

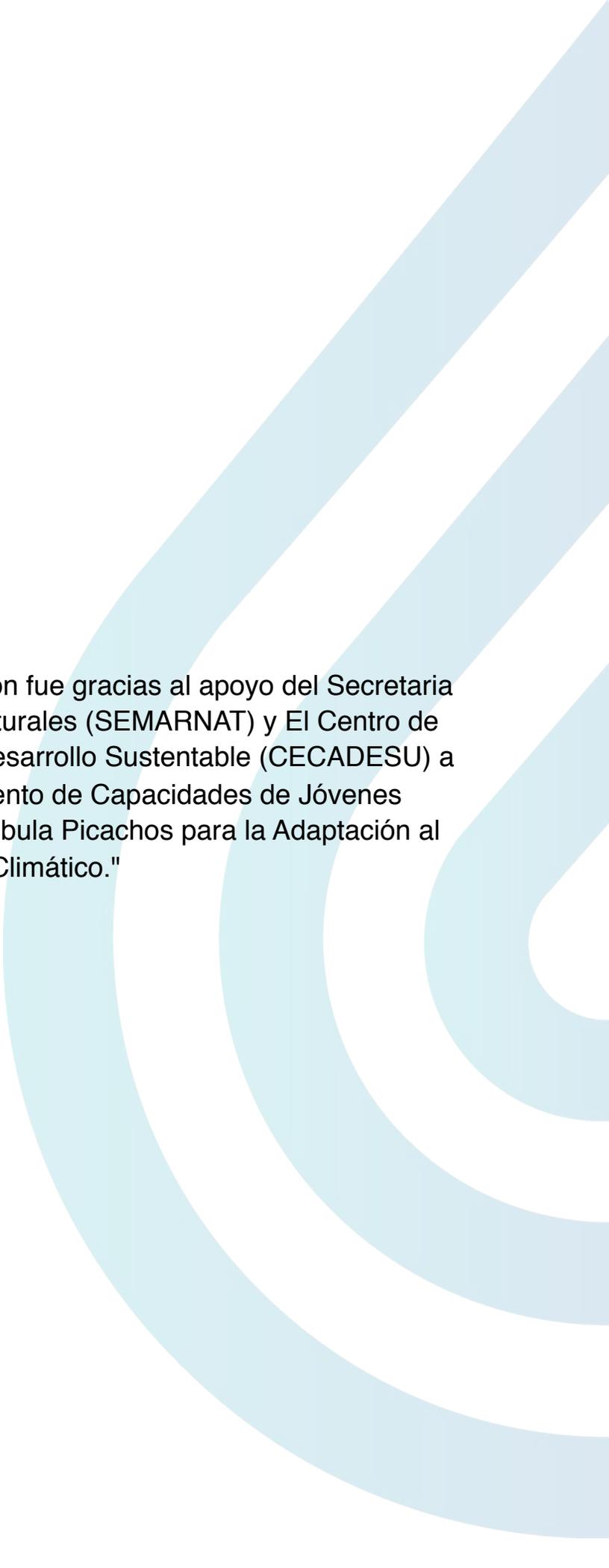
# COSECHANDO UN FUTURO SALUDABLE

2a Edición, 2018

*Caminos de Agua*

Manual para la captación,  
almacenamiento y tratamiento de agua  
de lluvia – con sistemas de bajo costo –  
para cosechar y tomar agua segura,  
saludable y accesible.





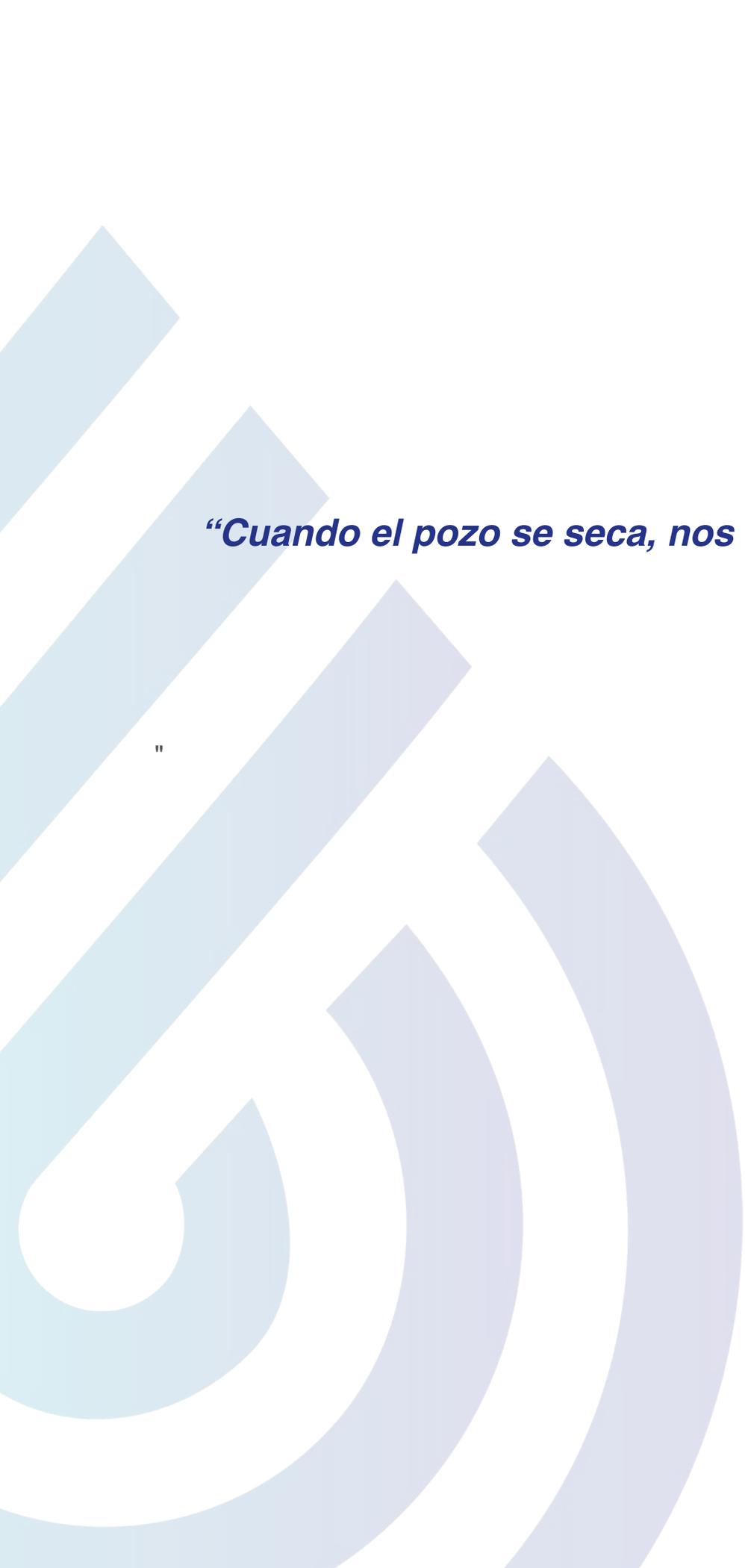
La impresión de esta segunda edición fue gracias al apoyo del Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y El Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU) a través del proyecto "Fortalecimiento de Capacidades de Jóvenes Promotores de la Sub-Cuenca Tábula Picachos para la Adaptación al Cambio Climático."

# COSECHANDO UN FUTURO SALUDABLE

2a Edición, 2018

*Caminos de Agua*

Manual para la captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia — con sistemas de bajo costo — para cosechar y tomar agua segura, saludable y accesible.



***“Cuando el pozo se seca, nos damos cuenta del valor del agua.”***

- Benjamin Franklin

## Agradecimientos

Caminos de Agua agradece el apoyo de Henry Miller y El Maíz Más Pequeño A.C., Lucha Villafuerte y Comunidades Unidas por la Vida y el Agua, Padre Juan Carlos Zesati, Carmen Castro y Servicios Comunitarios Pozo Ademado. Extendemos nuestros agradecimientos más profundos a la gente de las comunidades de las subcuencas Alta del Río Laja y la Laguna Seca, que nos han invitado a sus casas y sus mesas, y que siguen luchando por el acceso al agua segura, sana y sustentable cada día.

## Cosechando un futuro sano

Manual para la captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia — con sistemas de bajo costo — para cosechar y tomar agua segura, saludable y accesible.

## Escrito, organizado, traducido y editado por Caminos de Agua

Casilda Barajas Rocha  
Elena Diek  
Chantal Kronenburg  
Aaron Krupp  
Sarah Mitchell  
Pilar Quintanilla Martinez  
Dylan Terrell  
Daniela del Villar

## Diagramas, dibujos y diseño gráfico

Elena Diek  
Aaron Krupp

## Fotografía

Janet Jarman  
Cameron Plese (foto de la portada)  
William Thurston  
Selene Trapp

## Para información acerca de este manual:

Caminos de Agua  
Allende #5, Colonia Insurgentes, San Miguel de Allende, Gto, México 37712  
Teléfono: 415-154-8091 / Corro electrónico: [info@caminosdeagua.org](mailto:info@caminosdeagua.org)  
[www.caminosdeagua.org](http://www.caminosdeagua.org)



Cosechando un futuro sano, Caminos de Agua 2017

© 2017 por Caminos de Agua. Esta obra está licenciada bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.



# Contenido

<b>Capítulo 1. Introducción</b>	<b>10</b>
1.1 Acerca de este manual	10
1.2 Antecedentes de la Captación de agua de lluvia	11
1.2.1 ¿Por qué captar agua de lluvia?	11
1.2.2 ¿La captación de lluvia es adecuada para tí?	11
1.2.3 ¿Cómo captar agua de lluvia?	12
1.2.4 ¿Cómo puedes usar este manual para construir tu sistema de captación de agua de lluvia?	12
<b>Capítulo 2. Antes de construir</b>	<b>14</b>
2.1 Componentes de un sistema de captación de lluvia	14
2.2 Calculando tu capacidad	15
2.2.1 Precipitación mensual promedio	16
2.2.2 Superficie de la cubierta	17
2.2.3 Calculando el tamaño de tu cisterna	18
2.3 Preparación de un sistema de captación de agua de lluvia	19
2.3.1 Ubicación de la cisterna	19
2.3.2 Preparación de la ubicación	19
2.3.3 Calendario del proceso de construcción	20
<b>Capítulo 3. Cisternas</b>	<b>21</b>
3.1 Consideraciones generales de la cisterna	21
3.1.1 Llenar la cisterna	22
3.1.2 Obtener agua para cualquier uso	23
3.1.3 Desbordamiento	25
3.1.4 Lavado	26
3.1.5 Conexión de cisternas múltiples	26
3.1.6 Aire	28
3.1.7 Mallas	28

<b>3.2</b>	<b>Construyendo de una cisterna de ferrocemento de 12,000 litros</b>	<b>29</b>
3.2.1	Preparación de soldaduras	29
3.2.1.1	Niple de agua para beber	30
3.2.1.2	Puerta del techo de la cisterna	31
3.2.2	Herramientas y materiales	39
3.2.2.1	Herramientas	39
3.2.2.2	Materiales	40
3.2.3	Armado	42
3.2.3.1	Tejiendo la malla	42
3.2.3.2	Cortando la malla	49
3.2.3.3	Ensamblando el cilindro	49
3.2.3.4	Ensamblando el refuerzo para el techo	52
3.2.4	Base de la cisterna	54
3.2.5	Pared de la cisterna	59
3.2.5.1	Colocación de la cimbra	59
3.2.5.2	Aplicación de capas de concreto	62
3.2.6	Techo de la cisterna	71

## **Capítulo 4. Techos y canaletas** **76**

<b>4.1</b>	<b>Techo de concreto a dos aguas</b>	<b>77</b>
4.1.1	Materiales	78
4.1.3	Cómo construir el murete de ladrillo para un techo de concreto a dos aguas	79
<b>4.2</b>	<b>Techo de concreto plano</b>	<b>82</b>
4.2.1	Materiales	82
4.2.2	Herramientas	83
4.2.3	Cómo construir el murete de ladrillo para un techo plano de concreto	83
<b>4.3</b>	<b>Techos de lámina corrugada y de tejas</b>	<b>87</b>
4.3.1	Materiales para canaleta de tubo completo	87
4.3.2	Herramientas para canaleta de tubo completo	88
4.3.3	Cómo construir e instalar la canaleta de tubo completo	88

## **Capítulo 5. Sistemas de primer separador de aguas** **91**

5.1	Consideraciones prácticas sobre el primer separador de aguas	91
5.1.1	Dimensionando tu sistema de primer separador de aguas	92
5.1.2	Diferentes tipos de sistemas de primer separador de aguas	93
5.2	Construyendo un primer separador de aguas de tambo	95
5.2.1	Herramientas	95
5.2.2	Materiales	95
5.2.3	Pasos para construir un primer separador de aguas de tambo	96
5.3	Construyendo un primer separador de aguas de PVC	100
5.3.1	Herramientas	100
5.3.2	Materiales	101
5.3.3	Pasos para construir un primer separador de aguas de PVC	102

## Capítulo 6. Conectándolo todo: canaleta y tubería 106

6.1	Consideraciones de diseño	106
6.1.1	Elegir el tipo de tubería	106
6.1.2	Elegir el diámetro de tubería	107
6.1.3	Daño solar en plástico	107
6.1.4	Integridad estructural	107
6.1.5	Filtros de hojas	108
6.1.6	Alturas, gravedad y rutas	108
6.2	Directrices específicas de montaje	109
6.2.1	Taladrar agujeros para los conectores	110
6.2.2	Conexiones roscadas (bridas) vs. coples de PVC con rosca interna / externa	110
6.2.3	Empaques, juntas (anillos O) y silicón	111
6.2.4	Conexiones fuertes de PVC	112
6.3	Fotos de Sistemas	113

## Capítulo 7. Tratamiento biológico 115

7.1	Métodos prácticos de tratamiento de bajo costo	116
7.1.1	Ebullición	117
7.1.2	Desinfección solar (SODIS)	119

7.1.3	Filtración lenta con arena biológicamente activa	121
7.1.4	Filtración cerámica de olla	123
7.1.5	Cloro	124
7.1.6	Destilación	126
7.1.7	Filtración cerámica de vela*	128
7.1.8	Filtro cerámico de vela de Caminos de Agua	129
7.2	Almacenamiento seguro de agua	131
7.3	Métodos de tratamiento patentado y de mayor costo	133
7.4	Conexión de tu sistema de agua de lluvia al tratamiento y almacenamiento	134
<b>Chapter 8. Mantenimiento</b>		<b>136</b>
8.1	El Techo	136
8.2	Filtros de hojas	136
8.3	Canaletas y tuberías	136
8.4	Sistema de primer separador de aguas	137
8.5	Cisterna	137
8.6	Filtro cerámico de Caminos de Agua	137

# Capítulo 1. Introducción

## 1.1 Acerca de este manual

Todos necesitamos agua. El agua debería ser un derecho humano básico, pero no todos tenemos acceso a agua para beber segura y sana. Diariamente, una persona necesita al menos 5 litros de agua segura y sana para tomar y cocinar. La captación de agua de lluvia puede ser una forma efectiva de cumplir esta necesidad esencial de agua cuando la comunidad tiene acceso limitado al agua y/o cuando se tiene que lidiar con problemas de contaminación de agua. Este manual provee una amplia introducción a la captación de agua de lluvia, aporta herramientas para calcular el tamaño del sistema en su conjunto y las consideraciones sobre su ubicación, además de una guía detallada paso a paso para la construcción, instalación y mantenimiento de un sistema completo de captación de agua de lluvia.

Este manual fue creado por Caminos de Agua, Organización sin fines de lucro (501(c)(3)), que busca soluciones de bajo costo y alto impacto, para los retos que enfrenta la gente para tener agua segura, sana y sustentable. Como organización creemos que todas las personas deben vivir en un ambiente ecológicamente saludable con acceso a agua segura y sana. Trabajamos principalmente en 7 municipios conectados por agua en el norte del estado de Guanajuato, México. Nos enfocamos en crear soluciones para esta pequeña zona con escasez de agua, pero nuestra tecnología es de libre acceso (Open Source), está disponible y generalmente tiene aplicaciones a nivel global. Esperamos que nuestra investigación y tecnología (disponibles de forma gratuita con la licencia de "Creative Commons"), sea útil para personas, comunidades, organizaciones y gobiernos, esforzándose por un futuro sustentable.

A pesar de que las tecnologías descritas en este manual fueron desarrolladas en y para el centro de México, son útiles alrededor del mundo con un poco de ajustes. Por ejemplo, en la Sección 2 proporcionamos herramientas para calcular el tamaño de tu sistema dependiendo de las precipitaciones mensuales, sin importar en qué parte del mundo vivas. Adicionalmente, casi todos los materiales utilizados en este manual, incluidos PVC, cemento, herramientas básicas y malla gallinera, están disponibles en todo el mundo. Y mientras este manual se enfoca en la construcción de cisternas de ferrocemento sobre el suelo, muchos de los principios aplican para otros sistemas constructivos como mampostería o concreto reforzado con bambú. Si decides instalar un tanque de plástico, una cisterna bajo el suelo o una de geomembrana, los capítulos 4 al 8 - que describen el resto de un sistema de captación de lluvia - , siguen siendo relevantes. Esperamos que este manual te ayude a construir un acceso de agua segura, saludable y sustentable para tu comunidad.

## 1.2 Antecedentes de la Captación de agua de lluvia

### 1.2.1 ¿Por qué captar agua de lluvia?

La captación de agua de lluvia es una manera simple, barata y sustentable de obtener agua segura en las comunidades rurales y urbanas. La captación de agua de lluvia mitiga el estrés en los acuíferos subterráneos, que generalmente son sobre explotados y que están siendo rápidamente agotados alrededor de México y del mundo. Mientras más comunidades comiencen a usar agua de lluvia para su consumo diario, nuestros acuíferos podrán empezar a recargarse (un proceso que puede tomar miles de años en algunas partes del mundo). Como podemos usar los sistemas de captación de agua de lluvia por tiempo indefinido, sin comprometer nuestra salud o la del planeta, la captación de agua de lluvia es considerada como una fuente de agua sustentable.

El agua de lluvia es también considerada como agua saludable porque está libre de contaminantes ligados con problemas de salud a largo plazo. El agua subterránea puede contener metales pesados y minerales, de los cuales algunos causan problemas en el desarrollo, cáncer e intoxicaciones agudas. Debido a los desechos industriales y a la inadecuada regulación de las corporaciones, el agua superficial y de pozos poco profundos, incluidos ríos, canales, lagos y presas, usualmente están contaminados con agro químicos y otras toxinas conocidas por causar fallas en el organismo, degradación neuronal y desórdenes reproductivos. Captar y consumir agua de lluvia, apoya vidas ecológicamente sostenibles y saludables, a través de generaciones.

### 1.2.2 ¿La captación de lluvia es adecuada para tí?

Construir un sistema de captación de agua de lluvia es fácil y relativamente económico. Los sistemas de captación de agua de lluvia, si se construyen bien, pueden proporcionar una de las aguas más seguras y saludables que se encuentran en la Tierra. Sin embargo, si está mal construido o diseñado, puede ser una fuente de contaminación y enfermedad. Si decides construir un sistema de captación de agua de lluvia, asegúrate de hacer tu mejor esfuerzo para eliminar el riesgo de contaminación en cada paso.

El agua de lluvia es a la vez segura - libre de patógenos biológicos - y sana, libre de contaminantes minerales o químicos, en casi todo el mundo. Sin embargo, si vives en un lugar con grave contaminación del aire, la lluvia puede recoger sustancias químicas tóxicas a medida que cae. Si este es el caso, la captación de agua de lluvia probablemente no sea adecuada para tí. Además, una vez que la lluvia cae sobre tu techo, arrastrará algunos contaminantes químicos del techo y algunos contaminantes

biológicos. Los contaminantes biológicos son fáciles de eliminar de forma segura con algunas precauciones básicas (ver capítulo 7). Los químicos tóxicos del techo como el asbesto y el plomo, por ejemplo, pueden ser peligrosos. Si estás considerando captar agua de lluvia, asegúrate de que tu techo no esté filtrando productos químicos dañinos. El concreto, la mayoría de los plásticos y la mayoría de las cerámicas tienden a ser seguros, pero aun así vale la pena consultar con tu proveedor o constructor local.

### *1.2.3 ¿Cómo captar agua de lluvia?*

Excelente pregunta. Estás en el lugar correcto. La captación de agua de lluvia es fácil de aplicar a nivel hogar porque puedes usar cualquier techo para hacerlo. El agua fluye naturalmente con ayuda de la gravedad, desde el techo hasta una canaleta o un sistema de tuberías. Las tuberías separan los primeros litros de agua (que llevan toda la tierra, polvo, hojas y heces de pájaros que se han acumulado desde la última lluvia) a un primer sistema separador, limpiando el techo. El resto del agua fluye adentro de la cisterna, un gran tanque para almacenar agua a largo plazo. Aunque este sistema de primer separador, desvía la mayoría de los contaminantes peligrosos, el agua en la cisterna tendrá todavía, actividad biológica. Es por eso, que antes de tomar el agua debe ser tratada para quitar contaminantes biológicos, con un filtro, cloro, iodo, rayos UV, plata coloidal o por otro tipo de tratamiento (ver el Capítulo 7).

Antes de construir el sistema, es importante determinar cuánta agua puedes captar en tu región, con el techo que tienes disponible y qué tan grande debe ser tu cisterna. En nuestra región en el norte de Guanajuato, México, se necesitan de cuatro a seis metros cuadrados de techo y alrededor de 800 litros de capacidad de almacenaje, para cubrir las necesidades básicas de agua de una persona en un año. En cada parte del mundo, estos números pueden variar drásticamente, dependiendo de las precipitaciones locales. Si vives en una región con una larga temporada de sequía, tu sistema de agua de lluvia, necesita almacenar suficiente agua para abastecer a la comunidad a lo largo de este tiempo. Asegúrate de consultar el Capítulo 2 para determinar cuál es el mejor diseño de sistema para tu localidad.

### *1.2.4 ¿Cómo puedes usar este manual para construir tu sistema de captación de agua de lluvia?*

El resto del manual contiene detalles, descripciones, fotos, esquemas e instrucciones paso a paso de cómo construir tu propio sistema de captación de agua de lluvia, de una manera fácil y sostenible:

El Capítulo 2 te dará la información que necesitas antes de construir tu sistema. Se describe a detalle un sistema completo, proporciona los cálculos básicos necesarios

para decidir el tamaño de tu sistema y describe los requisitos preliminares de la ubicación de tu sistema.

