 2,7 | 2,1 | 2,9 | 4,1 | 3,7 | 5,3 | 7,7 | 5,3 | 7,7 | 11,3 |
| 1,0 x 1,2 | 1,3 | 1,7 | 2,3 | 1,8 | 2,5 | 3,5 | 3,2 | 4,5 | 6,5 | 4,5 | 6,5 | 9,5 |
| 1,0 x 1,5 | 1,1 | 1,5 | 1,9 | 1,6 | 2,1 | 2,9 | 2,6 | 3,7 | 5,3 | 3,7 | 5,3 | 7,7 |
| 1,2 x 1,2 (cuadrado) | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 1,6 | 2,2 | 3,0 | 2,7 | 3,8 | 5,5 | 3,8 | 5,5 | 8,0 |
| 1,2 x 1,5 | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 1,4 | 1,8 | 2,5 | 2,3 | 3,2 | 4,5 | 3,2 | 4,5 | 6,5 |
| 1,5 x 1,5 (cuadrado) | 0,9 | 1,1 | 1,5 | 1,2 | 1,6 | 2,1 | 1,9 | 2,6 | 3,7 | 2,6 | 3,7 | 5,3 |
| **Pozo circular**  **Diámetro (D) (metros)** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** | **T=40** | **T=60** | **T=90** |
| 1,0 | 1,7 | 2,3 | 3,3 | 2,5 | 3,6 | 5,1 | 4,6 | 6,6 | 9,7 | 6,6 | 9,7 | 14,3 |
| 1,1 | 1,5 | 2,0 | 2,8 | 2,2 | 3,0 | 4,3 | 3,9 | 5,6 | 8,1 | 5,6 | 8,1 | 11,9 |
| 1,2 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 1,9 | 2,6 | 3,7 | 3,3 | 4,7 | 6,9 | 4,7 | 6,9 | 10,1 |
| 1,3 | 1,2 | 1,6 | 2,1 | 1,7 | 2,3 | 3,2 | 2,9 | 4,1 | 5,9 | 4,1 | 5,9 | 8,6 |
| 1,4 | 1,1 | 1,4 | 1,9 | 1,5 | 2,1 | 2,8 | 2,6 | 3,6 | 5,2 | 3,6 | 5,2 | 7,5 |
| 1,5 | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 1,4 | 1,9 | 2,5 | 2,3 | 3,2 | 4,6 | 3,2 | 4,6 | 6,6 |

1 En los cálculos para pozos de 2 años de vida útil, se ha tenido en cuenta la reducción limitada de volumen que ocurrirá a causa de la descomposición en ese período corto, multiplicando las tasas de acumulación de lodo (T) por 1,5.

## Preguntas de práctica

Responder las siguientes preguntas usando la tabla 1, llamada "Tasas de acumulación de lodo", y las tablas de diseño de la sección 3. Las soluciones están al final de esta sección.

**Pregunta 1**

* Una familia de 4 personas quiere construir un pozo rectangular para su letrina de pozo seco.
* Quieren que el pozo tenga un largo de 1,0 metros y un ancho de 1,2 metros.
* Quieren poder usar la letrina durante 5 años antes de construir una nueva.
* Usan hierba y hojas para la limpieza anal.

¿Cuán profundo debería ser el pozo?

**Pregunta 2**

* Una familia de 4 personas quiere construir un pozo circular para su letrina VIP seca.
* Quieren que el pozo tenga un diámetro de 1,2 metros.
* Quieren poder usar la letrina durante 15 años antes de construir una nueva.
* Usan periódicos viejos para la limpieza anal.

¿Cuán profundo debería ser el pozo?

**Pregunta 3**

* Una familia de 8 personas quiere construir una letrina de arrastre hidráulico.
* Quieren construir un pozo circular que tenga un diámetro de 1,3 metros.
* Quieren usar la letrina durante 10 años y luego vaciarla con un camión de succión.
* Usan agua para la limpieza anal.

¿Cuán profundo debería ser el pozo? ¿Qué dificultades podrían encontrarse con la profundidad de este pozo?

**Pregunta 4**

* Una familia de 6 personas quiere construir una letrina VIP seca.
* Quieren construir un pozo rectangular de 1,2 metros de largo y 1,5 metros de ancho.
* Quieren usar la letrina durante 10 años antes de construir una nueva.
* Usan rocas para la limpieza anal.

¿Cuán profundo debería ser el pozo?

**Pregunta 5**

* Una familia de 6 personas quiere construir dos pozos circulares para su letrina de arrastre hidráulico con pozo desplazado.
* Quieren que cada pozo tenga un diámetro de 1 metro.
* Vaciarán cada pozo manualmente después de 2 años.
* Usan papel para la limpieza anal.

¿Cuán profundo debería ser cada pozo? ¿Hay alguna dificultad con la profundidad de este pozo?

**Pregunta 6 (pregunta de desafío)**

* Una familia de 5 personas quiere construir una letrina de arrastre hidráulico.
* Quieren construir un pozo rectangular que tenga un largo de 1,5 metros y un ancho de 1 metro.
* Quieren usar la letrina durante 5 años.
* Usan agua para la limpieza anal.

¿Cuán profundo debería ser el pozo?

**Pregunta 7 (pregunta de desafío)**

* Una familia de 6 personas quiere construir una letrina de arrastre hidráulico.
* Quieren construir un pozo rectangular que tenga un largo de 1,5 metros y un ancho de 1 metro.
* Quieren usar la letrina durante 7 años.
* Usan agua para la limpieza anal.

¿Cuán profundo debería ser el pozo?

**Pregunta 8 (pregunta de desafío)**

* Una familia de 6 personas quiere construir una letrina de pozo seco.
* Quieren cavar un pozo circular de 1,5 metros de diámetro y 1,5 metros de profundidad.
* Usan papel para la limpieza anal.

¿Cuánto tiempo durará el pozo?

**Pregunta 9 (pregunta de desafío)**

* Una familia de 8 personas quiere construir un pozo rectangular para su letrina de pozo seco.
* El nivel freático anual más alto es 3,3 metros por debajo de la superficie.
* Quieren poder usar la letrina durante 2 años antes de construir una nueva.
* Usan hierba y hojas para la limpieza anal.

¿Cuál es el largo y el ancho del pozo?

**Respuestas a las preguntas de práctica:**

1. Usando la tabla 2, T = 60, P = 1,5 metros.
2. Usando la tabla 2, T = 60, P = 3,7 metros.
3. Usando la tabla 4, T = 40, P = 2,9 metros.

Debate: generalmente, los camiones de succión solo pueden aspirar hasta una profundidad de 2 a 3 metros, según la potencia de la bomba que tengan. Los miembros del hogar deberían contactar al servicio local de vaciado de pozos para asegurarse de que un camión de succión pueda trabajar en esa situación o deberían volver a dimensionar el pozo para que sea menos profundo.

1. Usando la tabla 3, T = 90, P = 3,5 metros.
2. Usando la tabla 3, T = 40, P = 1,4 metros.

Debate: vaciar el lodo de pozos que tienen más de 1,5 metros de profundidad es imposible si se usan métodos manuales, a menos que la persona que vacía el pozo ingrese a éste, lo cual representa un riesgo grave para la salud y la seguridad.

Este pozo está cerca del límite de profundidad, por lo cual los miembros del hogar deberían contactar al servicio local de vaciado de pozos para asegurarse de que no sea muy profundo para vaciarlo manualmente.

1. Paso 1: familia de 4 personas, usando la tabla 2, T = 40, P = 1,0 metros.

Paso 2: familia de 6 personas, usando la tabla 3, T = 40, P = 1,3 metros.

Paso 3: familia de 5 personas, punto intermedio entre las respuestas del paso 1 y el paso 2, P = 1,15 o redondeo a

1,2 metros.

1. Paso 1: 5 años, usando la tabla 3, T = 40, P = 1,3 metros.

Paso 2: 10 años, usando la tabla 3, T = 40, P = 2,1 metros.

Paso 3: 7 años, casi a mitad de camino entre las respuestas del paso 1 y el paso 2, P = 1,7 metros.

1. Usando la tabla 3, T = 60, v = 5 años
2. Usando la tabla 4, T = 60, L = 1,2 metros, A = 1,5 metros.

# Cálculos manuales

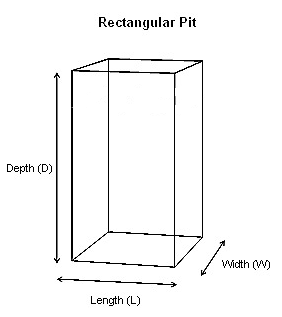
En esta sección, se explicarán las fórmulas que se usan para calcular los tamaños de los pozos de las letrinas. Luego, será guiado a través de preguntas de ejemplo y de práctica para pozos de letrinas de largo plazo (vida útil superior a 2 años) y de corto plazo (2 años de vida útil o menos).

## Cálculo del área y el volumen de los pozos en base a las dimensiones

Empezaremos con las formas de los pozos y las fórmulas necesarias para averiguar el área y el volumen de los pozos, en base a sus dimensiones.

### Pozo rectangular

El área y volumen de un pozo rectangular se puede calcular a partir de las tres dimensiones del pozo:

* **Profundidad**
* **Largo**
* **Ancho**

Ancho (A)

Largo (L)

Profundidad

Fosa rectangular

Un pozo de forma rectangular está formado por 3 grupos de rectángulos que tienen diferentes dimensiones:

1. **La base y la parte superior** son iguales.
2. **La parte de adelante y la de atrás** son iguales.
3. **Los laterales** son iguales.

***Base y parte superior***

Largo (L)

Ancho (A)

Esta es la forma que se ve cuando se mira el pozo desde arriba.

El largo y el ancho del pozo se determinan generalmente a partir del tamaño de la losa que uno tenga o pueda construir.

***Partes de adelante y de atrás***

Largo (L)

Profundidad (P)

La profundidad se crea a medida que se cava el pozo.

Los rectángulos de la *parte de adelante y de atrás* comparten la misma longitud con los rectángulos de la *base y la parte de arriba*.

Las dimensiones de este rectángulo son el largo (L) y la profundidad (P).

Ancho (A)

Profundidad (P)

***Laterales***

Los rectángulos de los *laterales* tienen la misma profundidad (P) que los rectángulos de la *parte de adelante y de atrás*.

Tiene también el mismo ancho (A) que los rectángulos de la *base y parte de arriba*.

***Área***

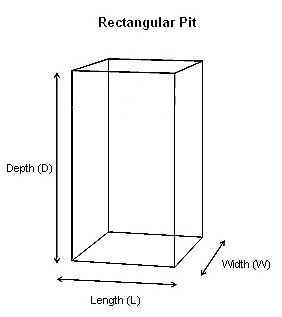
En el cálculo de pozos de letrinas, el *área* se refiere al área del *rectángulo de la base y la parte de arriba*.