El Capítulo 3 contiene las instrucciones paso a paso para construir una cisterna de ferrocemento (concreto reforzado con acero) de una capacidad de 12,000 litros. Hemos escogido esta cisterna de ferrocemento de 12,000 litros porque en la mayoría de las comunidades donde trabajamos, sufren de una severa escasez de agua (recibiendo agua sólo algunos días a la semana o a veces al mes, en muchos casos) así como contaminación de agua subterránea (Arsénico y Fluoruro). Una cisterna de 12,000 litros puede ser usada por varias familias para cubrir las necesidades de beber y cocinar por un año o subsidiar otras necesidades de agua de la familia. Además, en nuestra región hay mucha mano de obra, pero no hay dinero sobrante; el ferrocemento requiere mucho trabajo pero es de bajo costo.

Construir cisternas es también un valioso ejercicio de trabajo en equipo, colaboración, respeto y organización. Si eliges usar otro tipo de cisterna (plástico, subterránea, mampostería, concreto reforzado con bambú, geomembrana, etc.), puedes saltarte el capítulo 3, sin embargo, puede ser útil echar un vistazo, para entender cómo funcionan las válvulas y puntos de conexión.

Los Capítulos 4, 5 y 6 se enfocan en la instalación de tu cisterna: conexiones con el techo, tubería y sistema de primer separador de agua. Estas instrucciones se aplican independientemente del tipo de cisterna que construyas.

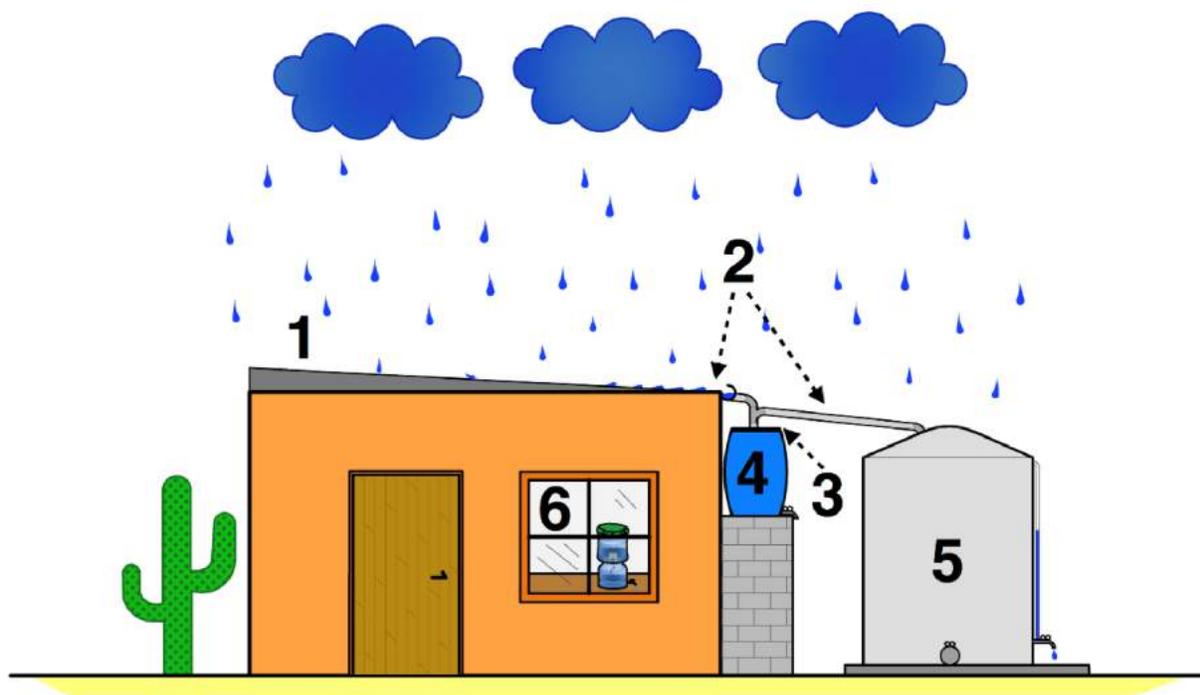
El Capítulo 7 explica cómo integrar el tratamiento biológico a tu sistema, para que así tu agua no sea solamente saludable y sustentable, sino también segura para beberla todos los días.

El Capítulo 8 describe cómo dar mantenimiento a tu sistema completo de captación de agua de lluvia. Cuando se cuida apropiadamente, el sistema de captación de agua de lluvia puede proporcionar agua segura, saludable y sustentable por décadas, lo que demuestra que los humanos podemos mantener una relación sustentable y regenerativa con el suministro de agua de la tierra.

## Capítulo 2. Antes de construir

Antes de construir un sistema de captación de agua de lluvia, lee este capítulo para entender bien el sistema, determinar el tamaño necesario para tu comunidad y preparar la ubicación para captar agua de lluvia.

### 2.1 Componentes de un sistema de captación de lluvia



**Figura 2.1** — Los seis componentes de un sistema de captación de lluvia  
(1) techo, (2) canaletas y tuberías, (3) filtro de hojas, (4) primer separador de agua, (5) cisterna, y (6) tratamiento biológico

Todos los sistemas de captación de agua de lluvia tienen seis componentes centrales figura 2.1.

1. **Techo:** La superficie del techo capta la lluvia.
2. **Canaletas y Tuberías:** Las canaletas son las tuberías o ductos horizontales que van a lo largo del techo que capta la lluvia. Las tuberías transportan el agua cosechada a través del sistema.

3. **Filtro de hojas:** Todas las entradas y salidas deben estar cubiertas con un filtro de hojas que impiden el paso de hojas y basura. También, los filtros de hojas impiden la entrada de animales e insectos al sistema.
4. **Primer separador de agua:** El sistema del primer separador, retiene las primeras aguas de lluvia cosechadas para: 1) limpiar tu techo, y 2) asegurar que el agua que entra en tu(s) contenedor(es) es lo más limpia posible. Evitará que el polvo, las hojas, el lodo, las basuras, los excrementos de los animales, y los posibles organismos biológicos entren en la cisterna. El agua cosechada en un primer separador no es para beber ni cocinar, pero es ideal para regar el jardín, por ejemplo. Existen diferentes tipos de sistema de primer separador que pueden ser construidos con tambos, barriles, tuberías de PVC u otros recipientes.
5. **Cisterna:** La cisterna es el principal contenedor de tu agua colectada.
6. **Tratamiento Biológico:** El agua de lluvia está libre de químicos, metales pesados y minerales pero aún está en riesgo de contaminación por patógenos, bacterias y otros contaminantes biológicos. SIEMPRE hay que dar tratamiento al agua de lluvia cosechada contra estos contaminantes biológicos antes de beberla.

La captación de agua de lluvia en combinación con un tratamiento biológico, es una solución para obtener agua segura, saludable y sustentable.

## 2.2 Calculando tu capacidad

Una persona necesita 5 litros de agua para beber y cocinar al día, eso se conoce como “necesidad básica”. Si tu techo es suficientemente grande para captar agua extra, la puedes usar para otras actividades como bañarte, regar tu jardín, lavar tus manos o para tus animales.



Hay tres variables cruciales para determinar la cantidad de agua de lluvia que puedes captar:

1. Precipitación mensual promedio
2. Superficie del techo
3. Tamaño o espacio para almacenar agua

Primero, la precipitación media de tu ubicación geográfica determina la cantidad de agua disponible para captar. Es necesario conocer el dato de la precipitación mensual promedio de tu región para calcular la cantidad exacta de agua de lluvia que puedes

recolectar. El cálculo también es posible con datos anuales de lluvia, pero los datos mensuales proporcionan una imagen mucho más precisa de la escasez y necesidad del agua de tu región. Por ejemplo, una región que recibe 30 centímetros de lluvia cada mes tiene la misma precipitación anual que un área que obtiene 360 centímetros durante el monzón de verano y está completamente seco durante los nueve meses restantes. La persona en la región del monzón necesita una cisterna mucho más grande porque necesita subsistir del agua almacenada durante nueve meses de sequía cada año.

En segundo lugar, el tamaño del techo determina la cantidad máxima de agua que puedes captar.

Y por último, necesitas saber si tienes suficiente espacio para almacenar la cantidad de agua de lluvia que planeas captar. Conociendo estas tres variables sabrás si la captación de agua de lluvia es una solución adecuada para tu hogar.

### *2.2.1 Precipitación mensual promedio*

Para encontrar la precipitación mensual promedio de tu región, recomendamos buscar una estación de lluvia en línea. Puedes buscar el sitio web de una universidad local o agencia gubernamental que supervisa el clima, o puedes probar uno de estos sitios:

- Información climática mundial: <https://weather-and-climate.com>
- Tiempo del mundo en línea: <https://www.worldweatheronline.com>
- Datos climáticos: <https://en.climate-data.org>
- Base de clima: <http://http://www.weatherbase.com>

Si ninguno de estos funcionó para tu región, sólo intenta buscar en Google para tu ciudad, pueblo o comunidad con "lluvias mensuales promedio". Si no tienes acceso a Internet, comunícate con una Universidad, agencia gubernamental u organización no gubernamental que monitorea el clima. Muchos de ellos te darán datos mensuales de precipitaciones mensuales gratis. Intenta asegurarte que los datos que estás utilizando se remontan al menos veinte años, para obtener una respuesta fiable.

Nota: a medida que el clima cambia y la Tierra se calienta, los patrones climáticos serán impredecibles. Algunos lugares tendrán más lluvia, otros menos. Cuando recojas tus datos de precipitación mensual promedio, es más seguro asumir que tu precipitación mensual media disminuirá en las próximas décadas. Dimensiona tu cisterna de manera adecuada.

## 2.2.2 Superficie de la cubierta

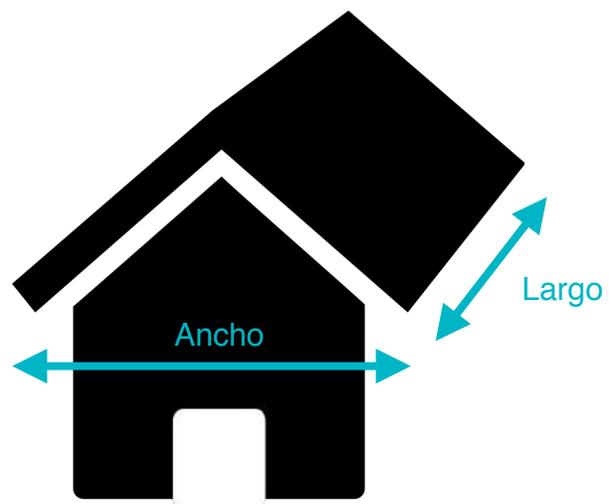
Para determinar la cantidad de agua que puedes captar, calcula el área total de la(s) superficie(s) captadoras. Estas podrían incluir los techos de una casa, garaje, estructura de sombra, vivero, estacionamiento y más. Tú puedes conectar tantos tejados como desees a la misma cisterna, siempre y cuando el sistema de primer separador esté dimensionado apropiadamente (ver el Capítulo 4).

Para calcular el área de un techo, simplemente multiplica la longitud por el ancho, como se muestra en la ecuación 1:

$$A_{techo} = A \times L \quad (1)$$

Para medir la longitud y el ancho de tu techo, mide las dimensiones que se muestran en la figura 2.2. Generalmente puedes hacerlo sin usar escalera. Sin embargo, nota que en la figura 2.2, el ancho que se muestra mide ambos lados -izquierdo y derecho- del techo. Si sólo tienes la intención de captar lluvia de un lado, usarás la mitad del ancho mostrado.

Además, fíjate que en realidad no estás calculando la superficie de tu techo inclinado, sino más bien el área proyectada de tu techo en la parte superior de la casa. Esto es porque suponemos que la lluvia está cayendo hacia abajo y no de lado, por lo tanto, una casa de tamaño normal con techo alto funcionaría igual que la de su vecino de techo plano. Por supuesto, esta suposición en sentido estricto no es cierta. La lluvia golpea un techo en un ángulo que depende de la velocidad del viento. Como esa información es excesiva para nuestros propósitos, asumiremos que la lluvia cae verticalmente desde el cielo y que la longitud y el ancho, como se muestran en la figura 2.2, serán suficientes.



**Figura 2.2** – Ancho y largo de un techo

### 2.2.3 Calculando el tamaño de tu cisterna

Ahora que ya sabes tus datos mensuales promedio de precipitación y el área de tu techo, vamos a averiguar qué capacidad de cisterna necesitas para tu hogar o comunidad. Hay varias maneras de hacer este cálculo. La más fácil (y la que recomendamos más) está en línea, usando nuestra calculadora de captación de agua de lluvia, herramienta gratuita que encontrarás en:

<https://caminosdeagua.github.io/calculadora-captacion-lluvia>

Dado que todos estos cálculos se realizan con datos promedio, asegúrate de agregar un 25% al resultado obtenido para dar cuenta de los años de lluvia inferiores a la media.

Si no tienes acceso a Internet, y vives en San Miguel de Allende, municipio de Guanajuato, México, ver Apéndice A donde se puede hacer el cálculo a mano.

Si no tienes acceso a Internet y no vives en San Miguel de Allende, puedes hacer un cálculo muy básico para calcular la cantidad de agua que se puede captar en un año:

$$V_{max} = Ll_{anual} \times A_{techo} \times \varepsilon \quad (2)$$

Donde  $V_{max}$  es el volumen de lluvia que se puede captar durante un año entero,  $Ll_{anual}$  es la lluvia anual (que se puede calcular sumando todas las lluvias mensuales del Capítulo 2.2.1),  $A_{techo}$  es el área de tu techo de la Sección 2.2.2 y  $\varepsilon$  es el factor de eficiencia de tu techo (ver figura 2). Este cálculo para  $V_{max}$  nos indica la cantidad de agua que puedes captar en un año. Esto no es muy útil, porque probablemente no sólo dejarás que la cisterna se llene durante un año sin beber nada. Sin embargo, nos da un límite superior para la cantidad de agua que se puede captar según el área de tu techo. Si puedes permitirte pagar y construir una cisterna así de grande, adelante. De lo contrario, una cisterna de la mitad de tamaño o más pequeña debería ser suficiente para captar toda el agua de tu techo mientras la utilizas simultáneamente.

Techo	Factor de eficiencia ( $\varepsilon$ )
Concreto	0.85
Lámina	0.8
Teja	0.8
Otros	0.75

**Figura 2.3** — Factores de eficiencia para varios tipos de techos

El paso final es elegir un lugar para tu cisterna. Por supuesto, el espacio debe ser del tamaño suficiente y con la capacidad de soportar el peso del agua, pero hay muchas

otras consideraciones al decidir la ubicación de la cisterna, lo que veremos en la siguiente sección.

## 2.3 Preparación de un sistema de captación de agua de lluvia

Antes de comenzar la construcción de tu sistema de recolección de agua de lluvia, hay algunos preparativos importantes para emprender. Este capítulo te guía para elegir una ubicación, preparar el lugar elegido y planificar el proceso de construcción.

### 2.3.1 Ubicación de la cisterna

El primer paso para construir un sistema de captación de agua de lluvia es elegir un lugar apropiado para la cisterna. Asegúrate de considerar los siguientes puntos al evaluar una ubicación:

- La cisterna debe ser accesible para facilitar su construcción y mantenimiento.
- Cuanto más cerca esté la cisterna del techo, más cortos serán los sistemas de tuberías.
- Puede ser útil tener la cisterna cerca de la cocina o dondequiera que se utilice la mayor cantidad de agua.
- La cisterna necesita sentarse sobre un terreno plano.
- La construcción de la cisterna en un punto más alto que el punto de uso, puede simplificar el transporte de agua.
- Sin embargo, la entrada a la parte superior de la cisterna debe estar por debajo de la casa.
- Los árboles cercanos a la cisterna son útiles: proporcionan sombra y ralentizan el crecimiento de algas; sin embargo, los árboles que sobresalen de la casa ensuciarán el techo con hojas, ramas y excrementos de pájaros.

### 2.3.2 Preparación de la ubicación

Una vez que la ubicación de la cisterna se determina, necesita una cierta preparación. Asegúrate de:

- Que puedas podar todos los árboles que sobresalen del techo y mantenerlos podados mientras tu sistema esté en uso; hojas, ramas y heces pueden poner en peligro el suministro de agua y la salud.
- Aplanar la tierra en un cuadrado de 3x3 metros donde se construirá la cisterna. Esto puede hacerse con palas, paletas y / o una herramienta de compactación o a máquina.
- Que el suelo esté libre de residuos grandes.
- Poner una estructura (una carpa entre los árboles) para proporcionar sombra a los trabajadores y al cemento o para mantener la lluvia fuera de la construcción en caso de que llueva o si el sitio de construcción está bajo el sol directo.

### *2.3.3 Calendario del proceso de construcción*

Al planear tu cisterna, considera el tiempo. Probablemente no tiene sentido trabajar durante un monzón, por ejemplo, ya que las lluvias intensas pueden destruir el cemento húmedo y hacer desagradable el trabajo al aire libre. ¡Prepárate para trabajar fuera todo el día, por varios días seguidos! Si es necesario, prepara una estructura de sombra o cubierta impermeable para proteger el sitio de trabajo. Además, si deseas que tu cisterna se llene rápidamente, deberá estar lista para el comienzo de la estación lluviosa. Por lo tanto, recomendamos comenzar la construcción unos meses antes de la estación lluviosa, dando a tu cisterna tiempo suficiente para curarse antes de ser llenada con agua segura, saludable y sustentable.

# Capítulo 3. Cisternas

Ahora que has elegido y preparado su sitio, es hora de planificar y construir tu cisterna. Este capítulo está dividido en dos secciones: consideraciones generales de planeación (3.1) e instrucciones paso a paso para construir una cisterna de ferrocemento de 12,000 litros (3.2).

La Sección 3.1 cubre cómo hacer entrar y salir agua de la cisterna, sobresalida, lavado, conectar cisternas múltiples en serie y en paralelo y cómo manejar la presión de la cisterna. Esta sección se aplica a cualquier cisterna independiente, incluidos los sistemas hechos de mampostería, fibra de vidrio, plástico, geomembranas, cemento reforzado con bambú y ferrocemento, entre otros. Las cisternas subterráneas funcionan de forma un poco diferente, pero se aplican muchos de los mismos principios.

La Sección 3.2 detalla los pasos específicos para construir una cisterna de ferrocemento de 12,000 litros. Esta es la cisterna que construimos generalmente en la zona rural del centro de México. Muchas de las técnicas se aplican a otros diseños a base de cemento como la mampostería o el concreto reforzado con bambú.

¡Buena suerte construyendo tu cisterna!

## 3.1 Consideraciones generales de la cisterna

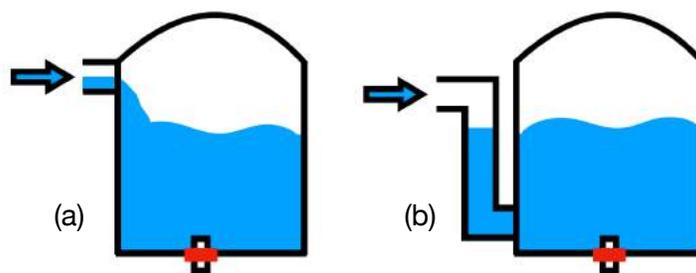
Lee esta sección antes de construir o instalar tu cisterna. Mientras que el capítulo 2 trató sobre el sitio, este capítulo se centra en las consideraciones de diseño relacionadas con la cisterna en sí. Éstas incluyen:

- 3.1.1 Llenar la cisterna
- 3.1.2 Obtener agua para cualquier uso
- 3.1.3 Sobresalida
- 3.1.4 Lavado
- 3.1.5 Conexión de cisternas múltiples
- 3.1.6 Aire
- 3.1.7 Mallas

Si bien hay formas ilimitadas de abordar estas consideraciones de diseño, algunos métodos pueden servir a tus necesidades mejor que otros. Asegúrate de considerar cuidadosamente las siguientes secciones cuando planifiques tu cisterna.

### 3.1.1 Llenar la cisterna

Para llenar tu cisterna, debes tener en cuenta los siguientes componentes: 1) superficie o área de captación, 2) canaletas, 3) el sistema de primer separador y 4) la entrada de la cisterna (consulta la sección 2.1 para obtener más información). Para este manual, supondremos que estás captando agua de un techo, lo que te permite aprovechar la gravedad para llenar la cisterna. Si estás captándola de una superficie inferior, como una carretera o un estacionamiento, existen diferentes consideraciones que quedan fuera del alcance de este manual.



**Figura 3.1** — *Cómo puede entrar la lluvia en la cisterna. Las flechas indican la dirección del flujo del agua. El diseño (a) pone agua nueva en la parte superior, previene la acumulación en las tuberías y asegura que el agua que estás bebiendo es la más antigua en la cisterna al tiempo que promueve la mezcla. El diseño (b) permite que el agua se acumule en las tuberías, para que el agua más antigua suba, acumulándose en la cisterna y perturbando los sedimentos.*

A medida que el agua fluye fuera del techo (ver el capítulo 4), captúrala en un sistema de canaletas. Asegúrate de que todas las tuberías fluyan cuesta abajo, de lo contrario, se acumulará agua.

Un sistema de primer separador es crucial para asegurarte de que el agua que ingresa a tu sistema de almacenamiento sea de alta calidad física. El dimensionamiento y la construcción apropiados de un sistema de primer separador se tratan con mayor detalle en el capítulo 5.

Aunque podrías lograr que el agua ingrese desde la parte inferior o superior de la cisterna, como se muestra en la figura 3.1, en casi todos los casos es mejor agregar agua en la parte superior. Si el agua entra por el fondo, habrá acumulación en las tuberías y se estancará. Además, si algún sedimento llega a la cisterna, se asentará en el fondo. Si la lluvia entra por el fondo, agitará los sedimentos y tu agua saldrá más

sucia. Finalmente, una entrada inferior implica más conexiones de plomería, la experiencia alta presión y crea más puntos de posibles fallas

### 3.1.2 Obtener agua para cualquier uso

¿Cuál sería el punto de tener una cisterna si no pudieras usar el agua dentro de ella? Esta sección describe factores de diseño importantes a considerar cuando diseñas la llave de tu cisterna.

Como se muestra en la flecha roja de la figura 3.2, la llave no está en el fondo de la cisterna (también ver figura 3.4). Al contrario, se coloca elevada, desde unos pocos centímetros hasta medio metro. La altura de tu llave dependerá del tipo de cisterna, de las condiciones ambientales y climáticas y según cómo piensas utilizar la cisterna.

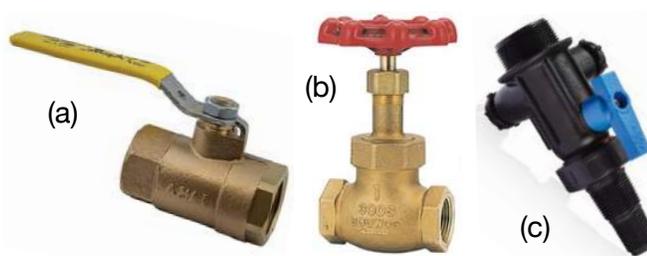


**Figura 3.2** — Altura de la llave arriba del suelo.

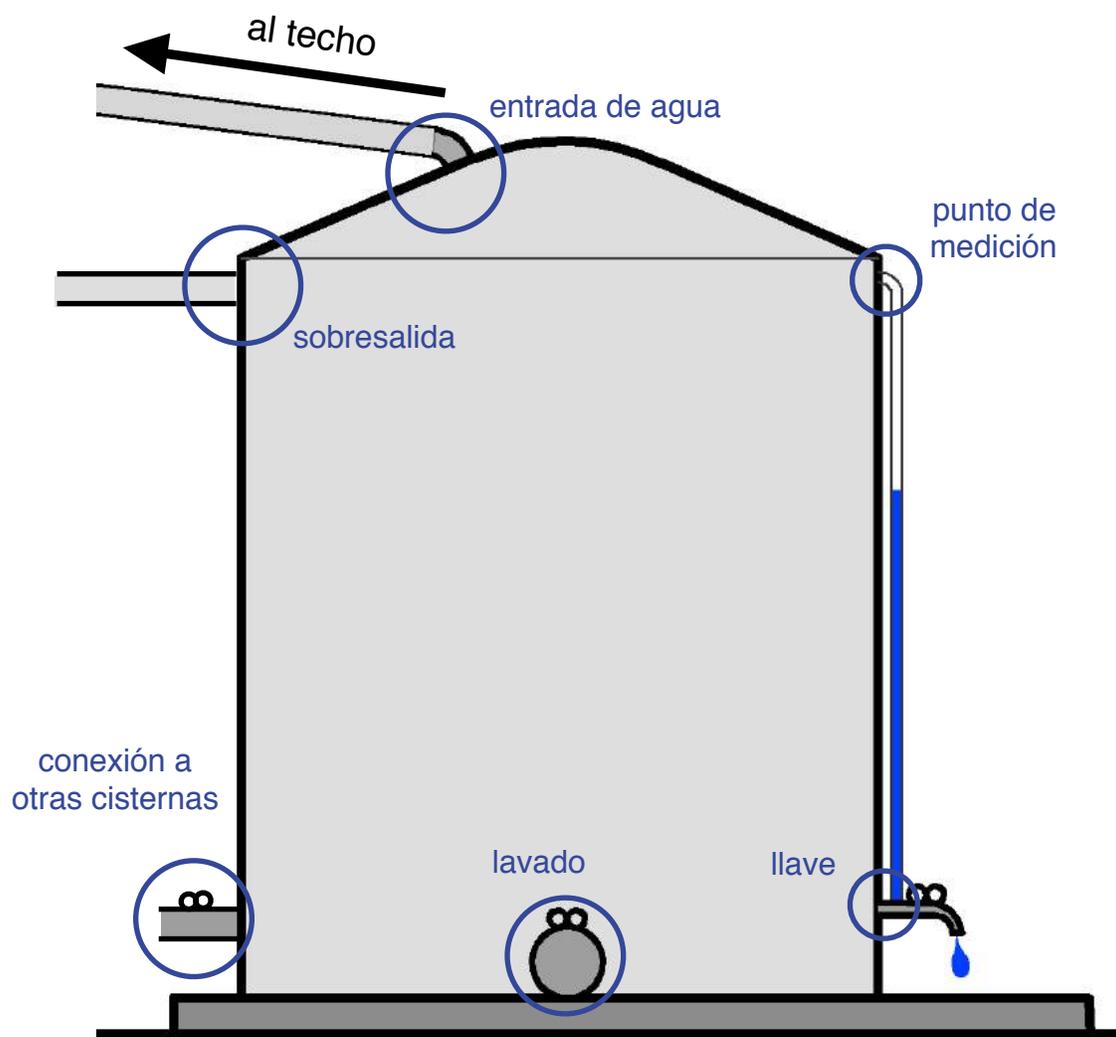
Algunas consideraciones prácticas:

**Sedimento** — Habrá al menos algunos sedimentos en tu cisterna. La cisterna actúa como un tanque de sedimentación, dejando que el sedimento caiga al fondo. Asegúrate de que la válvula esté levantada al menos 5 centímetros para no perturbar esta capa de agua vieja y de sedimento acumulado.

**Practical use** — Debes ser capaz de sacar el agua de tu cisterna. Si planeas caminar a la cisterna con un balde o recipiente para llenarlo de agua, ese contenedor obviamente debe caber entre la llave y el suelo. Por otro lado, si vas a conectar una manguera a la cisterna, necesitas mucho menos espacio libre. Si vas a canalizar el agua en un edificio, no necesitas más que el espacio mínimo definido anteriormente para atrapar sedimentos.



**Figura 3.3** — Llaves para salida de agua de cisterna estándar. (a) Una válvula de esfera te permite abrir y cerrar la cisterna. (b) Una válvula de globo te da un control más preciso. (c) muchas cisternas de plástico comerciales vienen con una válvula como ésta.



**Figura 3.4** — Los cinco accesorios en una cisterna. Estos incluyen la entrada, donde el agua entra, la sobresalida, donde sale agua que sobra, la llave, desde donde el usuario obtiene el agua almacenada, el lavado, se usa para eliminar los desechos y el punto de medición, utilizado para conectar un tubo para medir el nivel del agua. Si tienes la intención de conectar múltiples cisternas en serie, puedes agregar otra toma de conexión en la parte inferior (consultar sección 3.1.5 para más detalles).

Además de la altura de la llave, también debes considerar el tipo de llave. Típicamente esto depende de cuánto control te gustaría sobre el flujo. Si solo quieres una llave para abrir y cerrar, una válvula de esfera estándar (figura 3.3a) es suficiente. Pero si quieres mayor control, una válvula de globo (figura 3.3b) a menudo es más apropiada.

**Humedad estructural** — Algunos materiales, especialmente el concreto, deben permanecer húmedos para evitar el agrietamiento. Si estás construyendo una cisterna de concreto, especialmente una que se ubica en luz solar directa, nunca debes permitir

que se vacíe por completo (excepto por tiempos breves de lavado, como se describe en la sección 3.1.4). Esta capa de agua mantiene un alto nivel de humedad dentro de la cisterna, disminuyendo la probabilidad de agrietamiento. El cemento continúa curándose químicamente bajo el agua, por lo que una vez que el interior de la cisterna ha comenzado a secarse (aproximadamente una hora después de completar la capa interior final) asegúrate de agregarle agua y cubrirla para evitar agrietamiento durante las primeras fases de construcción. Manteniendo la llave elevada se evita que el usuario vacíe completamente la cisterna durante el uso cotidiano.

Con estas consideraciones, puedes elegir una llave y decidir qué tan alto la instalarás por encima del suelo.

### 3.1.3 *Desbordamiento*

Al construir tu cisterna, es crucial considerar qué sucederá cuando esté completamente llena y continúa entrando agua dentro de ella. ¡El agua necesita ir a alguna parte! Dependiendo del diseño de tu cisterna, el exceso de agua podría conducir a:

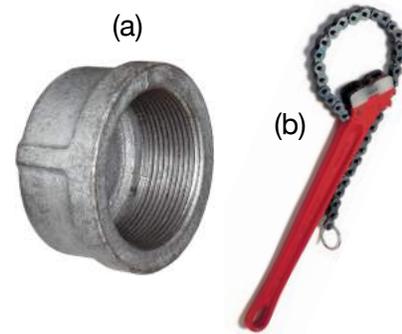
1. Agua tocando la parte superior de la cisterna. Muchos diseños de cisternas tienen en la parte inferior del techo metal expuesto, varillas de refuerzo o malla. El contacto con el agua podría escurrir el óxido en tu suministro de agua.
2. Aumento de presión en la parte superior de tu cisterna. Muchas cisternas tienen tapas, puertas o parches a lo largo del techo que son puntos débiles. El sobrellenado de la cisterna podría llevar a goteras a lo largo de estas uniones.
3. Agrietar la cisterna. El sobrellenado puede proporcionar más presión de la que por diseño la cisterna podría resistir causando abultamientos y / o rupturas.

Afortunadamente, es simple evitar estos problemas. Simplemente hay que agregar una sobresalida en el diseño como se muestra en la figura 3.4. Este es un tubo, instalado en el nivel máximo que desees de la cisterna, y que permite que salga el exceso de agua. El tubo de sobresalida debería:

1. Ubicarse lo más alto posible
2. Estar debajo de cualquier junta constructiva, metal expuesto o posibles puntos de falla
3. Salir hacia un espacio productivo, como un árbol o un jardín. Solo por el hecho de no capturar el agua en tu cisterna no significa que deba desperdiciarse.

### 3.1.4 Lavado

Como se mencionó en la sección 3.1.2, con el tiempo, el sedimento tiende a acumularse en las cisternas. Para deshacerse de esta suciedad acumulada, asegúrate de instalar una válvula de lavado separada de su llave de uso regular. Como se muestra en la figura 3.4, esta válvula debe estar tan cerca del piso de la cisterna como sea posible y lo suficientemente grande como para tirar a la poder sacar sedimentos en trozos mayores. Recomendamos al menos una abertura de 1.5 " de diámetro. Dado que esta válvula puede vaciar completamente la cisterna en unos minutos, recomendamos no usar una válvula estándar con manija, sino alguna que puedas encontrar que requiera de herramienta especial para abrirla y evitar el riesgo de que algún niño pueda drenar accidentalmente la cisterna. Nosotros típicamente usamos una tapa galvanizada como se muestra en la figura 3.5.



**Figura 3.5** — Partes necesarias para la llave de lavado  
Generalmente usamos (a) una tapa galvanizada de 2 "en un niple galvanizado de 2"x 8" para nuestras válvulas de lavado. Ellas no pueden abrirse a mano; sólo con (b) una cadena de llave inglesa. Asegúrate de cerrar la válvula con suficiente cinta teflón.

Si estás conectando varias cisternas juntas en paralelo o en serie, asegúrate de que cada una tenga su propia válvula de lavado (ver sección 3.1.5 para más detalles).

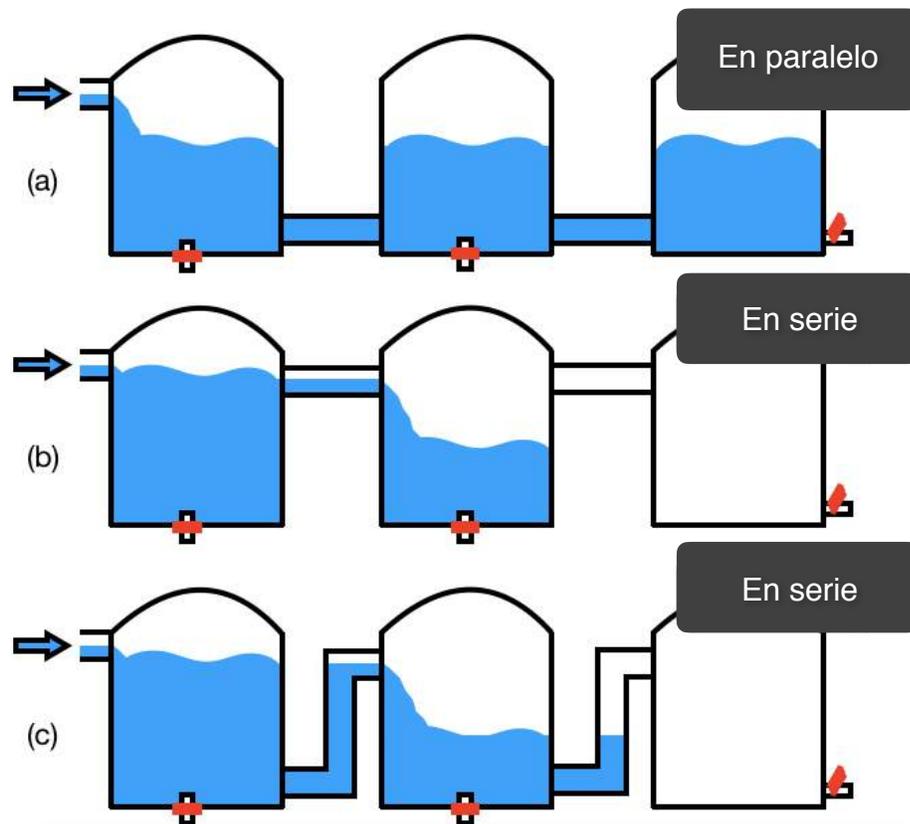
### 3.1.5 Conexión de cisternas múltiples

Si deseas más capacidad de almacenamiento de lo que una sola cisterna puede proporcionar o si solo te alcanza para instalar una pequeña cisterna en un primer momento, ¡no temas! Hay varias formas simples para conectar cisternas juntas y obtener almacenamiento adicional o puedes instalar un sistema por partes a lo largo del tiempo. Al conectar cisternas, puedes vincularlas en paralelo o en serie. Cada uno tiene sus ventajas y desventajas.

**En paralelo (figura 3.6a)** — Todos los niveles de la cisterna son siempre constantes, por lo que los niveles suben y bajan juntos. Siempre puedes cerrarlos y usar cada cisterna de forma independiente si es necesario. Siempre estás usando el agua más nueva, lo que significa que el agua más antigua puede acumularse en la cisterna.

**En serie (figura 3.6b, c)** — Las cisternas se llenan una por una y se drenan de forma independiente. Dependiendo de cómo las acomodes, obtendrás el agua más nueva (ocasionando el estancamiento del agua antigua) o el agua más antigua.

Independientemente del diseño que elijas, asegúrate de que cada cisterna tenga su sobrealida (como se describe en la sección 3.1.3) y su válvula de lavado (sección 3.1.4)



**Figure 3.6** — Cisternas conectadas en (a) paralelo y (b, c) en serie. Nota cómo se llenan las tres cisternas en paralelo. En serie, la primera cisterna debe llenarse completamente antes que la segunda cisterna comience a llenarse. En (b), el agua más nueva fluye hacia la segunda cisterna y se mezcla de modo turbulento a medida que cae. En (c), el agua más antigua fluye hacia la segunda cisterna con menos mezcla.

Es difícil hacer nuevas perforaciones o realizar modificaciones en una cisterna una vez que está llena de agua. Si tienes la intención de conectar varias cisternas juntas, ¡haz un plan desde el principio! De esta manera, puedes agregar los orificios, accesorios, tubos y válvulas apropiados (como se muestra en la figura 3.4) para tu primera cisterna. Luego puedes agregar otra cisterna fácilmente en cualquier momento. La planificación de tu sistema puede llevar un poco más de tiempo al principio, pero puede ahorrarte un gran dolor de cabeza más adelante (y tal vez miles de litros de agua desperdiciada).

### 3.1.6 Aire

Si tu cisterna es completamente hermética, entonces cuando coloques más agua, se comprimirá el aire, creando presión. Esto (a) solo permitirá que tu cisterna llene el 20-30% y (b) aumenta el riesgo de grietas y fugas en lugares inesperados. Por lo tanto, es crucial que el aire pueda moverse a través de la parte superior de la cisterna. Esto a menudo es insignificante. Un tubo de sobrealida, la entrada de agua o una escotilla de mantenimiento pueden duplicarse como un flujo de aire. Plástico, fibra de vidrio y otras cisternas prefabricadas a menudo vienen diseñadas con un flujo de aire.

### 3.1.7 Mallas

Si hay espacios a través de los cuales los insectos, los animales pequeños, la caca de los pájaros, etc. pueden ingresar a la cisterna, asegúrate de que estén cubiertos por una malla. Usamos mallas finas de plástico o fibra de vidrio, comprado en una ferretería local, pero cualquier malla de plástico lo suficientemente pequeña como para mantener fuera los insectos debería funcionar. Para obtener más información sobre mallas, consulta la sección 6.1.5 Filtros de hojas.

## 3.2 Construyendo de una cisterna de ferrocemento de 12,000 litros

Aunque podrías comprar una cisterna de plástico, hacer una cisterna subterránea o usar varios tipos de concreto para construir una cisterna, este manual te guía paso a paso en el proceso de construcción de una cisterna exterior de ferrocemento de **12,000 litros**. (Figura 3.7)

Este capítulo está dividido en siete etapas de construcción:

- 3.2.1 Preparación de soldaduras
- 3.2.2 Herramientas y materiales
- 3.2.3 Armado
- 3.2.4 Base de la cisterna
- 3.2.5 Pared de la cisterna
- 3.2.6 Techo de la cisterna
- 3.2.7 Toques finales

Los pasos de construcción de este manual están organizados de manera cronológica: ¡haz los primeros pasos primero! Sin embargo, puede ser de utilidad revisar todo el capítulo antes de ponerse manos a la obra y asegurarse de contar con todo el material a la mano antes de comenzar la construcción. De manera adicional, analiza dónde construirás tu cisterna basándote en los lineamientos de la Sección 2.3



**Figura 3.7** — Cisterna de agua de lluvia de 12,000 litros con un primer separador de aguas de 200 litros.

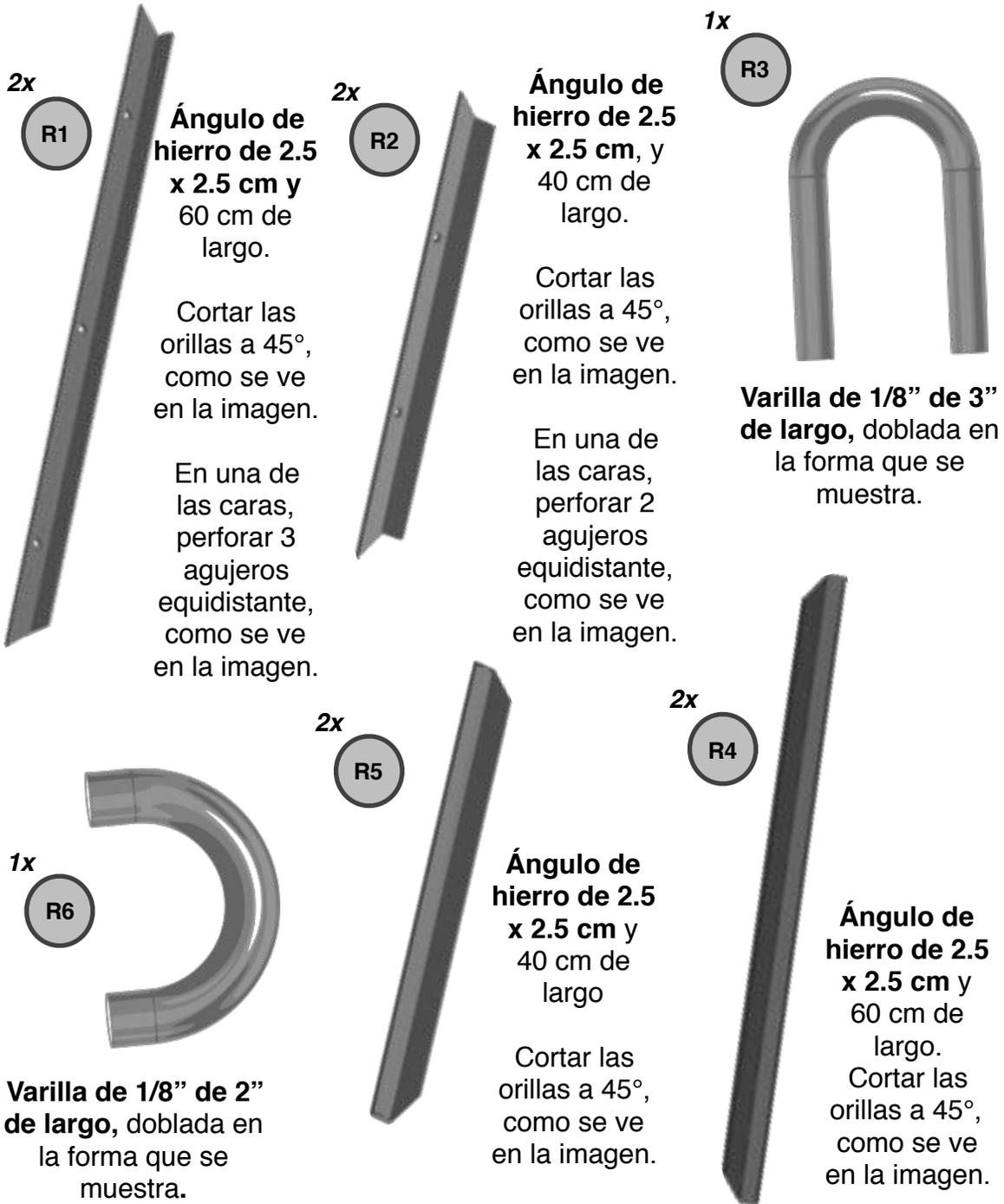
### 3.2.1 Preparación de soldaduras

La siguiente sección describe dos componentes de la cisterna que deben soldarse antes de construir la cisterna. La Sección 3.2.1.1 explica cómo conectar varillas o mallas de refuerzo a un niple galvanizado para evitar fugas al usar la cisterna. La Sección 3.2.1.2 detalla cómo cortar, perforar, esmerilar y soldar una puerta para la parte superior de la cisterna. Ambos requieren al menos equipo de soldadura, si no es que un equipo de uso rudo como un esmerilador o una perforadora de metales. Con la siguiente sección, podrás encargarte a un herrero o soldador estas dos piezas para armarlas por ti, sobre todo si no tienes experiencia en soldadura; te recomendamos



### 3.2.1.2 Puerta del techo de la cisterna

#### .. Materiales ..



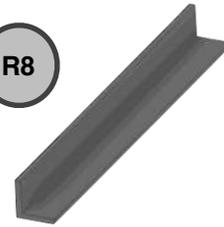
Materiales (continuación)

1x



**Hoja metálica de 2-3mm de grosor.** Cortar una pieza de 30 x 59 cm.

1x



**Ángulo de 1.5 x 1.5 cm** de 10-15 cm de largo.

2x



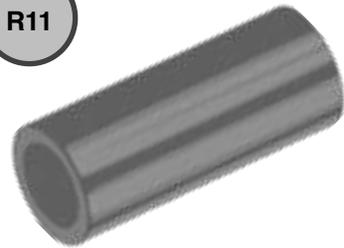
**Varilla de 1/8"** de 1 m de largo.

2x



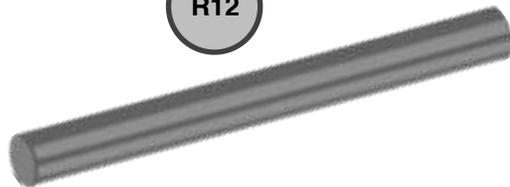
**Varilla de 1/8"** de 25 cm de largo.