Largo (L)

Ancho (A)



* El largo y el ancho se miden en metros (m).
* El área se mide en metros cuadrados (m2).

***Volumen***

Fosa rectangular

*A partir de la fórmula anterior, sabemos que: a = L x A*

****

Profundidad (P)

En los cálculos del pozo, la fórmula del volumen se cambia de orden para resolver la profundidad.



Ancho (A)

Largo (L)

La profundidad se mide en metros (m).

El área se mide en metros cuadrados (m2).

El volumen se mide en metros cúbicos (m3).

### Pozo circular

El área y el volumen para un pozo circular se puede calcular a partir de las dos dimensiones del pozo: **profundidad y diámetro** (la distancia que cruza el círculo por la mitad).

Profundidad (P)

Diámetro (D)

**Pozo circular**

A la forma circular de un pozo se la denomina cilindro. Está formado por dos círculos idénticos que están en la base y en la parte de arriba, y un rectángulo que se enrolla alrededor de ellos. Si se desenrollara un cilindro y se lo dejara en su forma plana, se vería así:

Diámetro (D)

Profundidad (P)

Largo (L)

***Área***

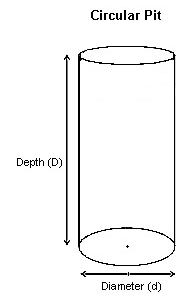


Diámetro (D)

* El diámetro se mide en metros (m).
* El área se mide en metros cuadrados (m2).
* 3,14 es el valor redondeado del valor pi (π).

***Volumen***

*A partir de la fórmula anterior, sabemos que:* 

****

Fosa circular

En los cálculos del pozo, la fórmula del volumen se cambia de orden para resolver la profundidad.

Profundidad (P)



Diámetro (d)

* La profundidad se mide en metros (m).
* El área se mide en metros cuadrados (m2).
* El volumen se mide en metros cúbicos (m3).

## Cálculo del volumen de un pozo en base al uso

El volumen del pozo de una letrina se calcula en base su uso y a sus dimensiones. La siguiente fórmula indica qué volumen necesita el pozo:

**Espacio necesario para cubrir con tierra**

* Esta parte de la fórmula sirve para tener en cuenta el volumen extra que se necesita en la parte superior del pozo para cubrirlo con tierra. Los excrementos no cubrirán ese espacio.
* Esta es la fórmula para el volumen, en la cual 0,5 metros es la profundidad del relleno de cobertura.

**Cantidad de material que entra al pozo**

* Esta parte de la fórmula indica cuánto material (p. ej., excrementos, material de limpieza anal) entrará en el pozo.
* El 1000 es un valor de conversión para pasar de litros (presentes en la tasa de acumulación de lodo) a metros cúbicos.







Esta fórmula puede reacomodarse para calcular la cantidad de años que puede usarse la letrina. Puede que necesite usar esta fórmula cuando las dimensiones del pozo se vean limitadas por la profundidad del nivel freático. La base del pozo debe estar al menos a dos metros por encima del agua subterránea.



## Pozos de letrinas de corto y largo plazo

Las fórmulas para letrinas de corto y largo plazo son casi idénticas. La única diferencia está en la fórmula de volumen basado en el uso. En la siguiente tabla, se explican los cambios a la fórmula de volumen basado en el uso, según la vida útil de la letrina.

**Tabla 5: Fórmulas de volumen en base a la vida útil de la letrina**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Vida útil** | **Fórmula** | **Explicación** |
| Letrinas de largo plazo |  | Esta es la fórmula de volumen básica para cualquier pozo de letrina que esté diseñado para llenarse en más de 2 años. |
| Letrinas de corto plazo |  | El proceso natural de descomposición de los excrementos y la reducción de volumen se tienen en cuenta en las tasas (T) de acumulación de lodo que se mencionan en la tabla 1. Sin embargo, esas tasas son demasiado lentas para letrinas de corto plazo dado que no hay tiempo suficiente para que los excrementos se descompongan y reduzcan su volumen. Esas tasas deben incrementarse un 50% para letrinas de corto plazo (Franceys et al., 1992), |

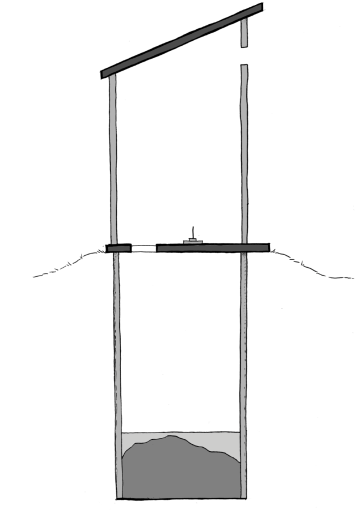
## Resumen de fórmulas

Use la información de esta sección como referencia y como ayuda para trabajar en las preguntas de ejemplo y de práctica.

**Tabla 6: Resumen de fórmulas**

| **¿Qué se calcula?** | **Fórmula a utilizar** | **Variables a encontrar** |
| --- | --- | --- |
| **Área: rectangular** |  | a: área (m2)  L: largo (m)  A: ancho (m) |
| **Área: circular** |  | a: área (m2)  D: diámetro (m) |
| **Profundidad: rectangular** |  | P: profundidad (m)  V: volumen (m3)  a: área (m2) |
| **Profundidad: circular** |  | P: profundidad (m)  V: volumen (m3)  a: área (m2) |
| **Volumen: rectangular** |  | V: volumen (m3)  P: profundidad (m)  a: área (m2) |
| **Volumen: circular** |  | V: volumen (m3)  D: diámetro (m)  P: profundidad (m) |
| **Volumen en base al uso: letrina de largo plazo** |  | V: volumen (m3)  N: número de usuarios  v: vida útil  a: área de la base del pozo (m2)  T: tasa de acumulación de lodo (litros/persona/año) |
| **Volumen en base al uso: letrina de corto plazo** |  | V: volumen (m3)  N: número de usuarios  v: vida útil  a: área de la base del pozo (m2)  T: tasa de acumulación de lodo (litros/persona/año) |
| **Vida útil** |  | V: volumen (m3)  N: Número de usuarios  v: vida útil (años)  a: área (m2)  T: tasa de acumulación de lodo (litros/persona/año) |

## Preguntas de ejemplo

A continuación, se dan ejemplos con respuestas, para ayudar a comprender cómo diseñar pozos de letrinas usando las fórmulas.

### Letrina de largo plazo – Rectangular, averiguar la profundidad

* Una familia de 4 personas quiere construir un pozo rectangular para su letrina de pozo seco.
* Quieren que el pozo tenga un largo de 1,2 metros y un ancho de 1,0 metro.
* Quieren poder usarla durante 6 años.
* Usan hierba y hojas para la limpieza anal.

¿Cuán profunda debería ser su letrina?

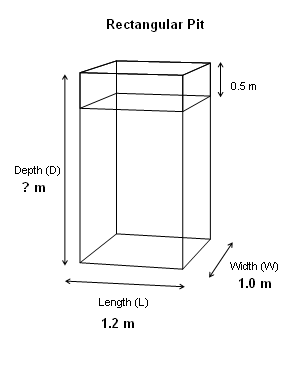
(Fuente: Lifewater International, 2009)

**Paso 1: Información conocida – Escriba las variables y sus valores. Identifique las variables que necesita resolver.**

*Usamos una tasa de acumulación de lodo de 60 litros/persona/año porque el pozo está en gran medida seco y porque se usan materiales degradables de limpieza anal (p. ej., hojas y hierba).*

****

**Paso 2: Dibujar y etiquetar el diagrama – Dibuje un diagrama del pozo y etiquete todas las dimensiones.**



*Estamos intentando encontrar la profundidad (P) del pozo.*

**Paso 3: Fórmulas – Escriba la fórmula para la variable que está intentando calcular. Verifique si tiene los valores para todas las variables de la fórmula. Si no se dan los valores, encuentre una fórmula que le dé el valor que falta de la variable que quiere. Asegúrese de que está usando la fórmula adecuada para la forma y tipo de letrina.**

* *La primera fórmula da la profundidad, pero no sabemos el valor de a (área) ni V (volumen).*
* *La segunda fórmula da el valor de V (volumen), pero no sabemos el valor de a (área).*
* *La tercera fórmula da el valor de a (área) en base al largo y al ancho, valores que sí tenemos.*

**Paso 4: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**

*Primero calculamos el valor de a (área) porque conocemos los valores de L (largo) y A (ancho).*





**Paso 5: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**

*A partir de la fórmula anterior, ahora conocemos el valor de a. Ahora podemos resolver V.*



* *Complete todos los valores de las variables.*
* *Haga todas las multiplicaciones primero.*
* *Divida 1440 por 1000.*
* *Sume 1,4 y 0,6.*

**Paso 6: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**



*Calcule P (profundidad) usando los valores de a y V que encontró en los dos pasos previos.*

**Paso 7: Escriba la respuesta.**

La profundidad del pozo debe ser 1,7 metros para que dure 6 años.

### Letrina de largo plazo – Circular, averiguar la profundidad

* Una familia de 4 personas quiere construir un pozo circular para su letrina VIP seca.
* Quieren que el pozo tenga un diámetro de 1,2 metros.
* Quieren poder usarla durante 6 años.
* Usan hierba y hojas para la limpieza anal.

¿Cuán profunda debería ser su letrina?

(Fuente: Lifewater International, 2009)

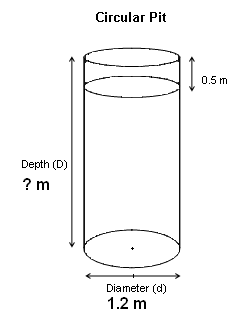
**Paso 1: Información conocida – Escriba las variables y sus valores. Identifique las variables que necesita resolver.**

*Usamos una tasa de acumulación de lodo de 60 litros/persona/año porque el pozo está en gran medida seco y porque se usan materiales degradables de limpieza anal (p. ej., hojas y hierba).*

****

**Paso 2: Dibujar y etiquetar el diagrama – Dibuje un diagrama del pozo y etiquete todas las dimensiones.**

*Estamos intentando encontrar la profundidad (P) del pozo.*



**Paso 3: Fórmulas – Escriba la fórmula para la variable que está intentando calcular. Verifique si tiene los valores para todas las variables de la fórmula. Si no se dan los valores, encuentre una fórmula que le dé el valor que falta de la variable que quiere. Asegúrese de que está usando la fórmula adecuada para la forma y tipo de letrina.**

* *La primera fórmula da la profundidad, pero no sabemos el valor de a (área) ni V (volumen).*
* *La segunda fórmula da el valor de V (volumen), pero no sabemos el valor de a (área).*
* *La tercera fórmula da el valor de a (área) basado en d (diámetro), el cual conocemos.*

**Paso 4: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**

*Primero calculamos el valor de a (área) porque conocemos el valor de d (diámetro).*



**Paso 5: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**

* *A partir de la fórmula anterior, ahora conocemos el valor de a. Ahora podemos resolver V.*
* *Complete todos los valores de las variables.*
* *Haga todas las multiplicaciones primero.*
* *Divida 1440 por 1000.*
* *Sume 1,4 y 0,6.*



**Paso 6: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**



*Calcule P (profundidad) usando los valores de a y V que encontró en los dos pasos previos.*

**Paso 7: Escriba la respuesta.**

La profundidad del pozo debe ser 1,8 metros para que dure 6 años.