4x



**1.5 cm de tubo de hierro,** 2.5 cm de largo.

2x

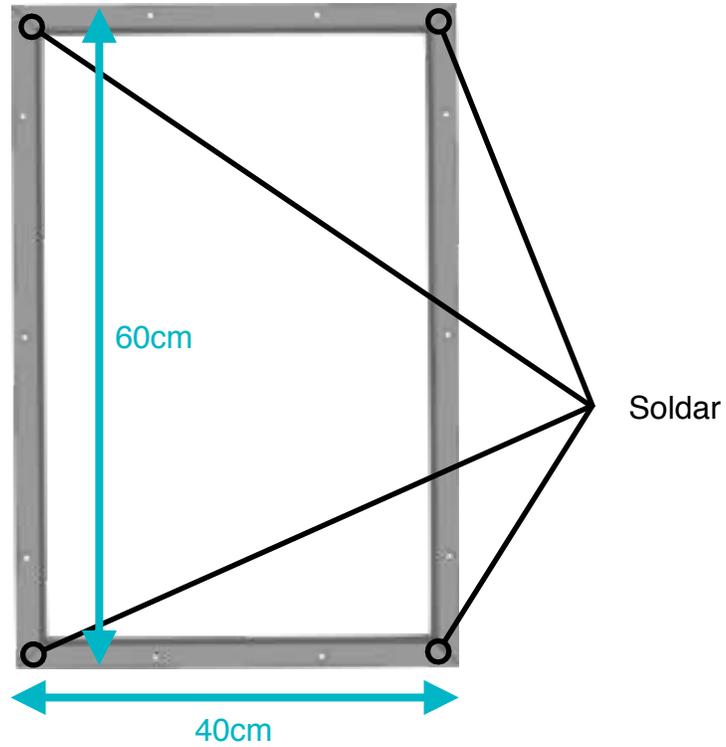


**Varilla de 1/4"** de 6 cm de largo.

Pasos

1

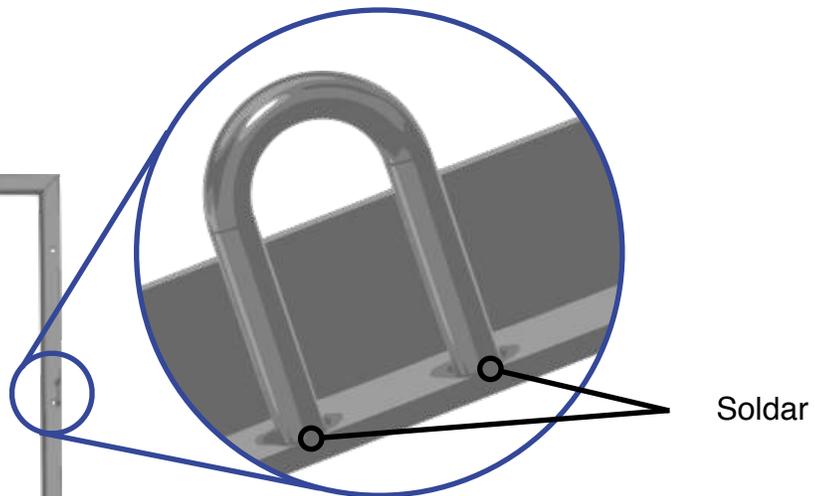
*Vista superior*



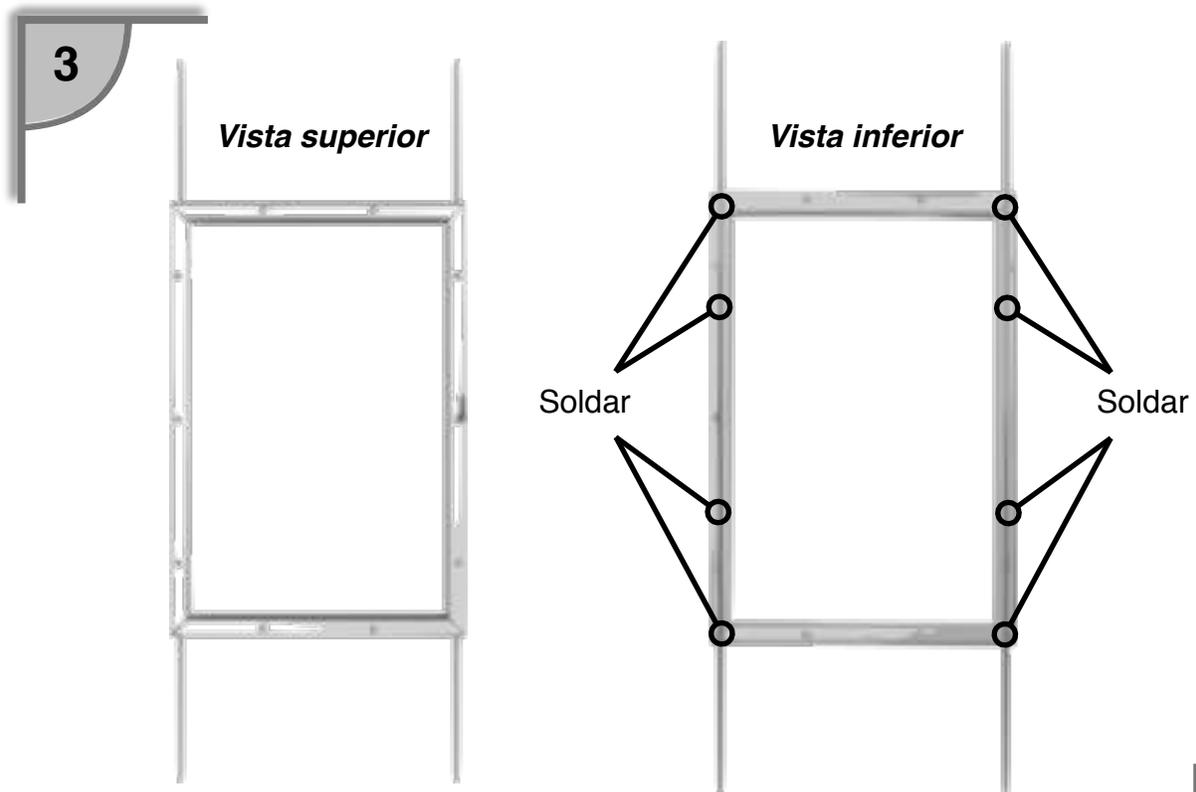
Soldar barras R1 y R2 entre sí como se muestra. Esta es la base de la puerta.

2

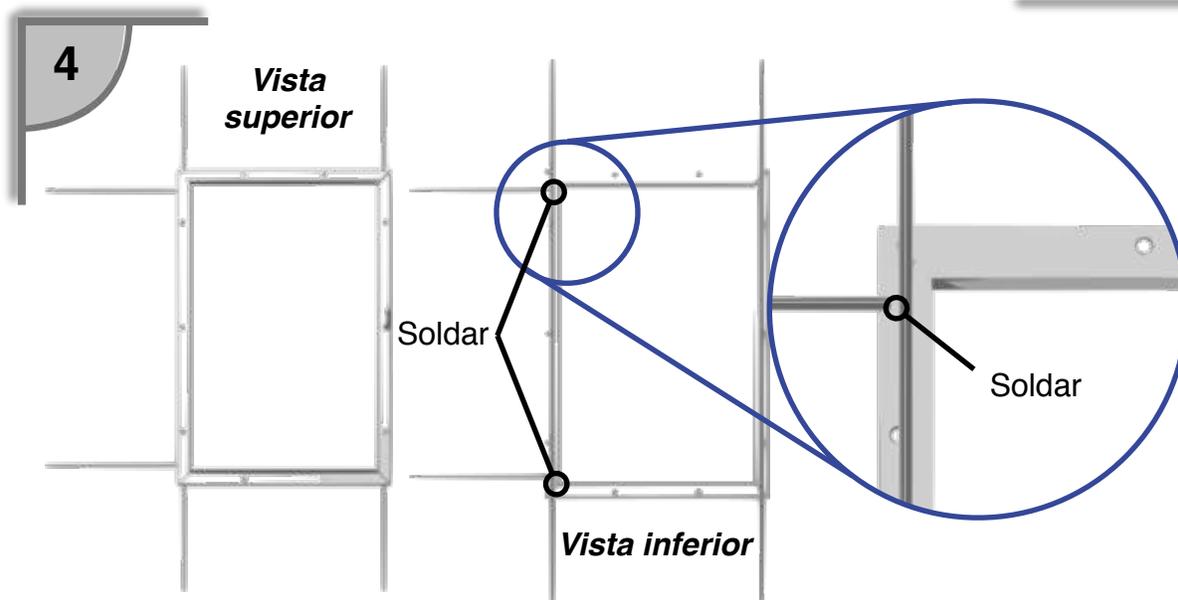
*Vista superior*



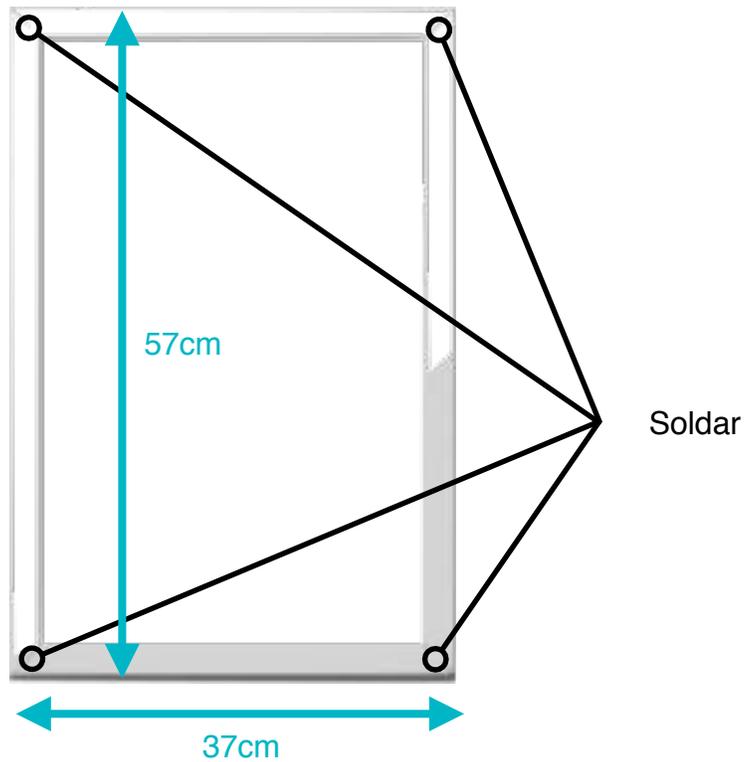
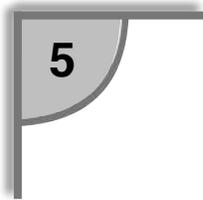
Soldar R3 en la superficie de R1 con los orificios más o menos a la mitad del ángulo.



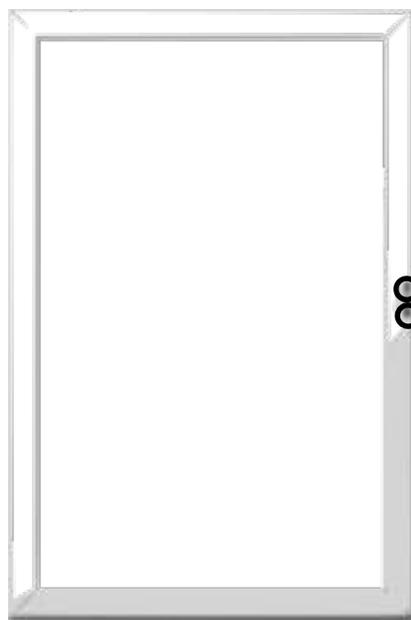
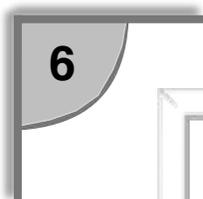
Soldar la varilla de 1 m (R9) a lo largo de las piezas R1, con 4 o 5 puntos de soldadura. Asegúrate de que queden aproximadamente 20 cm por cada lado. ¡No cubras los orificios!



Soldar la varilla de 20 cm (R10) en la orilla de la parte inferior de las piezas R1, como se muestra. Asegúrate de que estas soldaduras sean del mayor largo posible. ¡No cubras los orificios! Ahora está completa la base, sigamos con la puerta.

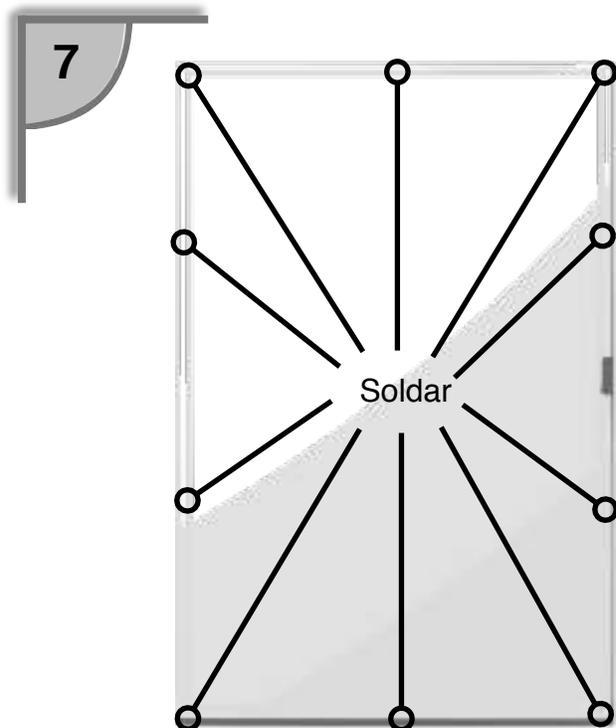


Como una pieza independiente, soldar ángulos R4 como se muestra. Esta es la puerta montada



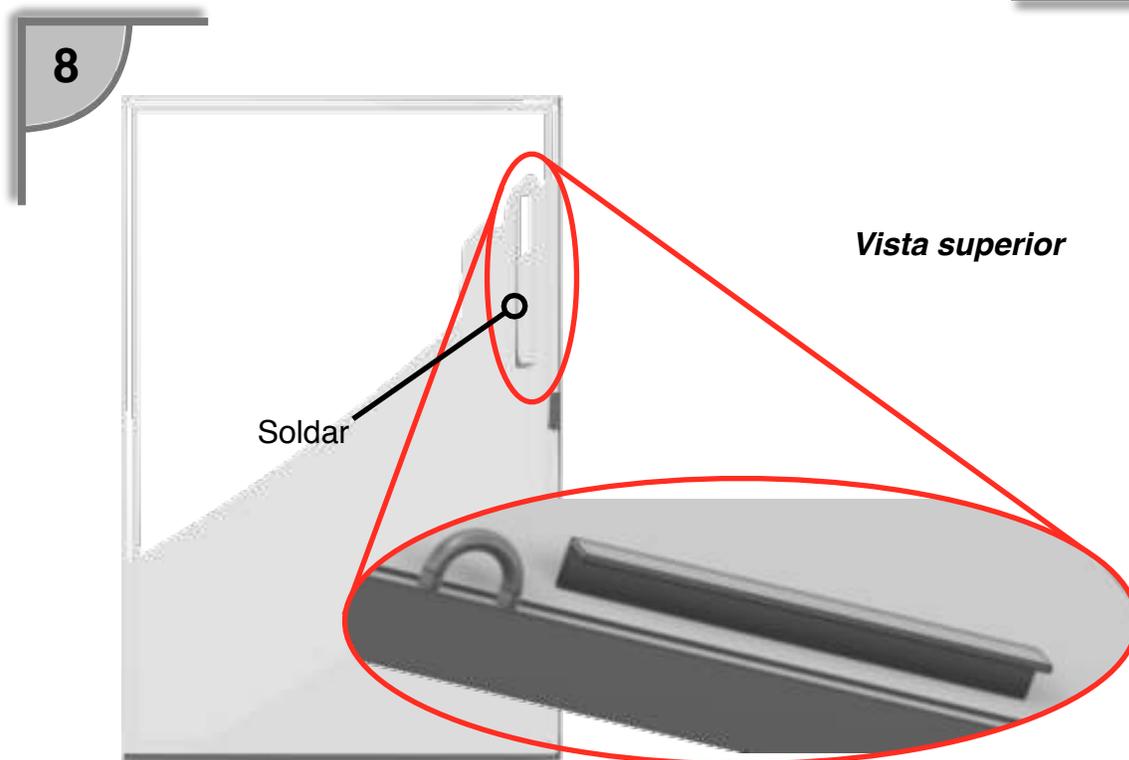
**Vista superior**

Igual que el paso 2, soldar R6 en una de las piezas R4 de la puerta. Esta pieza necesita alinearse con la R3 del paso 2. Para hacerlo, alinea el panel de la tapa con el panel de la base (paso 4) antes de soldar R6 a R4. Ellas estarán conectadas para asegurar la puerta.



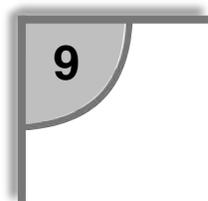
**Vista superior**

Une la hoja metálica R7 a la tapa de la pieza de la puerta (paso 6) con 3 a 5 puntos soldadura en cada lado.

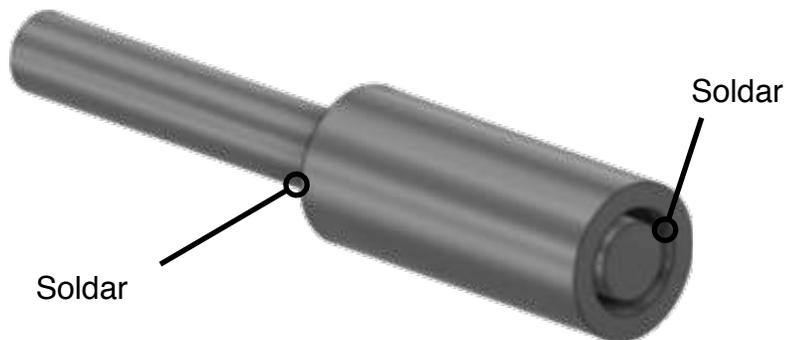


**Vista superior**

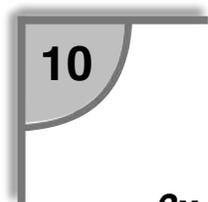
Soldar la pieza más pequeña, el ángulo metálico R8 a la hoja metálica, R7, en la puerta. Ésta funcionará como una manija. Ahora la puerta está completa. En los siguientes pasos, uniremos las bisagras para conectar la puerta a la base.



2x



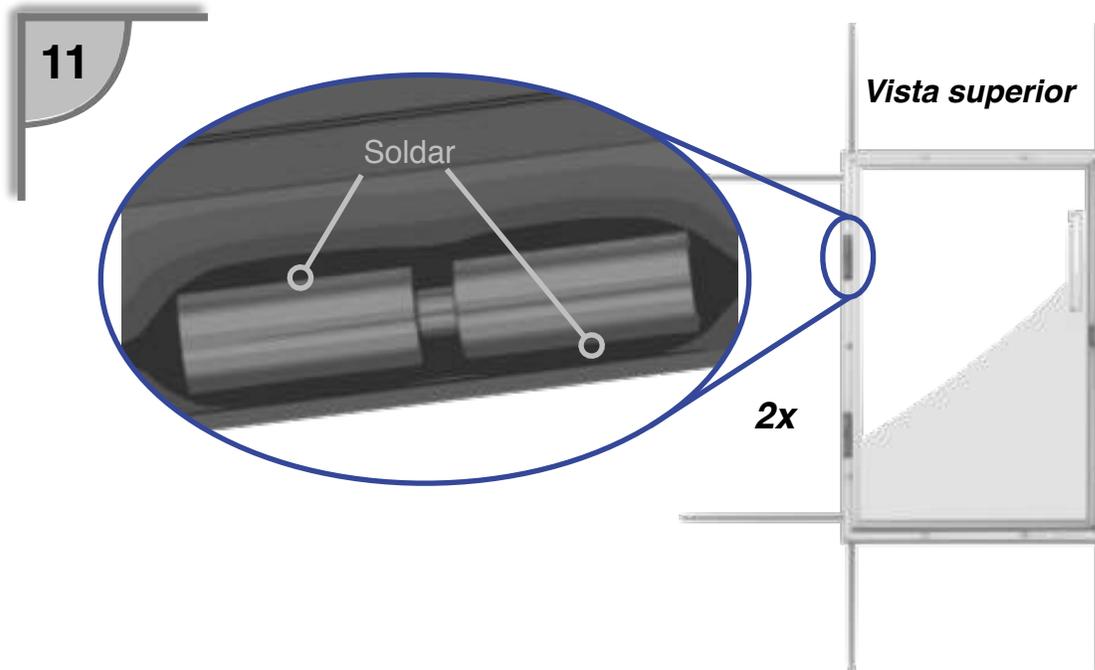
Inserta el pedazo corto de varilla, R12, en el tubo R11. Soldar en su lugar en ambos lados del tubo. Repite este paso dos veces.



2x



Inserta el otro pedazo de tubo, R11, en el otro lado de la varilla. ¡NO SOLDAR!  
Repite este paso para las dos bisagras.



Alinea la puerta y la base, de modo que R3 y R6, los cerrojos, se alineen.