### Letrina de largo plazo – Circular, averiguar la vida útil

* Una familia de 8 personas quiere construir una letrina de arrastre hidráulico.
* Quieren construir un pozo circular que tenga un diámetro de 1,3 metros.
* La profundidad de la napa freática es 3,1 metros.
* Usan papel para la limpieza anal.

¿Cuál es la profundidad máxima que puede tener el pozo? ¿Cuánto tiempo durará el pozo?

(Fuente: Lifewater International, 2009)

**Paso 1: Información conocida – Escriba las variables y sus valores. Identifique las variables que necesita resolver.**

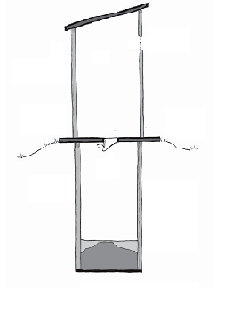
*Necesitamos hallar los valores de la vida útil y la profundidad.*

****

*Usamos una tasa de acumulación de lodo de 40 litros/persona/año porque dentro del pozo está húmedo y se usa material degradable para la limpieza anal.*

**Paso 2: Dibujar y etiquetar el diagrama – Dibuje y etiquete un diagrama de la letrina con respecto al nivel freático.**

* *Necesitamos averiguar cuán profundo podemos cavar el pozo.*
* *Sabemos que la base del pozo tiene que estar a un mínimo de 2 metros sobre el nivel freático.*



Agua subterránea

3,1 m

2 m

? m

**Paso 3: Fórmulas – Escriba la fórmula para la variable que está intentando calcular.**

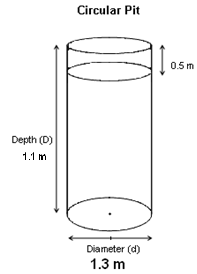
****

*La distancia total hasta la napa freática (3,1 metros) menos los 2 metros de distancia necesarios entre el pozo y la napa dan la profundidad que puede tener el pozo: 1,1 metros.*

****

El pozo puede tener 1,1 metros de profundidad.

**Paso 4: Dibujar y etiquetar el diagrama – Dibuje un diagrama del pozo y etiquete todas las dimensiones.**

****

Conocemos todas las dimensiones del pozo.

**Paso 5: Fórmulas – Escriba la fórmula para la variable que está intentando calcular. Verifique si tiene los valores para todas las variables de la fórmula. Si no se dan los valores, encuentre una fórmula que le dé el valor que falta de la variable que quiere. Asegúrese de que está usando la fórmula adecuada para la forma y tipo de letrina.**

** **

* *La primera fórmula calcula la vida útil (v) del pozo, pero no conocemos V (volumen) ni a (área).*
* *La segunda fórmula da el valor de V (volumen), pero no sabemos el valor de a (área).*
* *La tercera fórmula da el valor de a (área) en base a d (diámetro) del pozo, valor que sí conocemos.*

**Nota:** esta es la misma fórmula que



, pero ha sido reacomodada para hallar v.

** **

** **

**Paso 6: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**

*Primero calculamos el valor de a (área) porque conocemos el valor de d (diámetro).*



**Paso 7: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**

* *A partir de la fórmula anterior, ahora conocemos el valor de a. También sabemos el valor de P a partir del paso 3.*
* *Multiplique el área por la profundidad para hallar el volumen del pozo.*



**Paso 8: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**

****

*Esta fórmula ha sido reacomodada para aislar v.*

* *Complete los valores de todas las variables.*
* *En primer lugar, realice las multiplicaciones de los paréntesis.*
* *Reste los valores de los paréntesis, es decir: 1,4 menos 0,7.*
* *Multiplique los valores de la parte arriba y de abajo.*
* *Divida el valor de arriba por el de abajo.*

**Paso 9: Escriba la respuesta.**

La profundidad máxima que puede tener el pozo es 1,1 metros. Con esa profundidad, el pozo durará 2,2 años.

### Letrina de corto plazo – Pozo circular doble, averiguar la profundidad

* Una familia de 6 personas quiere construir dos pozos circulares para su letrina de arrastre hidráulico con pozo desplazado.
* Quieren que cada pozo tenga un diámetro de 1 metro.
* Usan agua para la limpieza anal.
* Vaciarán cada pozo manualmente después de 2 años.

¿Cuán profundo debería ser cada pozo?

(Fuente: Lifewater International, 2009)

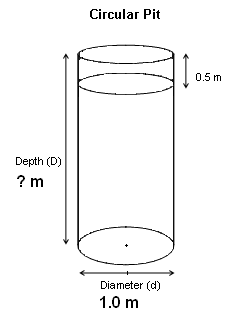
**Paso 1: Información conocida – Escriba las variables y sus valores. Identifique las variables que necesita resolver.**

*Usamos una tasa de acumulación de lodo de 40 litros/persona/año porque dentro del pozo está húmedo y se usa agua para la limpieza anal.*



**Paso 2: Dibujar y etiquetar el diagrama – Dibuje un diagrama del pozo y etiquete todas las dimensiones.**

*Estamos intentando encontrar la profundidad (P) del pozo.*



**Paso 3: Fórmulas – Escriba la fórmula para la variable que está intentando calcular. Verifique si tiene los valores para todas las variables de la fórmula. Si no se dan los valores, encuentre una fórmula que le dé el valor que falta de la variable que quiere. Asegúrese de que está usando la fórmula adecuada para la forma y tipo de letrina.**

* *La primera fórmula da la profundidad, pero no sabemos el valor de a (área) ni V (volumen).*
* *La segunda fórmula da el valor de V (volumen), pero no sabemos el valor de a (área).*
* *La tercera fórmula da el valor de a (área) basado en D (diámetro), el cual conocemos.*

**Nota:** se incluye un factor de 1,5 para incrementar la tasa de acumulación de lodo debido a la vida útil corta del pozo. No hay tiempo suficiente para que el volumen de lodo se reduzca a causa de los procesos biológicos, lo cual se tiene en cuenta en la tasa de acumulación de lodo dada.

**Paso 4: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**

*Primero calculamos el valor de a (área) porque conocemos el valor de d (diámetro).*





**Paso 5: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**

* *A partir de la fórmula anterior, ahora conocemos el valor de a. Ahora podemos resolver V.*
* *Complete todos los valores de las variables.*
* *Haga todas las multiplicaciones primero.*
* *Divida 720 por 1000.*
* *Sume 0,7 y 0,4.*



**Paso 6: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**



*Calcule P (profundidad) usando los valores de a y V que encontró en los dos pasos previos.*

**Paso 7: Escriba la respuesta.**

Los pozos deben tener 1,4 metros de profundidad cada uno para que duren 2 años.

Es importante notar que vaciar manualmente el lodo de pozos que tienen una profundidad superior a 1,5 metros es imposible, a menos que la persona que extraiga el lodo ingrese al pozo, lo cual supone un riesgo grave para la salud y la seguridad. Aunque 1,4 metros es menos que 1,5 metros, la dificultad para vaciar el pozo a esa profundidad sigue siendo alta. Los miembros del hogar deberían contactar al servicio local de vaciado de pozos para asegurarse de que el pozo pueda vaciarse, ya sea manualmente o con un camión de succión.

### Letrina de largo plazo – Rectangular, averiguar la profundidad

* Una familia de 6 personas quiere construir una letrina VIP seca.
* Quieren construir un pozo rectangular de 1,2 metros de largo y 1,5 metros de ancho.
* Quieren usar la letrina durante 10 años.
* Usan rocas para la limpieza anal.

¿Cuán profunda debería ser su letrina?

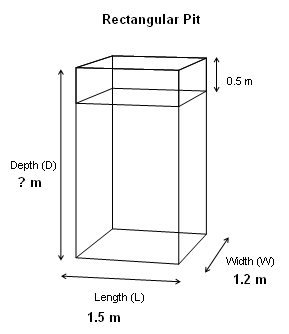
(Fuente: Lifewater International, 2009)

**Paso 1: Información conocida – Escriba las variables y sus valores. Identifique las variables que necesita resolver.**

****

*Usamos una tasa de acumulación de lodo de 90 litros/persona/año porque el pozo está en gran medida seco y se usan materiales no degradables para la limpieza anal (rocas).*

**Paso 2: Dibujar y etiquetar el diagrama – Dibuje un diagrama del pozo y etiquete todas las dimensiones.**

****

*Estamos intentando encontrar la profundidad (P) del pozo.*

**Paso 3: Fórmulas – Escriba la fórmula para la variable que está intentando calcular. Verifique si tiene los valores para todas las variables de la fórmula. Si no se dan los valores, encuentre una fórmula que le dé el valor que falta de la variable que quiere. Asegúrese de que está usando la fórmula adecuada para la forma y tipo de letrina.**

* *La primera fórmula calcula la profundidad, pero no sabemos el valor de a (área) ni V (volumen).*
* *La segunda fórmula da el valor de V (volumen), pero no sabemos el valor de a (área) en esta fórmula.*
* *La tercera fórmula da el valor de a (área) en base al largo y al ancho, valores que sí tenemos.*

**Paso 4: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**



*Primero calculamos el valor de a (área) porque conocemos los valores de L (largo) y A (ancho).*



**Paso 5: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**



* *A partir de la fórmula anterior, ahora conocemos el valor de a. Ahora podemos resolver V.*
* *Complete todos los valores de las variables.*
* *Haga todas las multiplicaciones primero.*
* *Divida 5400 por 1000.*
* *Sume 5,4 y 0,9.*

**Paso 6: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**



*Calcule P (profundidad) usando los valores de a y V que encontró en los dos pasos previos.*

**Paso 7: Escriba la respuesta.**

El pozo debe tener 3,5 metros de profundidad para que dure 10 años.

### Letrina de largo plazo – Cuadrada, averiguar la vida útil

* Una familia de 5 personas quiere construir una letrina de arrastre hidráulico.
* Quieren construir un pozo cuadrado de 1,1 metros de largo y 1,1 metros de ancho.
* La napa freática está a 4,2 metros de profundidad y esa agua se usa para beber.
* Usan agua para la limpieza anal.