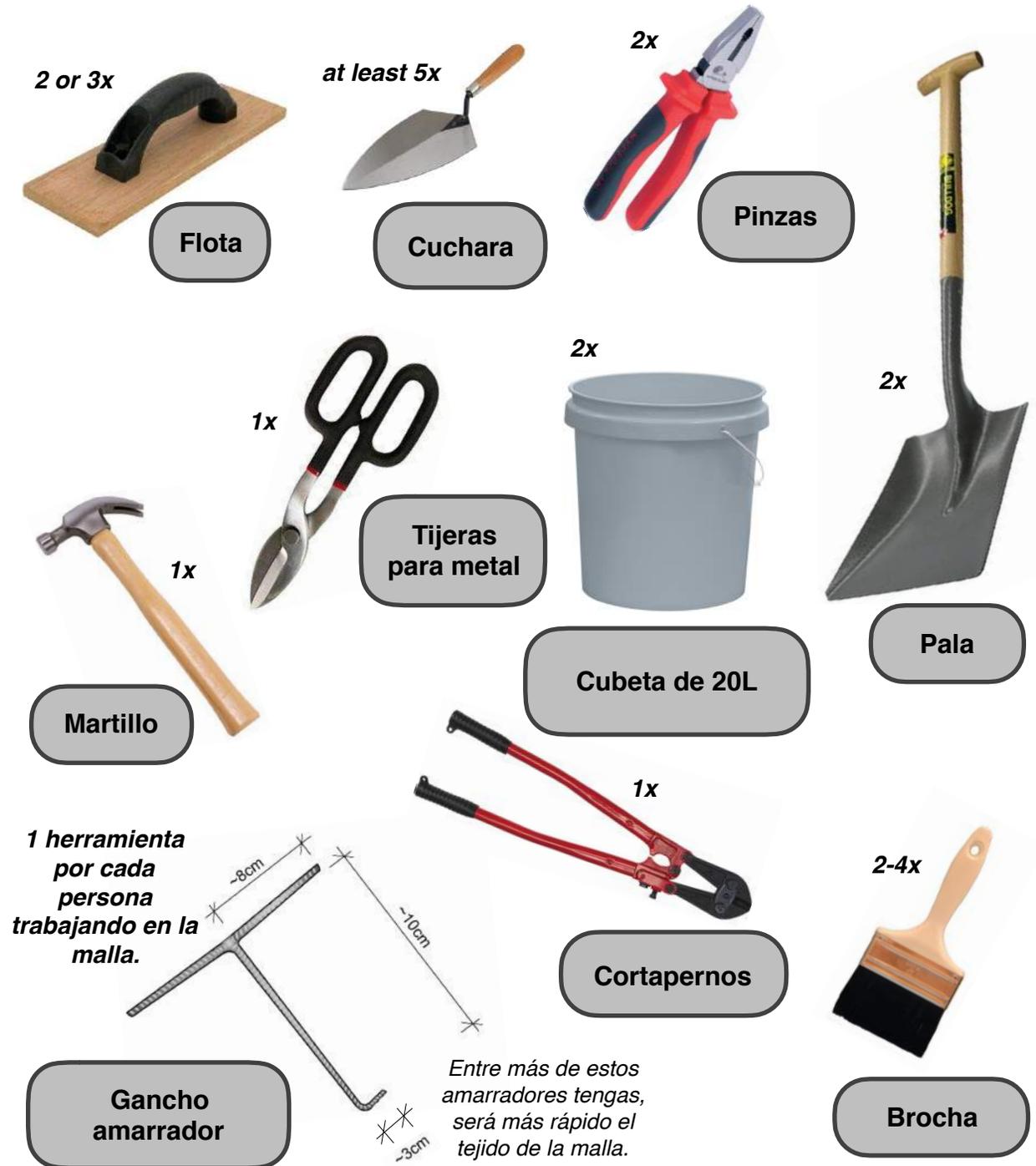
Coloca las bisagras en el lado opuesto de los cerrojos y la manija. No obstruyas los agujeros. Soldar el tubo que está fijado a la varilla (paso 9) con la base (R1). Soldar al techo (R4) el tubo que puede rotar libremente (paso 10). Esto permitirá que la puerta pueda abrir, cerrar y asegurarse con un candado.

¡La puerta está completa! Cuando la conectes al techo en la sección 3.5, lo harás torciendo cables a través de los agujeros en su base e introduciendo las varillas en la malla electrosoldada del techo de la cisterna. ¡Es hora de comenzar a construir la cisterna!

## 3.2.2 Herramientas y materiales

Asegúrate de tener todas las herramientas y materiales enlistados en la siguiente sección antes de comenzar a construir.

### 3.2.2.1 Herramientas



### 3.2.2.2 Materiales

Imagen	Material	Unidad	Cantidad
M1	Rollo de malla electrosoldada, con cuadros de 6"x6"	metro(s)	15
M2	Chicken wire, 20 caliber, 1.5 meters wide	metro(s)	30
M3	Malla gallinera ('polleria'), calibre 20, 1.5 metro de ancho	metro(s)	30
M4	Alambre recocido	kilogramo(s)	5
M5	Cemento	tonelada(s)	1
M6	Cal	Bulto(s) 25kg	1
M7	Manguera de 5/8" flexible transparente	metro(s)	2.5
M8	Manguera negra de 3/4" flexible	metro(s)	2.5
M9	Adaptador de manguera de 1/2", de cobre o de acero galvanizado	pieza(s)	2
M10	Llave de 1/2", de cobre o de acero galvanizado	pieza(s)	1
M11	tee de 1/2", de cobre o de acero galvanizado	pieza(s)	1
M12	Codo de 1/2" 90°, de cobre o de acero galvanizado	pieza(s)	2
M13	Abrazadera de 1" de acero	pieza(s)	2
M14	Tapa roscada de 2", de cobre o de acero galvanizado	pieza(s)	1
M15	Niple de 2" x 8", de cobre o de acero galvanizado	pieza(s)	1
M16	Niple de 1/2" x 4", de cobre o de acero galvanizado	pieza(s)	2
M17	Tubo de 2" PVC, 0.5-1 m	pieza(s)	1
M18	Arena	Camión 6m <sup>3</sup>	0.5
M19	Grava, 1-3mm diámetro	carretilla(s)	5
M20	Puerta de acceso, pintada, acero / hierro soldado, 60x40cm	pieza(s)	1
M21	Polín, 10x10cm	8' pieza(s)	4
M22	Triplay, 1/16" gruesa	Hoja 4'x8'	6
M23	Cuñas de madera	pieza(s)	200
M24	Agua	litro(s)	1500
M25	Lona de plástico, lo suficientemente grande como para cubrir la cisterna	pieza(s)	1
M26	Cuerda delgada	metro(s)	40
M27	bolsas de plástico	pieza(s)	15



### 3.2.3 Armado

Una vez que hayas recolectado todos tus materiales y herramientas ya estás listo para comenzar. El objetivo de esta sección es hacer un cilindro de malla (figura 2), base de malla y el techo de malla, los cuales serán la estructura y la forma de la cisterna. Asegúrate de contar con mucha gente para hacer el armado, este puede ser un proceso que consuma mucho tiempo. De diez a veinte personas pueden completar esta labor en una mañana.

Sigue los pasos a continuación para crear un malla plana compuesta de una pieza de malla electrosoldada unida a dos piezas de malla de gallinero, una encima y otra debajo, después esta pieza se corta para crear el cilindro, la base y el techo.

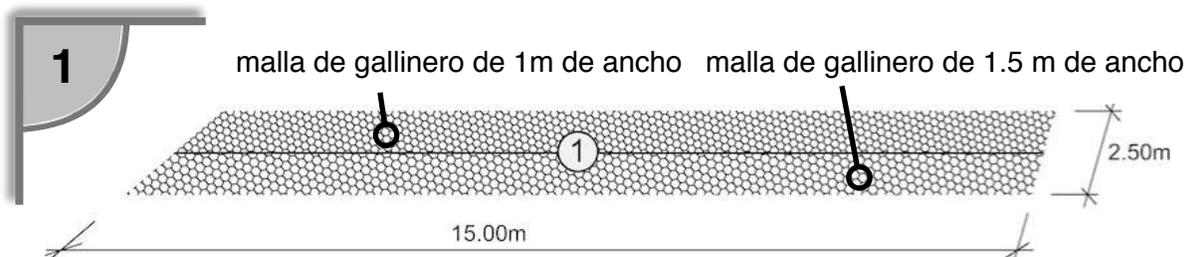


**Figura 3.8** — Un grupo construyendo una cisterna sostiene su armado cilíndrico y su base.

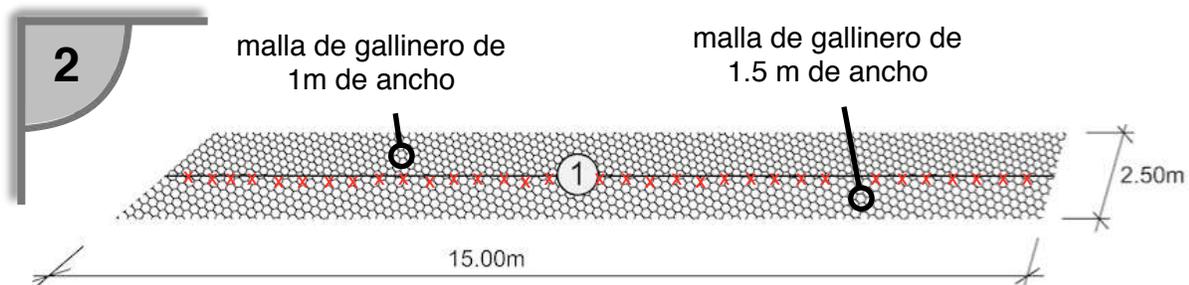
El armado de la construcción está dividido en las siguientes secciones:

- 3.2.3.1 Tejer la malla
- 3.2.3.2 Cortar la malla
- 3.2.3.3 Ensamblar el cilindro
- 3.2.3.4 Ensamblar el armado del techo

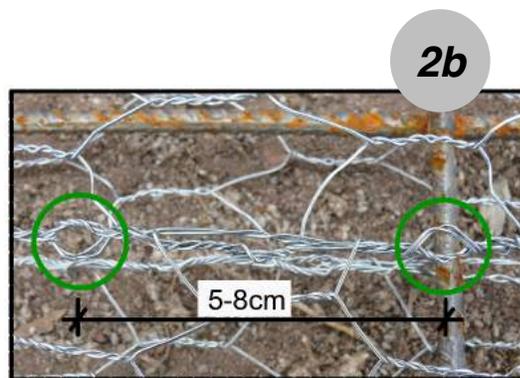
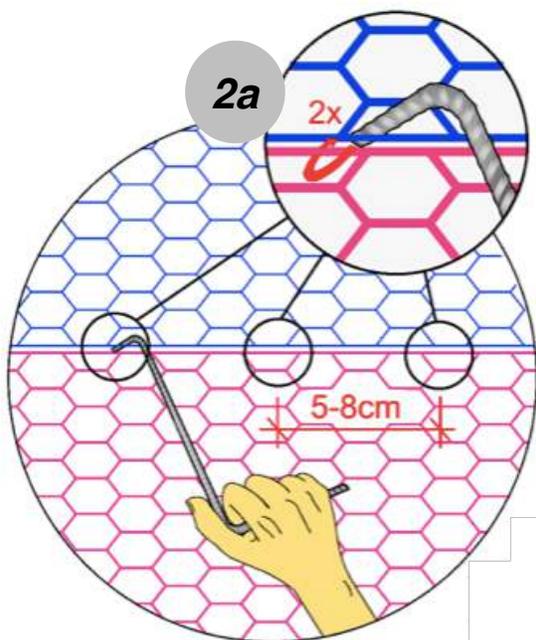
#### 3.2.3.1 Tejiendo la malla

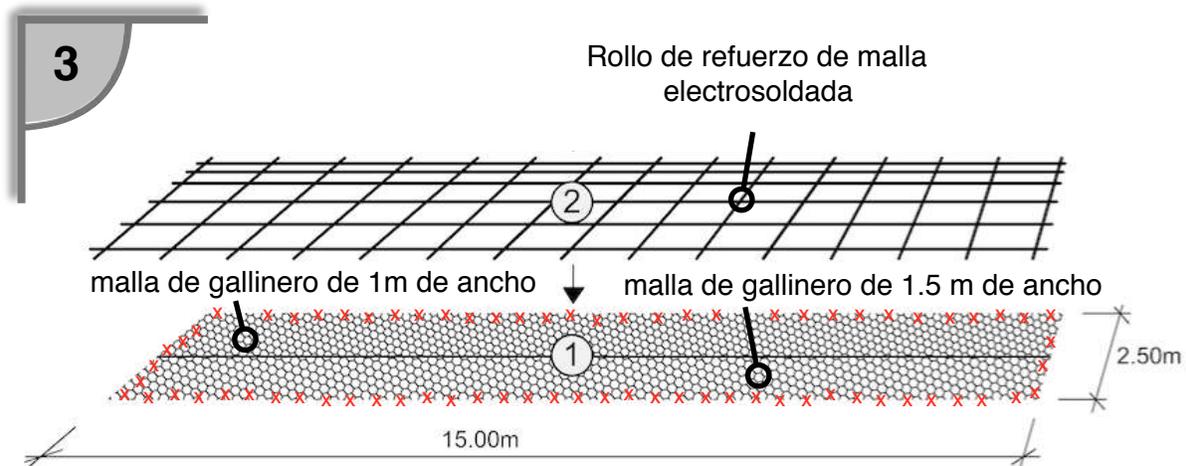


Desenrolla 15 metros de cada malla de gallinero en el suelo una al lado de la otra



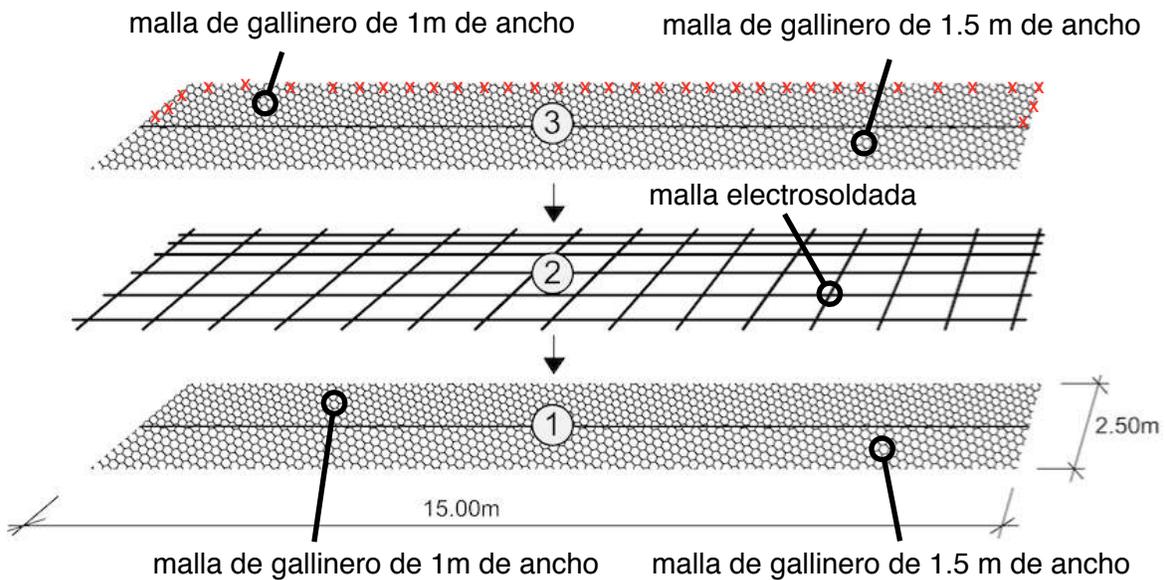
Usando el gancho (2a) tuerce las dos mallas de gallinero para unir las conectándolas cada 5-8 cm (2b). Las mallas deberán estar conectadas fuertemente sin espacios muy largos, las cuales deberás probar jalando las dos mallas en direcciones opuestas (2c).





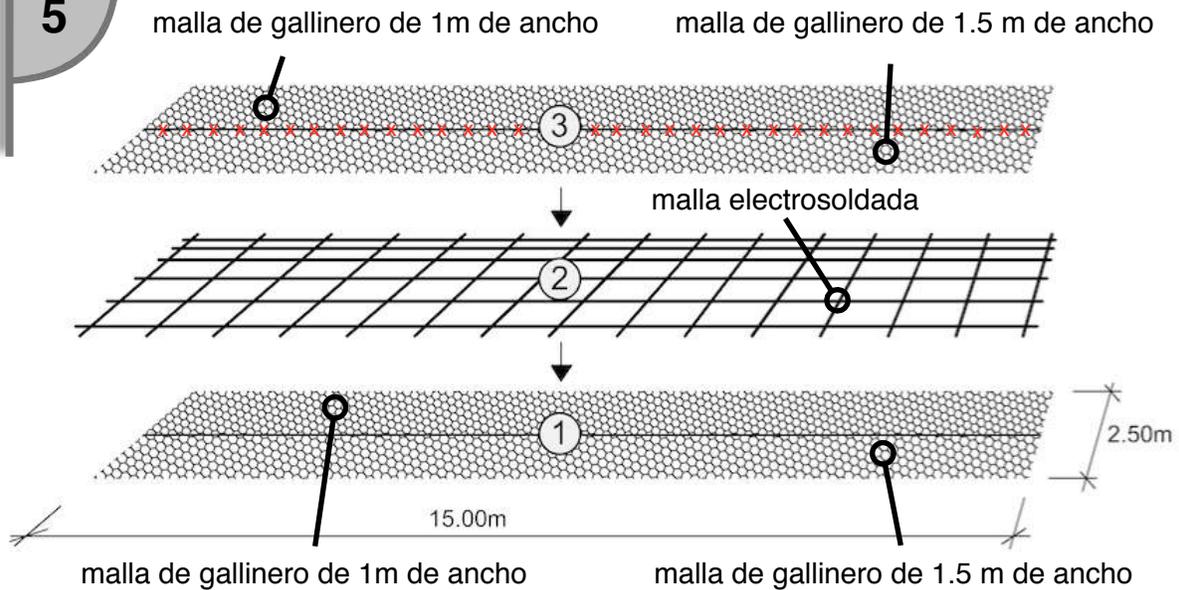
Desenrolla 15 metros de malla electrosoldada de 6"x6" encima de las piezas de malla de gallinero que ya están unidas (3a). Jala la malla de gallinero para lograr introducir el agujero más cercano a cada una de las varillas excedentes de la malla electrosoldada de **ambos lados** (cruces rojas) (3b).

4



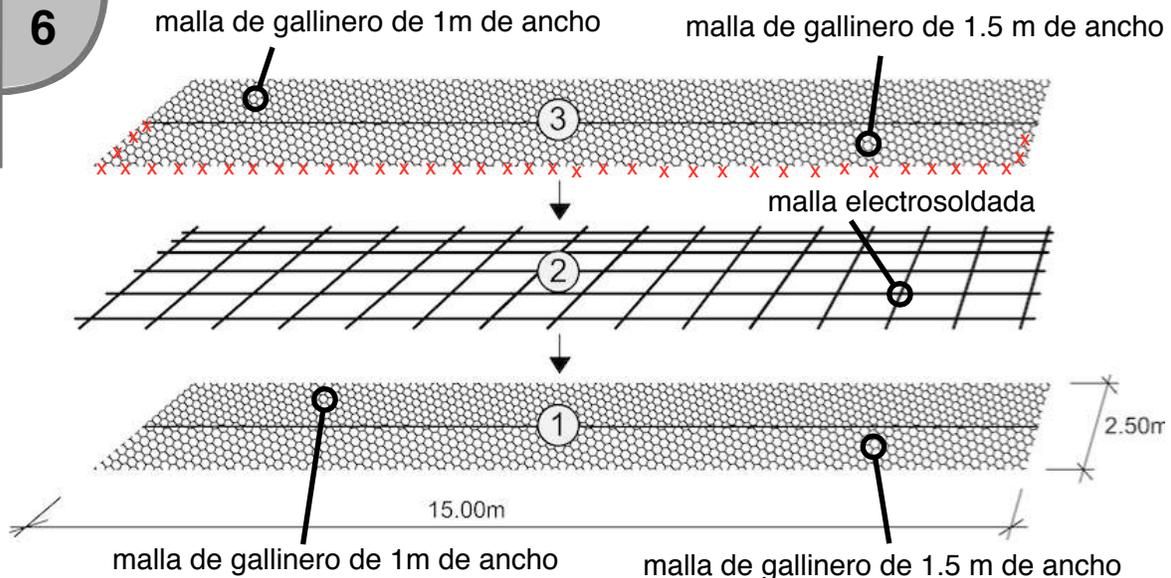
Desenrolla otros 15 metros de cada malla una junto a otra, encima de la malla electrosoldada. Introduce los agujeros más cercanos en cada una de las varillas excedentes de la malla electrosoldada, solamente de ese lado (cruces rojas). ¡AUN NO ASEGURES LA OTRA MALLA!

5



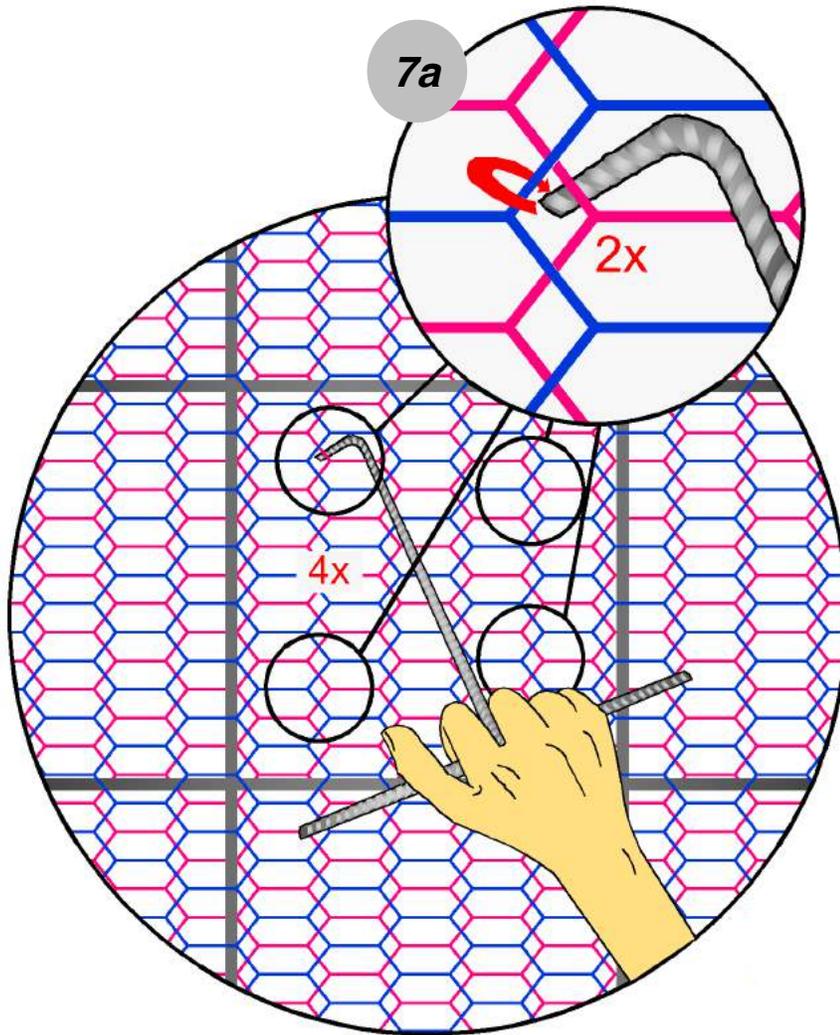
Siguiendo el mismo método que el paso dos (2) tuerce las dos mallas de gallinero que están encima para unir las por en medio (cruces rojas) conectando las mallas cada 5-8 centímetros (2b). Las mallas deberán estar conectadas fuertemente sin espacios muy largos, las cuales deberás probar jalando las dos mallas en direcciones opuestas (2c).

6



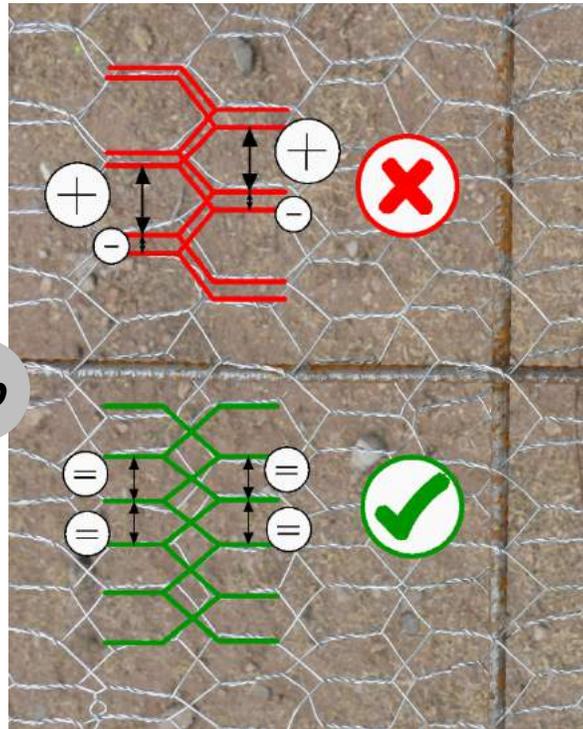
Ahora que las mallas de encima están conectadas, jala e introduce los agujeros más cercanos en cada una de las varillas excedentes de la malla electrosoldada del lado de la malla de 1.5 m para que quede estirada. Ahora todas las partes de malla de gallinero deberían estar estiradas y unidas a la malla electrosoldada.

7



Usando el gancho, tuerce la malla de arriba con la de abajo para unir las y asegurar su posición alrededor de la malla electrosoldada. Haz cuatro de estas conexiones (doble vuelta) en cada cuadro de 6"x6" de la malla electrosoldada (7a).

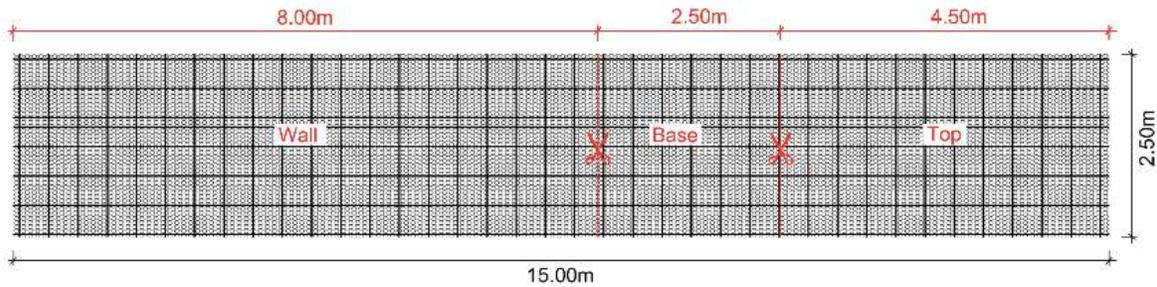
Asegúrate de que las mallas de gallinero de arriba y de abajo estén desalineadas (7b) esto crea una mejor superficie para la mezcla



Asegúrate de tener un equipo grande de personas trabajando juntas en este paso, con por lo menos 10 personas podrás completar este paso en una mañana.

Una vez que haz tejido toda la malla junta, estará listo para cortarla en secciones para ensamblar la base, la pared y el techo de la cisterna. Ve a la siguiente sección para ver los detalles.

### 3.2.3.2 Cortando la malla



Corta la malla con el cortapernos en tres secciones guiándote por las líneas rojas, las medidas deberán ser de 8 m, 2.5 m y 4.5 m para la pared, la base y el techo respectivamente.

### 3.2.3.3 Ensamblando el cilindro



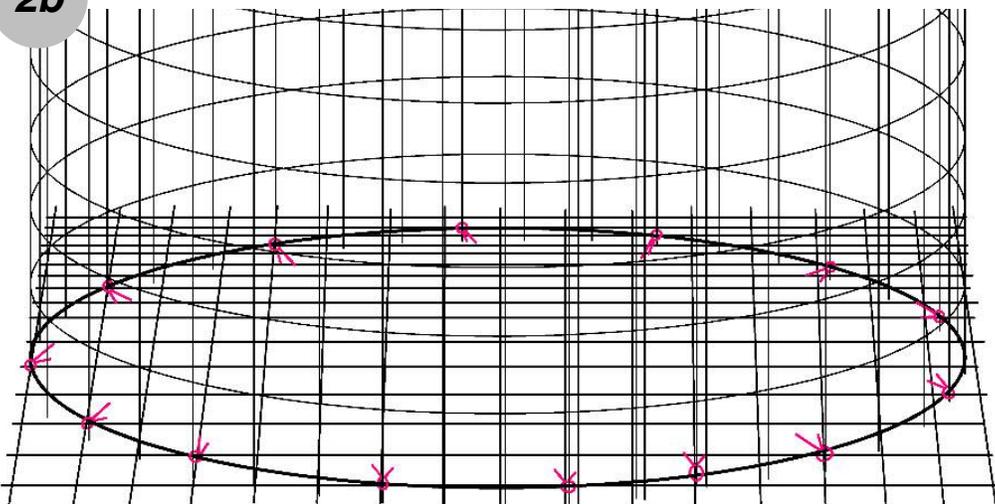
Clava una estaca en el centro de un área plana donde será colocada la cisterna. Amarra un alambre de 1.25 m a la base de la estaca. Usando el alambre, traza en la tierra una marca redonda que al final deberá medir 2.5 m de diámetro.

2

2a

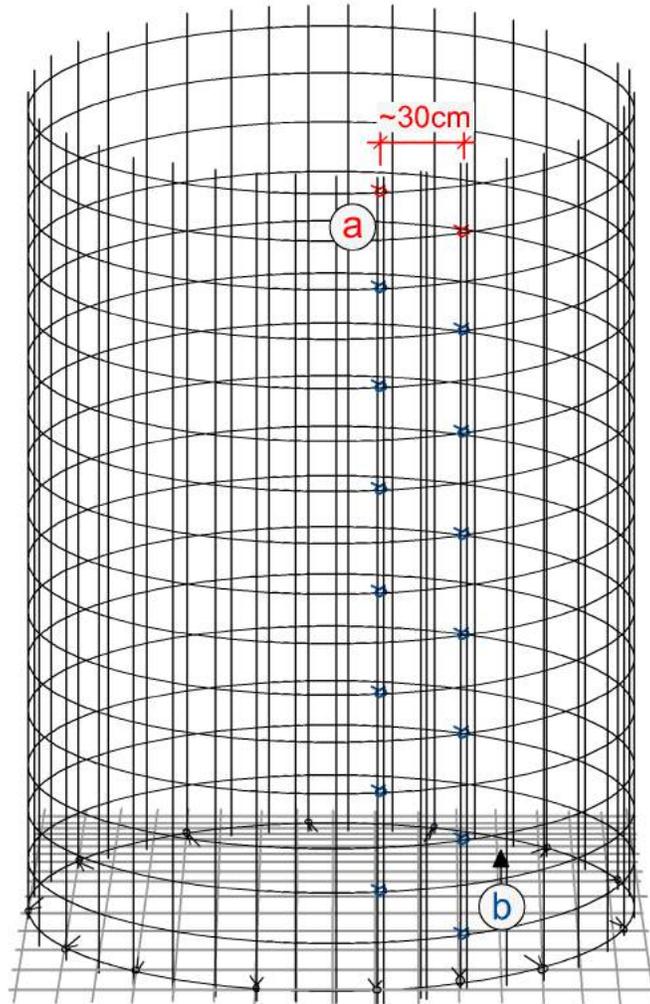


2b



Quita la estaca, Coloca la base sobre el círculo dibujado. Con un grupo, sostén el cilindro en su lugar con la marca circular como una guía (2a). Asegura el cilindro a la base con 10 cm de alambre recocado cada dos cuadrillos (12 pulgadas) (2b) Al formar el cilindro, 30 centímetros de la malla quedarán encimados (ver paso 3).

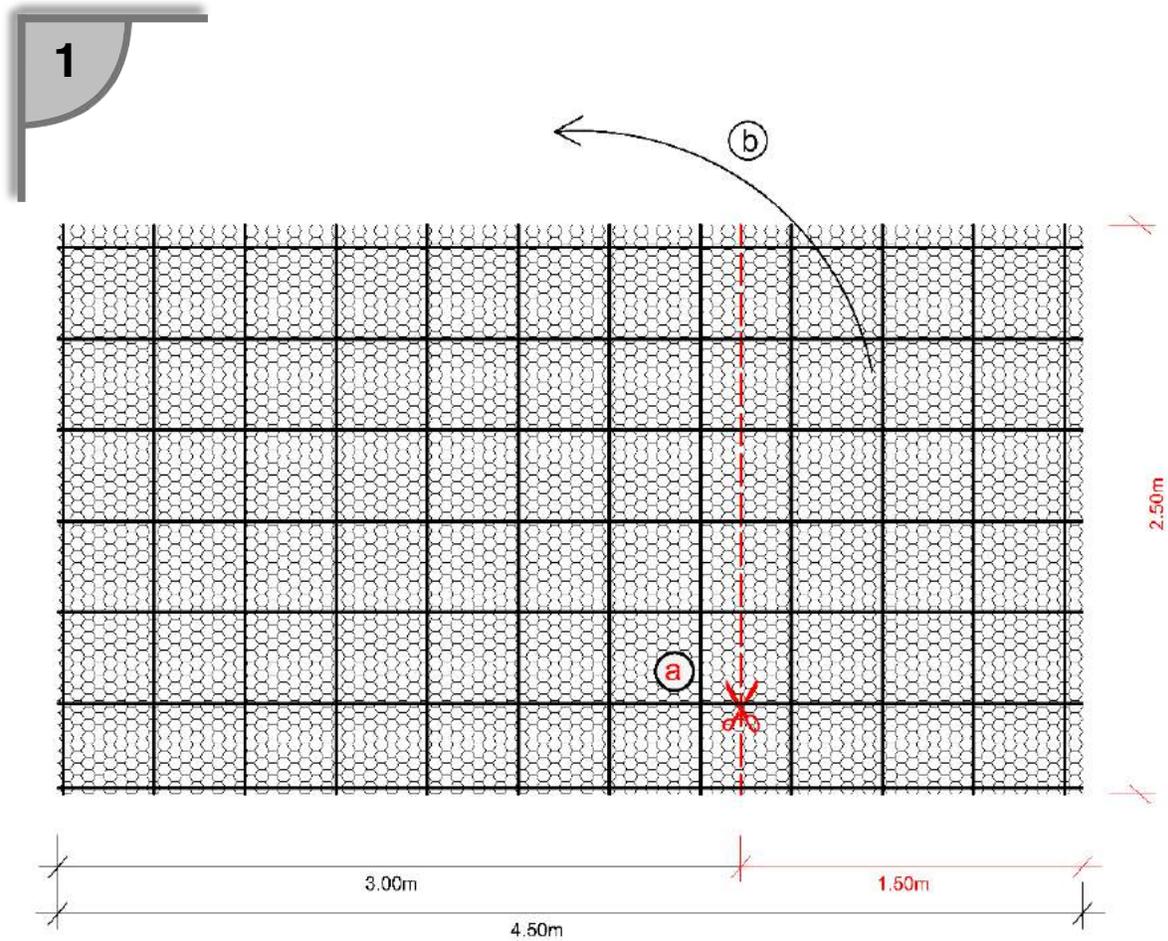
3



Une los extremos del cilindro con pedazos de alambre recocido de 10 cm. Comienza desde el punto (a) y ve hacia abajo haciendo las uniones cada dos o tres cuadros (12-18 pulgadas). Una vez que hayas completado eso empieza a unir el otro extremo, empieza desde el punto (b) y ve hacia arriba. Asegúrate de que el ancho de la cisterna sea el mismo en cada altura.

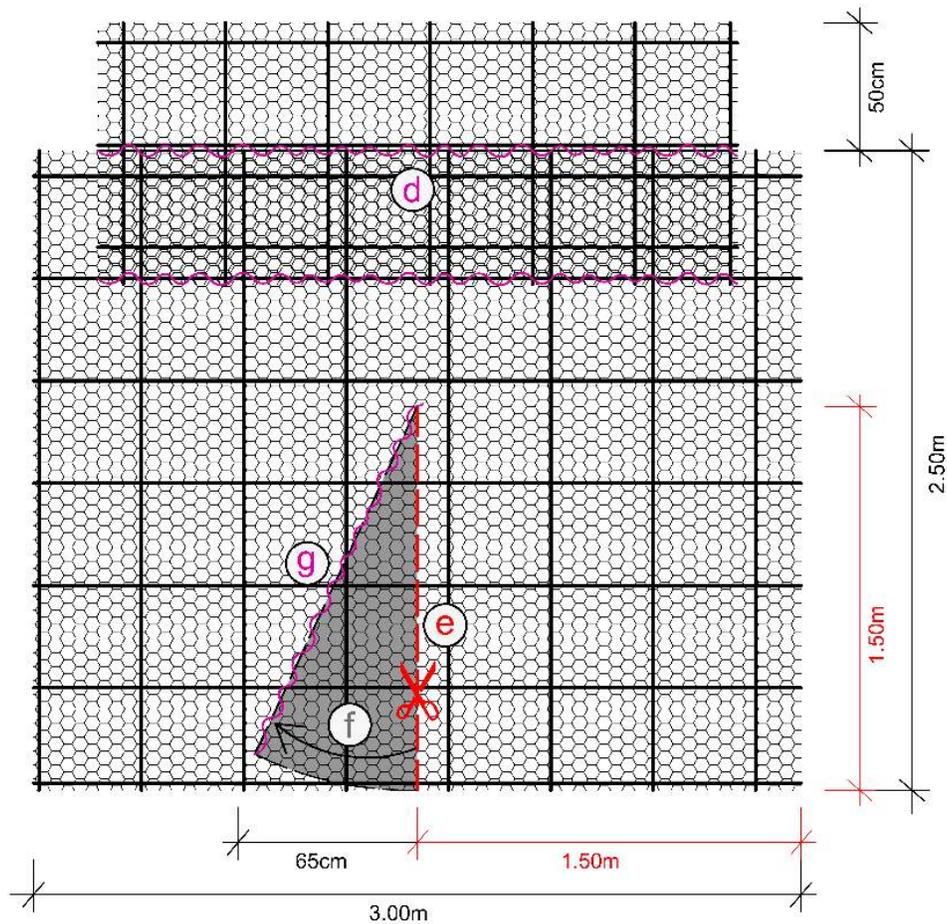
Ahora tu cilindro está completamente ensamblado. La siguiente sección explica como ensamblar el refuerzo del techo que harás con la pieza de malla que sobra.

### 3.2.3.4 Ensamblando el refuerzo para el techo



Corta la pieza sobrante de malla guiándote con la línea roja.

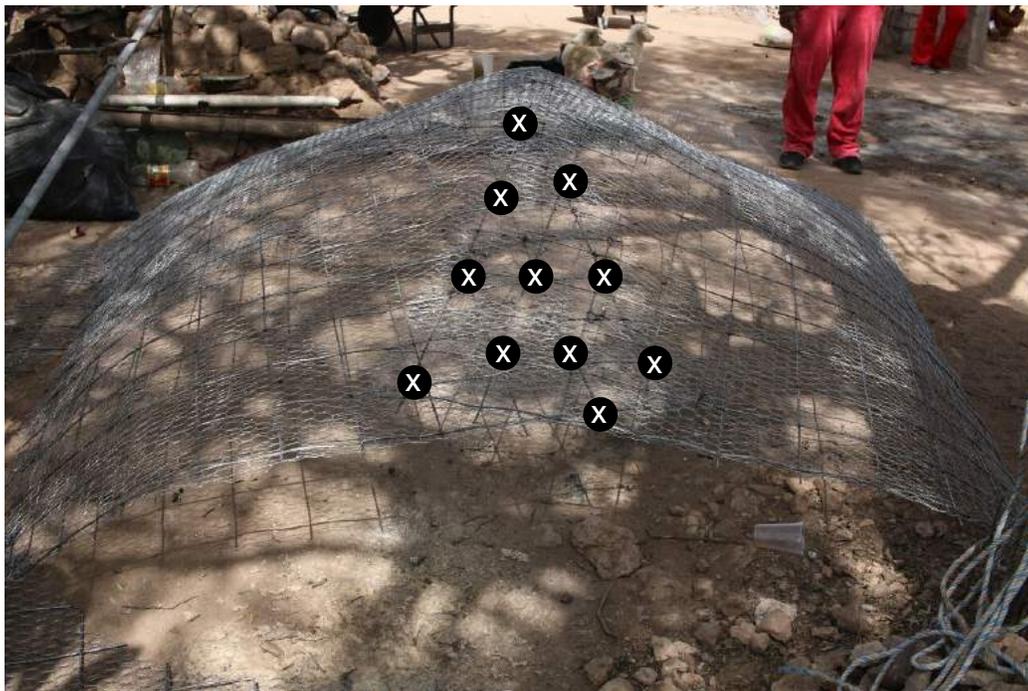
2



Alinea las dos piezas como se muestra en la imagen para obtener un cuadrado de 3x3 m con las dos esquinas faltantes. Usa el gancho para conectar la malla de 3x3 m con las dos esquinas faltantes. Usa el gancho para conectar la malla

3

Haz un corte sobre la línea roja que se muestra en el paso 2 hasta 3 llegar a la mitad del cuadrado (1.5 m). Comienza a doblar y a jalar uno de los extremos sobre la sección sombreada (f) hasta que las líneas (e) y (g) se unan formando así, un cono.



Usa pedazos de alambre recocido de 10 cm para unir los dos lados de la malla como se indica arriba con las cruces. Asegúrate de hacer muchas uniones en las orillas de la malla. El cono está listo y será usado más adelante como el techo de la cisterna

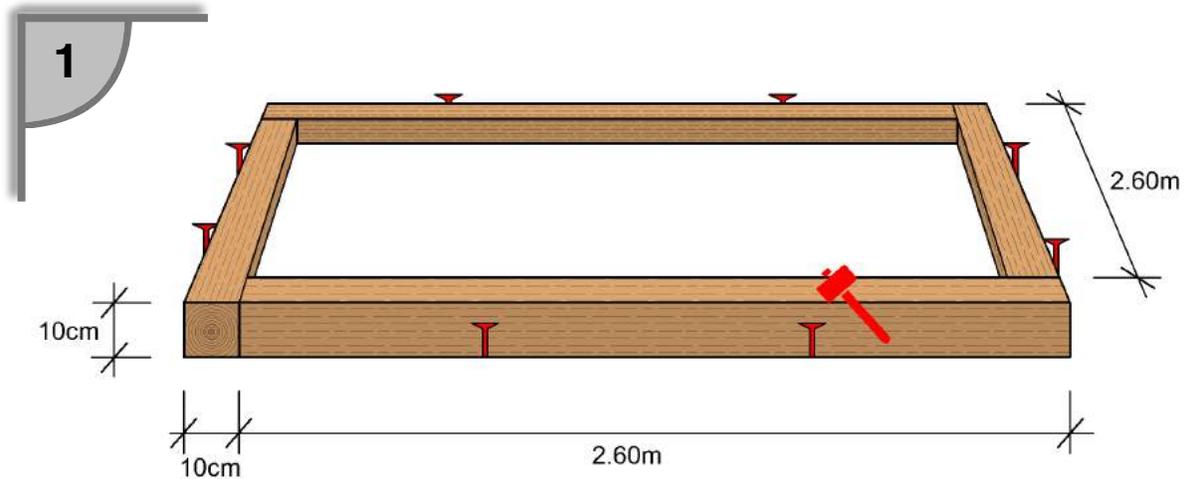
¡Ahora has completado la malla de refuerzo para la base, el cilindro y el techo! La siguiente sección trata sobre la construcción de la base de la cisterna.

### 3.2.4 Base de la cisterna

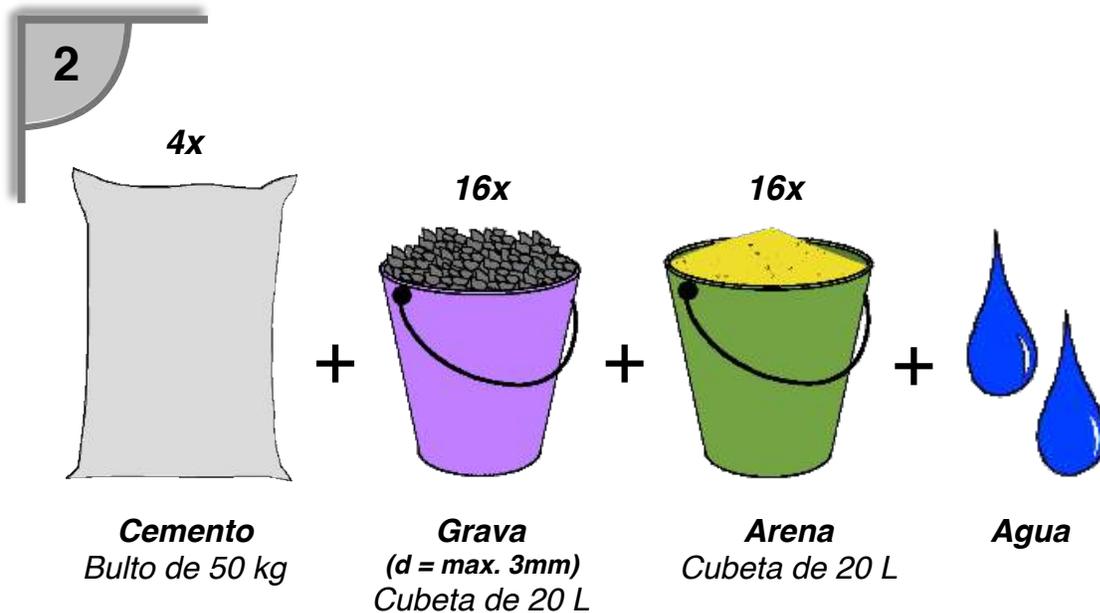
Esta sección proporciona un proceso paso a paso para crear una base de concreto para apoyar tu cisterna. Cuando hayas terminado con esta sección, tu cisterna debe ser similar a la figura 3.9: con el armado cilíndrico de la malla sobresaliendo de una fuerte base de concreto.

**Figura 3.9** — El armado cilíndrico de la malla se eleva sobre una base de concreto firme y acabada.



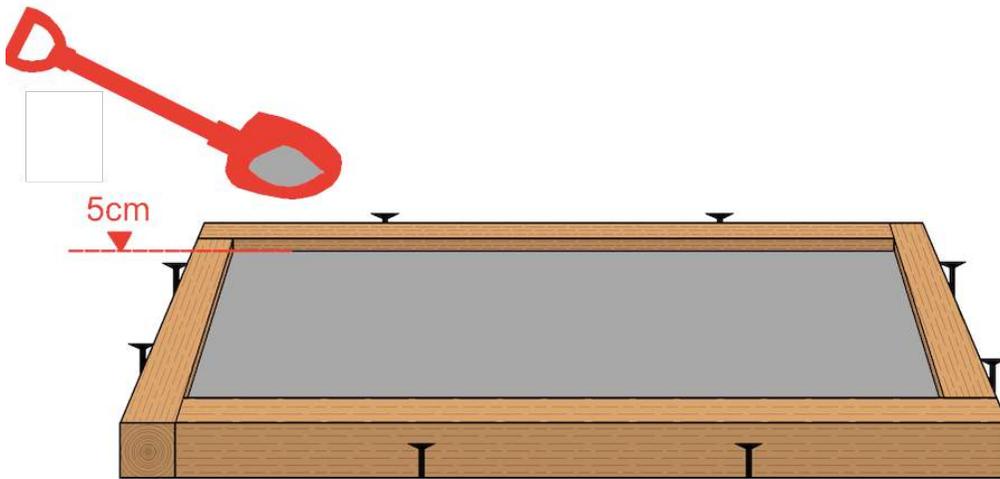


En la tierra aplanada donde vas a construir tu cisterna, utiliza 4 polines de 10x10 cm de madera para construir un cuadrado de 2.6 x 2.6 metros con una altura de 10 cm como se ilustra. Este es el molde (cimbra) para la base. Sujeta la cimbra con clavos gruesos o piedras grandes. Nota: también puedes utilizar ladrillos o piedras como cimbra y la base puede ser cuadrada o circular con un diámetro de 2.6 metros (ver foto en el paso 3).