¿Cuánto tiempo durará el pozo?

(Fuente: Lifewater International, 2009)

**Paso 1: Información conocida – Escriba las variables y sus valores. Identifique las variables que necesita resolver.**

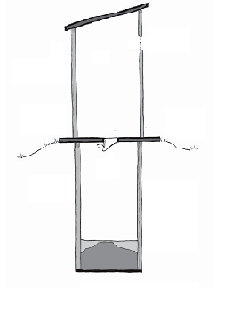
*Necesitamos hallar los valores de la vida útil y la profundidad.*

****

*Usamos una tasa de acumulación de lodo de 40 litros/persona/año porque dentro del pozo está húmedo y se usa agua para la limpieza anal.*

**Paso 2: Dibujar y etiquetar el diagrama – Dibuje y etiquete un diagrama de la letrina con respecto al nivel freático.**

* *Necesitamos averiguar cuán profundo podemos cavar el pozo.*
* *Sabemos que la base del pozo tiene que estar a un mínimo de 2 metros sobre el nivel freático.*



Agua subterránea

4,2 m

2 m

? m

**Paso 3: Fórmulas – Escriba la fórmula para la variable que está intentando calcular.**

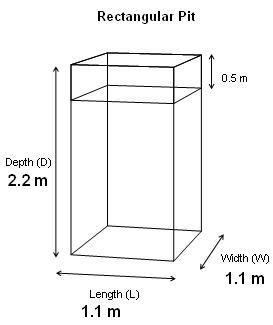
*La distancia total hasta la napa freática (4,2 metros) menos los 2 metros de distancia necesarios entre el pozo y la napa dan la profundidad que puede tener el pozo: 2,2 metros.*

****

****

El pozo puede tener 2,2 metros de profundidad.

**Paso 4: Dibujar y etiquetar el diagrama – Dibuje un diagrama del pozo y etiquete todas las dimensiones.**

****

Conocemos todas las dimensiones del pozo.

**Paso 5: Fórmulas – Escriba la fórmula para la variable que está intentando calcular. Verifique si tiene los valores para todas las variables de la fórmula. Si no se dan los valores, encuentre una fórmula que le dé el valor que falta de la variable que quiere. Asegúrese de que está usando la fórmula adecuada para la forma y tipo de letrina.**

** **

* *La primera fórmula calcula la vida útil (v) del pozo, pero no conocemos V (volumen) ni a (área).*
* *La segunda fórmula da el valor de V (volumen), pero no sabemos el valor de a (área).*
* *La tercera fórmula da el valor de a (área) en base a d (diámetro) del pozo, valor que sí conocemos.*

**Nota:** ésta es la misma fórmula que



, pero ha sido reacomodada para hallar v.

** **

** **

**Paso 6: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**

*Primero calculamos el valor de a (área) porque conocemos los valores tanto de L (largo) como de A (ancho).*



**Paso 7: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**



* *A partir de la fórmula anterior, ahora conocemos el valor de a. También sabemos el valor de P a partir del paso 3.*
* *Multiplique el área por la profundidad para hallar el volumen del pozo.*

**Paso 8: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**

****

*Esta fórmula ha sido reacomodada para aislar v.*

* *Complete los valores de todas las variables.*
* *En primer lugar, realice las multiplicaciones de los paréntesis.*
* *Reste los valores de los paréntesis (2,6 - 0,6).*
* *Multiplique los valores de la parte arriba y de abajo.*
* *Divida el valor de arriba por el de abajo.*

**Paso 9: Escriba la respuesta.**

La profundidad máxima que puede tener el pozo es 2,2 metros. El pozo durará 10 años con una profundidad de 2,2 metros.

### Letrina de corto plazo – Pozo circular doble, averiguar la profundidad

* Una familia de 8 personas quiere construir una letrina con dos pozos secos.
* Quieren que cada pozo circular tenga un diámetro de 1,4 metros.
* Usan agua para la limpieza anal.
* Quieren vaciar manualmente cada pozo.

¿Cuán profundo debería ser cada pozo?

**Paso 1: Información conocida – Escriba las variables y sus valores, Identifique las variables que necesita resolver.**

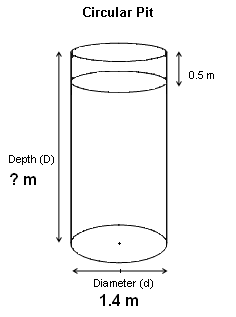
*Sabemos que los excrementos serán seguros de vaciar después de 2 años de estar almacenados.*



*Usamos una tasa de acumulación de lodo de 40 litros/persona/año porque dentro del pozo está húmedo a causa del agua que se usa para la limpieza anal y que el resto del contenido del pozo es degradable.*

**Paso 2: Dibujar y etiquetar el diagrama – Dibuje un diagrama del pozo y etiquete todas las dimensiones.**

*Estamos intentando encontrar la profundidad (P) del pozo.*



**Paso 3: Fórmulas – Escriba la fórmula para la variable que está intentando calcular. Verifique si tiene los valores para todas las variables de la fórmula. Si no se dan los valores, encuentre una fórmula que le dé el valor que falta de la variable que quiere. Asegúrese de que está usando la fórmula adecuada para la forma y tipo de letrina.**



?

?