Mezcla el concreto para la base: 4 bultos de cemento, 16 cubetas de grava o piedras de río (3 mm o menos), 16 cubetas de arena, agua. Deberías poder verter esta mezcla de concreto en el molde o cimbra.

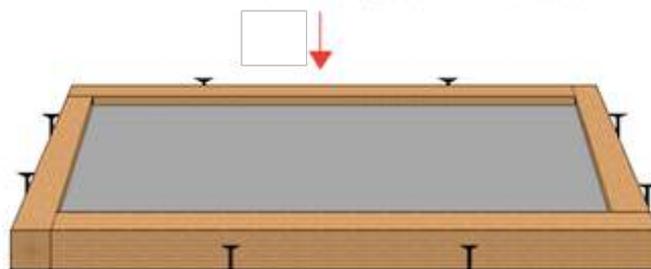
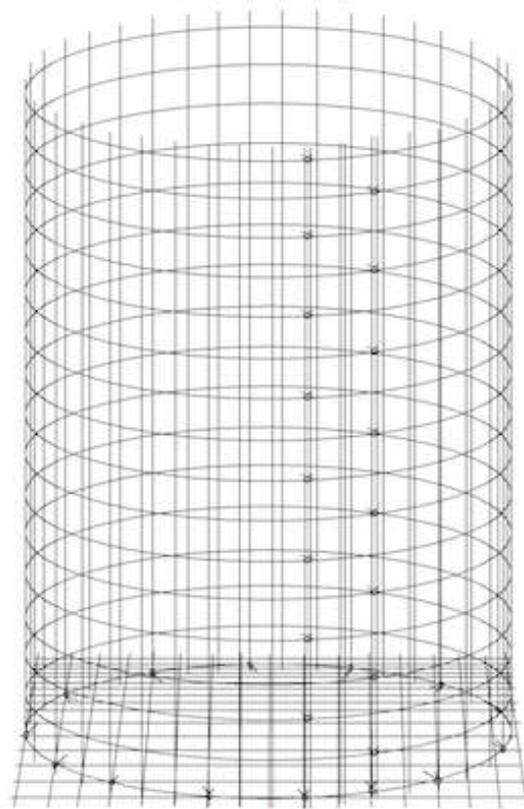
3



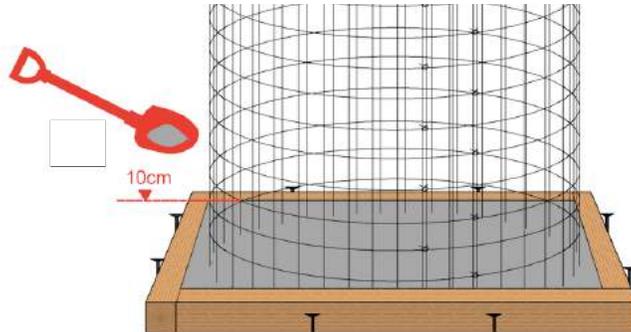
Coloca 5 cm de cemento en la cimbra, creando la primera capa de la base.

4

Coloca la base de la malla de refuerzo cilíndrica completada en la sección 3.3.3 directamente sobre la superficie húmeda de hormigón. La grava en la mezcla ayudará a apoyar la base y las capas de concreto se integran mejor entre sí cuando está húmeda.



5



Coloca otros 5 cm de cemento en el molde o cimbra, intercalando la malla de refuerzo en el cemento. Esto debe llenar la cimbra. Para este paso necesitarás ingresar a la cisterna. Hazlo cuidadosamente usando escaleras como se muestra.

6

Golpea el concreto aún húmedo repetidamente con un trozo de madera o una pala, hasta que la superficie quede relativamente uniforme.

7



*Un Día*



Deja que la base cure por lo menos un día antes de retirar la cimbra, si es posible por más tiempo, mejor. Asegúrate de mantener la base húmeda para evitar grietas. Una vez que hayas quitado la cimbra, tu base continuará curando.

### 3.2.5 Pared de la cisterna

Esta sección describe el proceso de construcción de las paredes de la cisterna. Esto requiere la aplicación de capas repetidas de concreto tanto dentro como fuera de la malla. Esta sección se divide en dos partes:

#### 3.2.5.1 Colocación de la cimbra

#### 3.2.5.2 Aplicación de capas de concreto

A final de esta sección, la cisterna debería parecerse a la que se muestra en la figura 3.10.



**Figura 3.10** — Una cisterna en proceso con pared y base completadas.

#### 3.2.5.1 Colocación de la cimbra

La cimbra está hecha de hojas completas de triplay (1.22cm x 2.44 cm), sujetas firmemente al interior de la malla con alambre y trozos de madera. Una vez que la cimbra está sujeta, estás listo para comenzar a aplicar capas de concreto y la cisterna debe verse como en la figura 3.11.



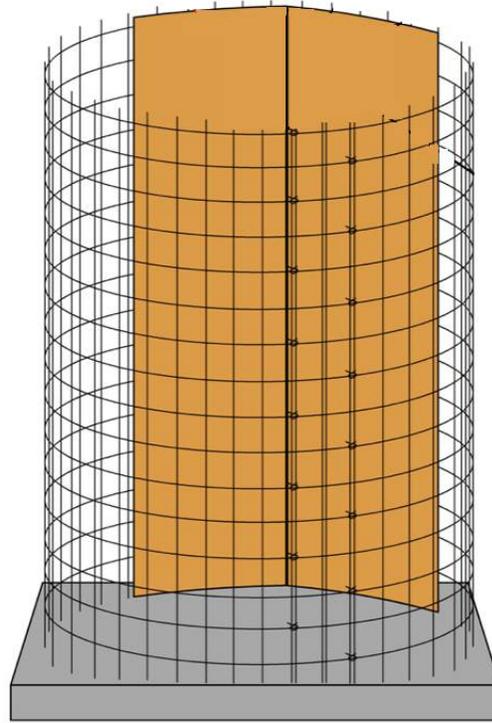
**Figure 3.11** — Una cisterna en proceso con la base terminada con casi toda su cimbra sujeta. La misma cisterna se muestra desde el interior (a) y desde afuera (b).

1

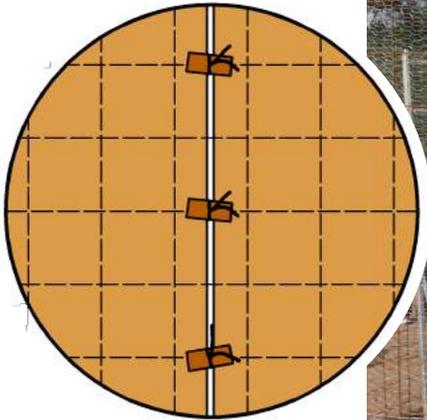


Courtesy of Janet Jarman

Introduce las 6 hojas de triplay en la cisterna verticalmente. Es común tener un espacio de aproximadamente 10 a 40 cm sin cubrir como se muestra en la figura 3.11a. Puedes llenar el espacio con triplay extra.

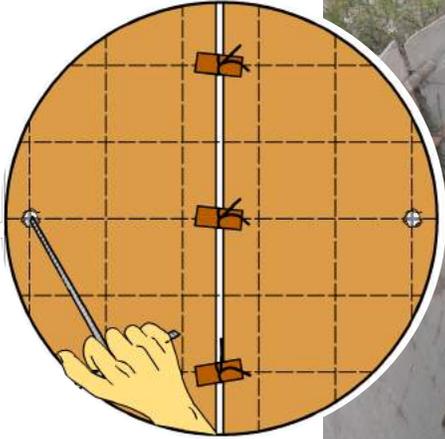


2



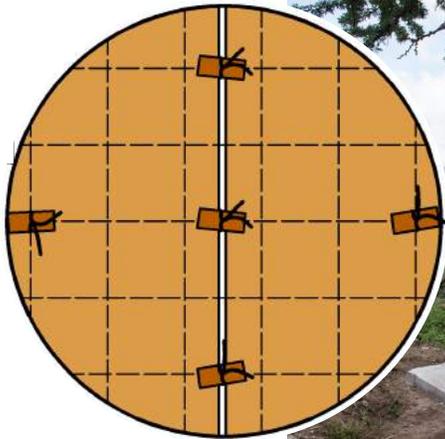
Usa pedazos de alambre de 10 cm y bloques de madera para fijar el triplay en su lugar. Cada dos cuadros de varilla de refuerzo de la malla electrosoldada mete un pedazo de alambre doblado entre las dos hojas, de manera que ambos extremos de alambre apunten hacia la cisterna. Coloca un bloque de madera entre los extremos del alambre y tuerce el alambre 3 veces para sujetar. La madera debe jalarse firmemente contra las láminas de triplay, sujetándolas contra la malla.

3



Cada 2 cuadros de barras de refuerzo de la malla electrosoldada, utiliza el gancho para hacer un hoyo en la madera. Haz esto para las hojas de triplay mencionadas en el paso 1.

4

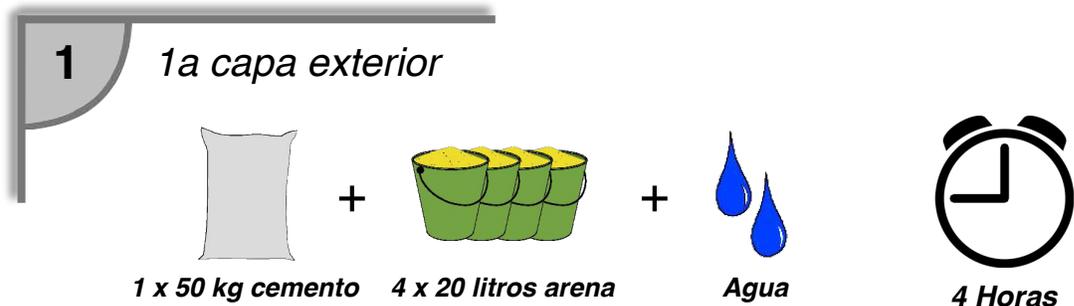


Desde el exterior, introduce un trozo de alambre doblado de 10 cm a través de cada uno de estos agujeros, así que cada extremo apunta hacia la cisterna. Tuerce firmemente los extremos tres veces alrededor del bloque de madera para sujetarla (ver figura 5b). Esto debe jalar firmemente al triplay contra la malla de refuerzo. ¡Ahora estás listo para comenzar a aplicar concreto!

### 3.2.5.2 Aplicación de capas de concreto

La pared se hace con ocho capas delgadas de mezcla de concreto. Los siguientes pasos indican la proporción de cemento, arena, agua y a veces grava en cada capa, la consistencia de la mezcla, el espesor de la capa y el tiempo requerido para esperar antes de aplicar la siguiente capa. Asegúrate de mantener tu cisterna húmeda durante y después de la construcción para evitar grietas. ¡El concreto puede tardar más de un mes en curarse completamente!

También se quitará la cimbra aplicada en la sección 3.5.1 y se instalarán los accesorios de tubería y conexiones para obtener agua dentro y fuera de la cisterna.



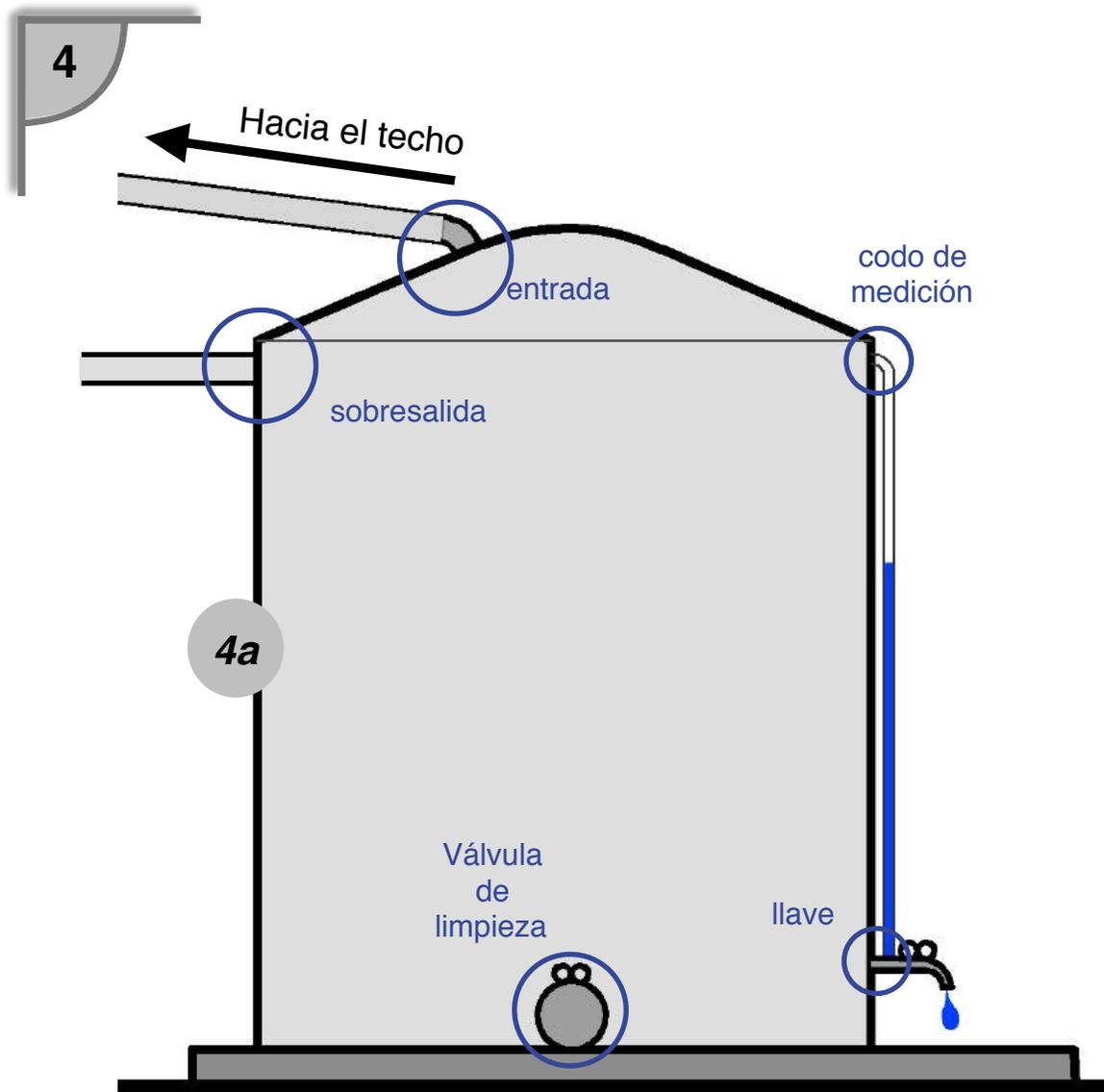
Para la primera capa externa, mezcla una bolsa de 50 kg de cemento con cuatro cubetas de 20 litros de arena. Añade agua. La consistencia debe ser como el champú grueso - el concreto debe pegarse fácilmente en la malla gallinera. Coloca la mezcla en todo el exterior de la cisterna, acabando a 5 a 10 cm de la parte superior (este espacio libre en la parte superior se utilizará más tarde para colocar el techo de la cisterna). Espera unas horas antes de aplicar la siguiente capa.

**2****2a capa exterior****8 Horas**

Añade más agua a la mezcla de la etapa 1, de modo que la consistencia es más fluida. Lanza la mezcla para obtener una superficie rugosa. Asegúrate de llenar todas las grietas de la capa anterior. Espera al menos 8 horas antes de retirar la cimbra.

**3**

Después de esperar 8 horas para que la segunda capa exterior se seque, retira la cimbra incluyendo las hojas de triplay, bloques de madera y alambres.



Ahora que tienes un cilindro de dos capas de concreto delgado y sin cimbra, es hora de insertar los tubos de fijación. Hay cinco conexiones necesarias como se ilustra en el dibujo anterior (4a): tubo de sobresalida, tubo de entrada, codo de medición, la válvula de limpieza y la llave para el agua potable. Dado que la tubería de entrada va directamente en el techo, no vamos a explicarla aquí. En las páginas siguientes está el Paso 4 donde encontrarás detalles de cómo hacer las otras cuatro fijaciones.

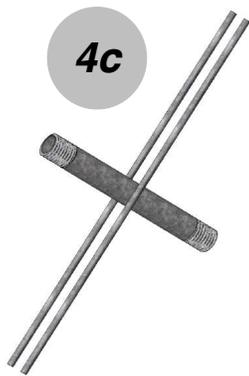
### Instalación del codo de medición:

Envuelve los extremos de un niple largo galvanizado de 1/2" de ancho x 4" de largo con bolsas de plástico y rellénalo con bolsas de plástico por dentro para proteger el niple del concreto húmedo. Empuja el niple envuelto a través de la malla gallinera y el concreto al mismo nivel que el tubo de sobresalida. Si lo ves necesario, amárralo en su lugar con alambre. Conforme agregas el concreto, el niple se fijará en su lugar más fuertemente.



### Instalación del tubo de sobresalida

Utiliza un pedazo de tubo de PVC de 2" que mida al menos 30 cm de largo. Corta un agujero de 2" en la malla gallinera con las tijeras, a 1 ó 2 cm de la parte superior del concreto y retira el cemento dentro del agujero. Inserta el tubo de PVC hasta unas 3-4" hacia el interior de la cisterna. Sujeta en su lugar con alambre. Con cada nueva capa de concreto, el tubo quedará fijado cada vez más rígidamente. Asegúrate de llenar los huecos alrededor del tubo con concreto.



### Instalación de la llave para el agua potable

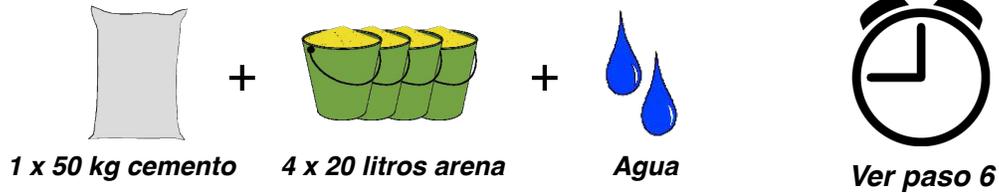
Suelda dos pedazos de alambre de 15 a 20 cm de largo al otro niple galvanizado de 1/2 "x 4", una arriba y una debajo, como se muestra en la figura 4c. Envuelve ambos extremos en plástico como se describió anteriormente (4b). Empuja esto a través de la malla gallinera y el concreto desde el interior, hasta que las dos barras de alambre peguen con la malla (4d). Asegúrate de que tu llave es lo suficientemente alta para que quepa una cubeta debajo (4e). Sujeta las barras de alambre firmemente amarrando con alambre en al menos cuatro puntos - dos se muestran en (4d). Continúa sellando entre la malla de refuerzo y el niple con cada capa sucesiva de concreto.

### Instalación de la válvula del limpia (no representada)



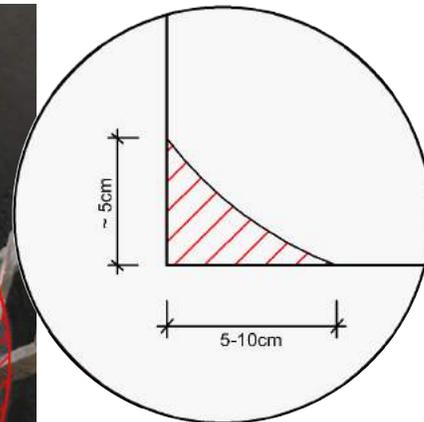
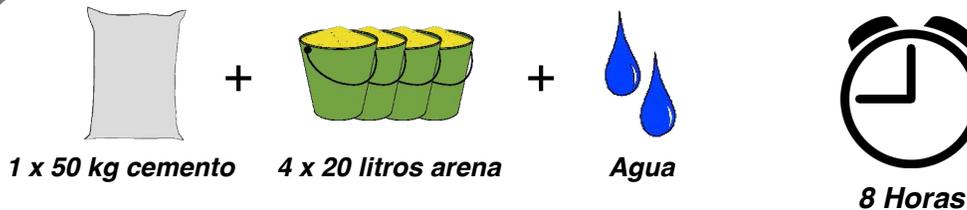
Envuelve el tubo galvanizado de 2 "x 8" en plástico, de la misma manera descrita para la tubería de medición. Utilizando las tijeras, corta un agujero de 2" en la parte inferior de la malla gallinera en el borde inferior, donde el cilindro se encuentra con la base. Escarba 1 ó 2 cm de la base para crear una pendiente que se incline hacia abajo de dentro hacia fuera. Inserta el niple de 8" de largo a través del agujero de modo que quede ligeramente inclinado hacia abajo. Dentro, asegúrate de que el borde inferior del niple está sobre la base de la cisterna. Si es necesario, fíjalo en su lugar con alambre. A medida que añadas más concreto, el niple se fijará mejor.

## 5 3a capa exterior

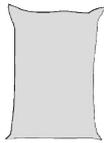


Usa la misma mezcla de concreto que en el paso 1. Aplica una capa gruesa de 1 a 1.5 cm en el exterior de la cisterna. Asegúrate de rellenar todos los huecos alrededor de los tubos que colocaste en el paso 4. Este paso y el paso 6 se pueden realizar al mismo tiempo.

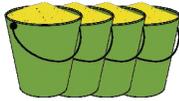
## 6 1a capa interior



Usa la misma mezcla de concreto que en el paso 1. Aplica una capa gruesa de 1 a 1.5 cm en el interior de la cisterna. Asegúrate de rellenar todos los huecos alrededor de los tubos que colocaste en el paso 4. Este paso y el paso 5 se pueden realizar al mismo tiempo. Cuando llegues a la base de la cisterna, hazle una rampa de 5 cm de altura entre la pared y la base. Las siguientes capas seguirán formando esta rampa. Espera al menos 8 horas para que sequen las capas de los pasos 5 y 6.