*V*

*A*

* *La primera fórmula da la profundidad, pero no sabemos el valor de a (área) ni V (volumen).*
* *La segunda fórmula da el valor de V (volumen), pero no sabemos el valor de a (área).*
* *La tercera fórmula da el valor de a (área) basado en d (diámetro), el cual conocemos.*

**Nota:** se incluye un factor de 1,5 para incrementar la tasa de acumulación de lodo debido a la vida útil corta del pozo. No hay tiempo suficiente para que el volumen de lodo se reduzca a causa de los procesos biológicos, lo cual se tiene en cuenta en la tasa de acumulación de lodo dada.

**Paso 4: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**

*Primero calculamos el valor de a (área) porque conocemos el valor de d (diámetro).*





**Paso 5: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**

* *A partir de la fórmula anterior, ahora conocemos el valor de a. Ahora podemos resolver V.*
* *Complete todos los valores de las variables.*
* *Haga todas las multiplicaciones primero.*
* *Divida 960 por 1000.*
* *Sume 1 y 0,8.*
* *Sume 1,44 y 0,75.*



**Paso 6: Rellenar la fórmula para la cual sabemos los valores de todas las variables.**



*Calcule P (profundidad) usando los valores de a y V que encontró en los dos pasos previos.*

**Paso 7: Escriba la respuesta.**

Cada pozo debe tener 1,2 metros de profundidad.

# Recursos adicionales

**Recursos de CAWST sobre saneamiento.** Disponibles en: [www.cawst.org/resources](http://www.cawst.org/resources)

* Los recursos educativos y de capacitación de CAWST abarcan una variedad de temas de saneamiento, entre ellos: el diseño, emplazamiento y construcción de letrinas; las partes de una letrina y las tecnologías disponibles; el vaciado de letrinas y el transporte de lodo; el tratamiento, uso o eliminación del lodo; y la implementación de proyectos de letrinas.

# Bibliografía

Ilustraciones de AKVO (sin fecha). Tomadas de: <http://akvopedia.org/wiki/Sanitation_Portal>

Buckley C. A., Foxon K. M., Brouckaert C. J., Rodda N., Nwaneri C., Balboni E., Couderc A. y D. Magagna (2008). Scientific Support for the Design and Operation of Ventilated Improved Pit Latrines (VIPS) and the Efficacy of Pit Latrine Additives. Informe No. TT 357/08 de Water Research Commission. Water Research Commission, Gezina, Sudáfrica. Consultado en: [www.wrc.org.za](http://www.wrc.org.za)

Franceys, R., Pickford, J. y R. Reed (1992). A Guide to the Development of On-site Sanitation. Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza. Consultado en: <http://whqlibdoc.who.int/publications/1992/9241544430_eng.pdf>

Harvey, P. (2007). Excreta Disposal in Emergencies: A Field Manual. Centro de agua, ingeniería y desarrollo, Universidad de Loughborough, Reino Unido. Consultado en: <http://wedc.ac.uk/publications/>

Lifewater International (2009). Sanitation Latrine Design and Construction. Lifewater International, California, EE. UU.

Reed, B. (2014). WEDC Guide 023: Latrine Pit Design. Centro de agua, ingeniería y desarrollo, Universidad de Loughborough, Reino Unido. Consultado en: <http://wedc.lu/1mlHcnD>

Still, D. y K. Foxon (2012). Tackling the Challenges of Full Pit Latrines. Volume 2: How fast do pit toilets fill up? A scientific understanding of sludge build up and accumulation in pit latrines.

Informe No. 1745/2/12 de Water Research Commission. Water Research Commission, Gezina, Sudáfrica. Consultado en: [www.wrc.org.za](http://www.wrc.org.za/)

Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P. y C. Zürbrügg (2014). Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento, segunda edición revisada. Instituto Federal Suizo de Ciencia y Tecnología del Agua (EAWAG), Dübendorf, Suiza. Consultado en: [http://www.eawag.ch/forschung/sandec/publikationen/compendium\_e/spanish\_version](file:///C:\Users\Schuelert\Desktop\Laura\CAWST\Sanitation_2014\Latrine%20Fact%20Sheets\www.sandec.ch\compendium)

CAWST (Centro de Tecnologías Asequibles de Agua y Saneamiento)

Calgary, Alberta, Canadá

Sitio web: [www.cawst.org](file:///C:\Users\Schuelert\Desktop\Laura\CAWST\Workshops%20in%20Progress\Latrine%20Design%20and%20Construction\Participant%20Materials\Technical%20Briefs\www.cawst.org) / Correo electrónico: [resources@cawst.org](file:///C:\Users\Schuelert\Desktop\Laura\CAWST\Workshops%20in%20Progress\Latrine%20Design%20and%20Construction\Participant%20Materials\Technical%20Briefs\resources@cawst.org)

*Bienestar a través del agua... Mejorando la vida de las personas a nivel mundial*

Última actualización: diciembre de 2014

El contenido de este documento es abierto y gratuito. Usted es libre de:

* Compartir: copiar, distribuir y difundir este documento.
* Editar: adaptar este documento.

Bajo las siguientes condiciones:

* Atribución. Deberá atribuírsele a CAWST el crédito de ser la fuente original del documento. Por favor, incluya la dirección a nuestro sitio web: [www.cawst.org](file:///C:\Users\sphilippe\AppData\Local\Microsoft\Windows\Temporary%20Internet%20Files\Content.Outlook\HN5I39WU\www.cawst.org).

CAWST y sus directores, empleados, contratistas y voluntarios no asumen ninguna responsabilidad ni dan ninguna garantía respecto de los resultados que puedan obtenerse a partir del uso de la información proporcionada.