**7****2a capa interior****1 x 50 kg cemento**

+

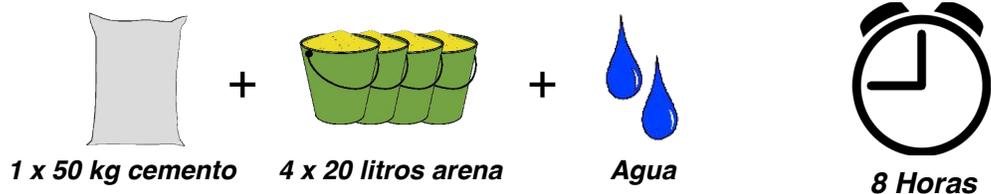
**4 x 20 litros arena**

+

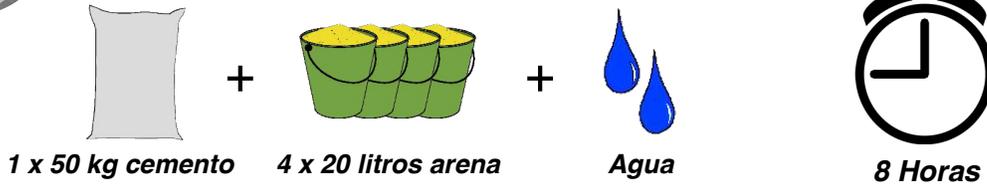
**Más agua****Ver paso 8**

Usa una mezcla con más agua que en el paso 1, pero con menos agua que en el paso 2. Utiliza esta capa fina para cubrir el interior de la cisterna, especialmente asegurándote de que todas las grietas de las capas anteriores quedan selladas, así como los alrededores de los tubos. Este paso y el paso 8 pueden hacerse al *mismo tiempo*.

## 8 4a capa exterior



Usa la misma mezcla que en el paso 1, pero con arena cribada extra fina para la capa final del exterior. Una vez esta capa está empezando a secar, pasa la llana sobre ella suavemente, aplicando agua o cemento seco según sea necesario para obtener una superficie lisa sin grietas. Este paso y el paso 7 se pueden completar al mismo tiempo.

**9****3a capa interior**

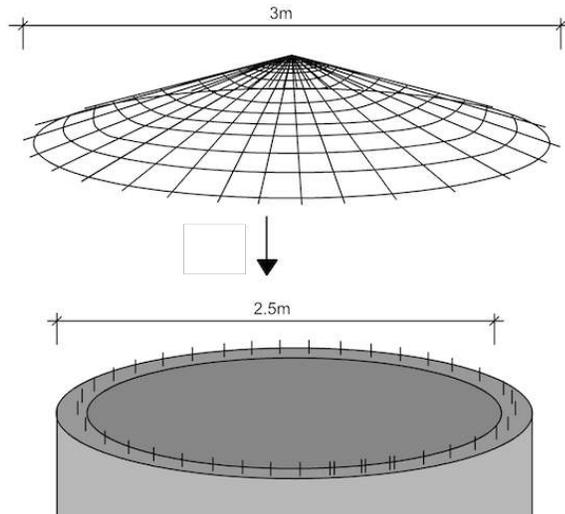
Usa la misma mezcla que en el paso 1, pero con arena extra fina para una capa final al interior. Asegúrate de rellenar todas las grietas.

**10****4a capa interior**

Para la última capa interior impermeabilizada, mezcla el cemento con agua y aplica una capa fina a través de la pared interna de la cisterna. Asegúrate de sellar todas las grietas y los huecos alrededor de los bordes de los tubos. Mientras se cura, mantén húmeda toda la cisterna. Incluso puedes poner unas cuantas pulgadas de agua dentro de la cisterna mientras instalas el techo. Mantener el concreto húmedo evita el agrietamiento y permite una curación más uniforme. Cuando hayas terminado con este paso, la pared interna debe ser tan suave como la que se muestra aquí. En el paso 8, observa que los tubos salen hacia afuera para recibir las conexiones y la malla de refuerzo saliendo hacia arriba para sostener el techo. ¡Es hora de poner en el techo!

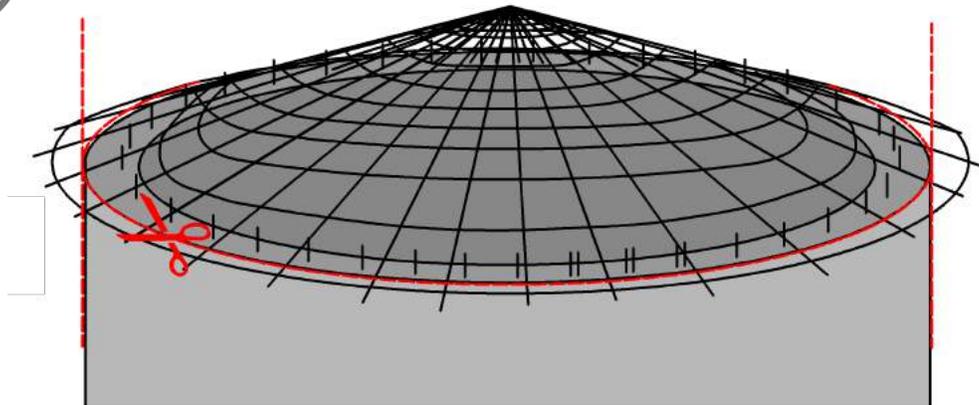
### 3.2.6 Techo de la cisterna

1



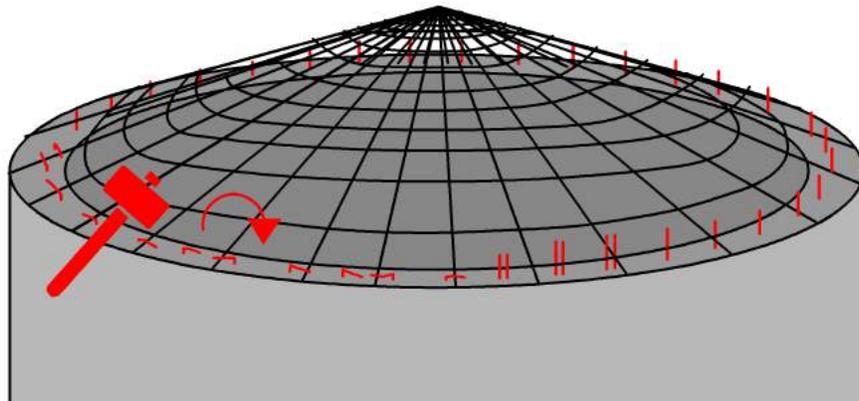
Coloca la malla de refuerzo, construida en la sección 3.3.4, en lo alto del cilindro de concreto.

2



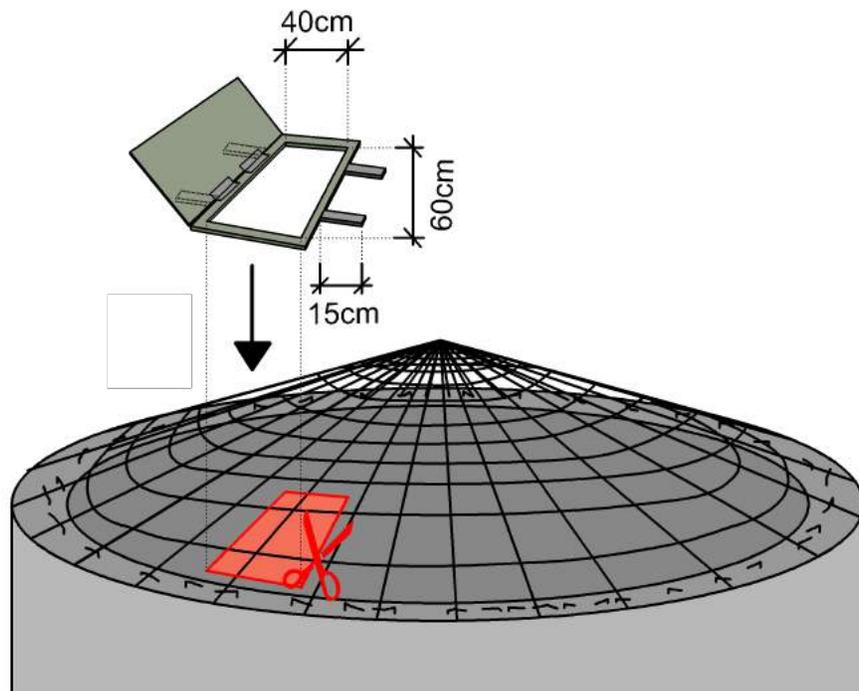
Con las tijeras y las cizallas, recorta el borde de la pieza del techo para que se extienda sólo ligeramente más allá del borde del cilindro, aproximadamente 1 cm.

3



Dobla la parte superior de la malla de refuerzo que sobresale de la parte superior del cilindro hacia abajo, unos 5 a 10 cm, para sujetar el techo en su lugar. Si no dejaste suficiente espacio, amarra el techo al cilindro con alambre recocido.

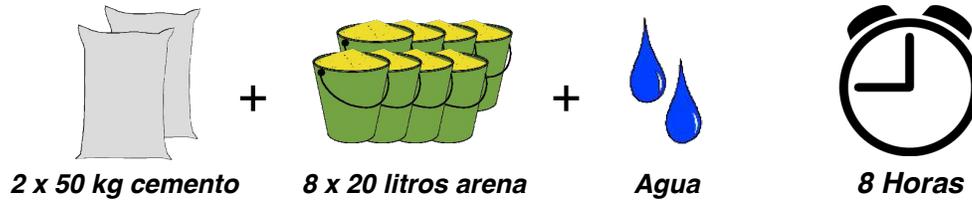
4



Con las tijeras y las cizallas, recorta un agujero de 40 x 60 cm en el techo tan cerca de la orilla como te sea posible. Sujeta la puerta en su lugar con alambre recocido.

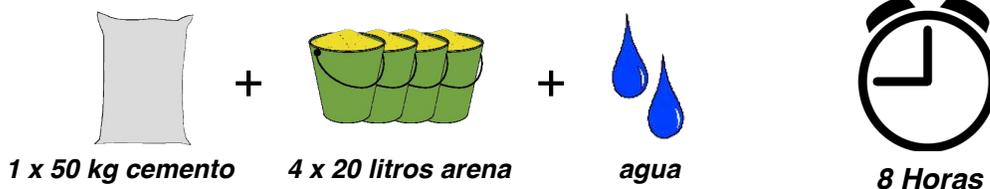
**5**

*1a capa del techo*



Para la mezcla usa dos bultos de 50 kg de cemento, 8 cubetas de arena y agua. La mezcla debe ser más espesa que las mezclas usadas en las paredes. Aplica la mezcla en capas hasta que el techo tenga un espesor de concreto de 1.5 a 2 cm.

## 6 2ª capa del techo



Utiliza la misma mezcla que en el paso 1 de la sección 3.5.2, pero con arena extra fina para obtener una capa final externa lisa. Una vez que esta capa está empezando a secarse, pasa la llana sobre ella suavemente, aplicar agua o cemento seco según sea necesario para obtener una superficie lisa sin grietas. En la foto de arriba, observa cómo la llave es lo suficientemente alta para llenar una cubeta de agua y el codo de medición se ubica exactamente encima.

Tu cisterna está ahora estructuralmente completa, sólo necesita curarse. Asegúrate de que hay agua en la cisterna para mantener las paredes húmedas y que el exterior no está en directa luz de sol. Si fuera necesario, cúbrela con una lona, un plástico o una estructura para sombrear para prevenir que se agriete pues el concreto se estabilizará en los próximos días. Espera 8 horas antes de pintar.

### 3.2.7 Toques finales

1



¡Pinta la cisterna! Puedes pintarla como quieras, pero nosotros hacemos una pintura natural con cal que ayuda a mantener la cisterna fresca. Para hacer la

- 1 cubeta de agua
- 2 kg de sal grano
- 1/2 cubeta de cal
- 1/2 cubeta de baba de nopal

Cuando estos ingredientes están completamente mezclados tienes una pintura blanca natural. Prueba pintando una piedra. Si es necesario, agrega agua para diluirla o cal/ baba de nopal para espesarla. Pinta la cisterna con un cepillo o un rodillo de pintura.

2

Con el concreto que queda, construye una pequeña rampa en el suelo, idealmente con pendiente hacia las plantas o al jardín. Esto llevará cualquier agua que escurra de la cisterna hacia afuera y evitará la erosión cerca de la base.

3

Fija la cisterna a un techo y al sistema de primer separador. ¡Ve el capítulo siguiente para obtener más instrucciones sobre cómo configurar el techo, las tuberías y el sistema de primer separador para una captación de agua de lluvia segura y eficaz!

## Capítulo 4. Techos y canaletas

Los capítulos anteriores tratan sobre el almacenamiento del agua de lluvia (capítulo 3). *¿Pero cómo es que realmente captamos el agua de lluvia?*

Para captar agua de lluvia, necesitas una superficie - como un techo - sobre la cual caerá la lluvia. Entre más grande, mejor (para calcular la superficie mínima que necesita un hogar, consulta el Capítulo 2). La lluvia que cae en toda superficie escurre y normalmente cae al suelo. Nuestro objetivo es recoger el agua de lluvia que fluye del techo. Dado que muchos techos están inclinados en una dirección y el agua fluye en una dirección, la mayoría de los diseños requieren solo una canaleta. Los techos comprenden la mayoría de los sistemas de captación de agua de lluvia, pero la lluvia también puede ser captada de paneles solares, lonas, estacionamientos, caminos, del campo o de cualquier otra superficie sobre la cual caiga. Simplificando, este capítulo se centra exclusivamente en los techos.

Las siguientes secciones exploran los tipos de techos comunes que se encuentran en el centro de México y cómo se unen las tuberías de captación y canaletas a cada uno. También se pueden hacer combinaciones: puedes recoger agua de un techo de cemento de tu casa y, por ejemplo, una estructura de granero de lámina, dirigiendo la lluvia hacia el mismo primer sistema de separador de aguas y la cisterna.

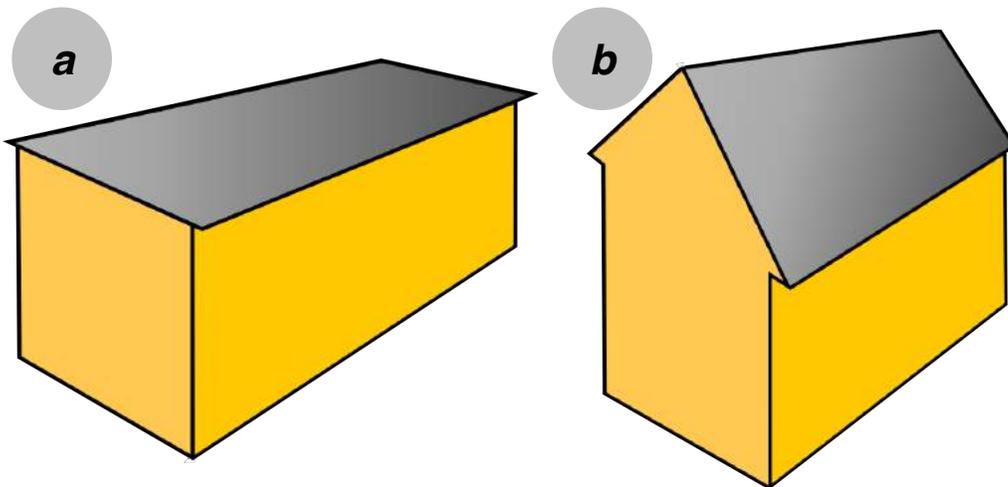
Esta sección abarca los siguientes techos:

4.1 Techo de concreto a dos aguas

4.2 Techo de concreto plano

4.3 Techo de lámina acanalada y de teja (de dos aguas o plano)

Las técnicas descritas se pueden adaptar fácilmente para otros materiales de construcción, incluidos adobe, bloques de tierra comprimida, barro y paja, losetas y tejas.



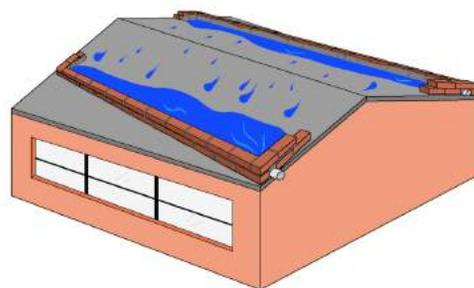
**Figura 4.1** — Los techos tienen diferentes formas. Para este capítulo los simplificamos en a) planos y b) a dos aguas.

Los mismos principios se aplican cuando se capta agua de lluvia sobre una superficie mucho más grande, como una ladera o un estacionamiento. La superficie debe diseñarse de modo que la mayoría de las corrientes de agua vayan en una sola dirección para captar y mantener en una gran área de almacenamiento como un depósito. Nosotros en este manual no cubrimos la cosecha de agua de lluvia a gran escala, ya sea pasiva o activa.

## 4.1 Techo de concreto a dos aguas

Un techo de concreto a dos aguas está hecho de una mezcla de cemento, arena y gravas y en la forma de una "V" invertida, como se muestra en la figura 4.1b. Las técnicas delineadas en esta sección también se aplican a un techo hecho de otros materiales incluyendo adobe, barro y yeso.

Cuando la lluvia cae en el techo, se escurrirá hacia el borde inferior. Puedes coleccionar esa agua con los sistemas de canaletas descrito en la sección 4.3 o usar una fila de ladrillos que corran a una sola tubería. Esta sección describe el método de de un canal con ladrillo simple, como se muestra en la figura 4.2.



**Figura 4.2** — Vista de pájaro (superior) de un techo de concreto a dos aguas con captación de lluvia con canal de ladrillo. Observa cómo los ladrillos se inclinan hacia arriba del techo hacia un lado, haciendo que el agua corra a la tubería en la esquina. Puedes captar la lluvia de una pendiente o de ambas.

Las siguientes secciones describen los materiales y herramientas necesarios para construir el esquema que se muestra en la figura 4.2, y desarrolla el proceso por pasos y con detalles.

### 4.1.1 Materiales

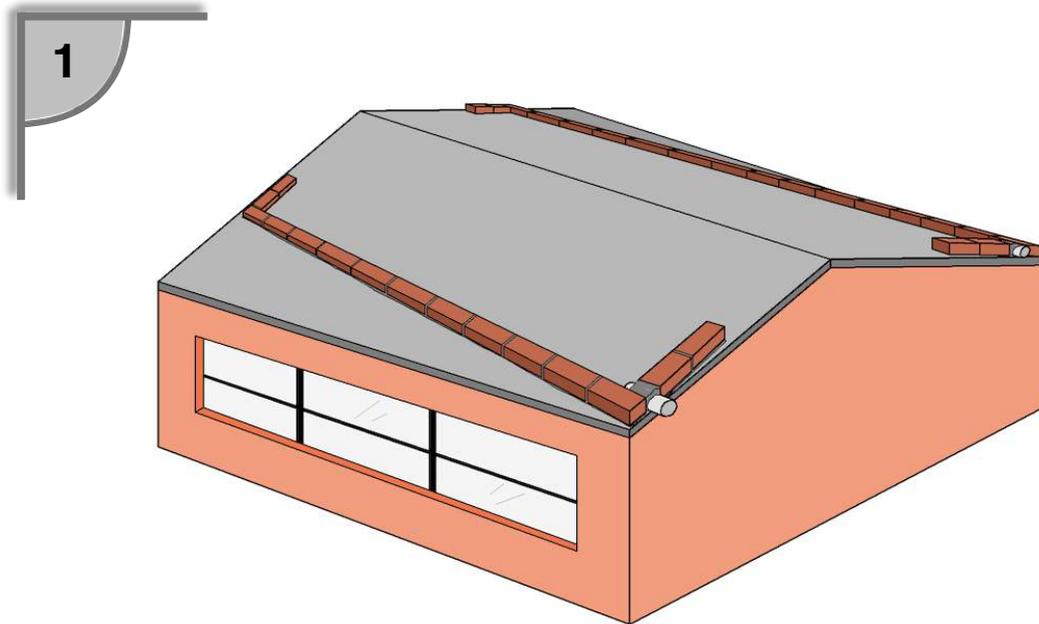
Imagen	Materiales	Unidad	Cantidad
Q1	Cemento	Bulto(s) 50 kg	1/2
Q2	Arena	Cubeta(s) 20L	2
Q3	Agua	Cubeta(s) 20L	algunas
Q4	Ladrillos	pieza(s)	Suficientes para hacer dos hiladas a través de tu techo; calcula 10 más
Q5	PVC 2" sanitario, 1 metro de largo	pieza(s)	1
Q6	Malla mosquitera de plástico	5" x 5" pieza(s)	1
Q7	Clavos para concreto	pieza(s)	4



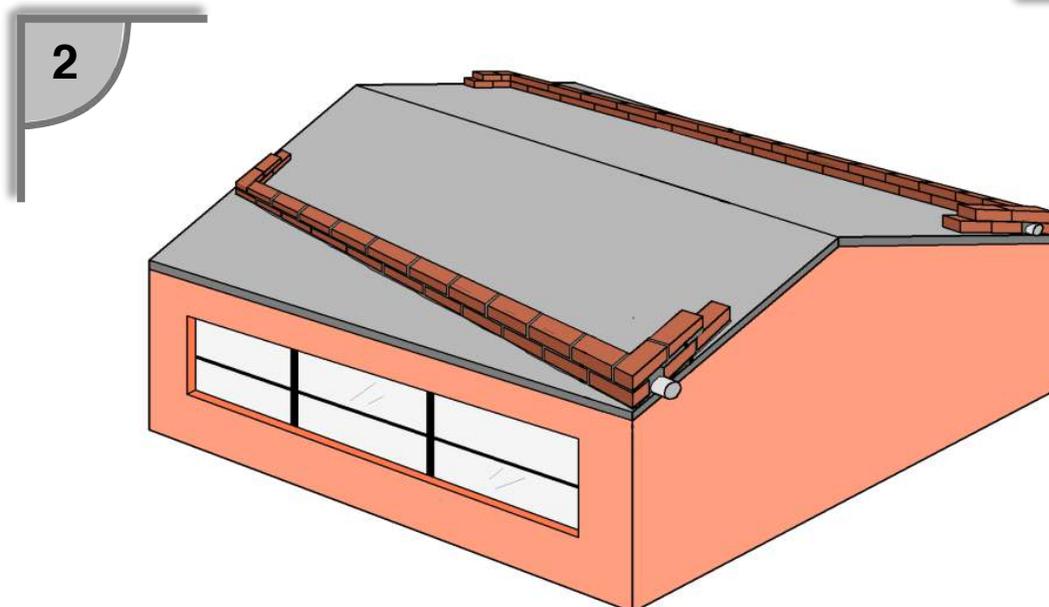
### 4.1.2 Herramientas



### 4.1.3 Cómo construir el murete de ladrillo para un techo de concreto a dos aguas

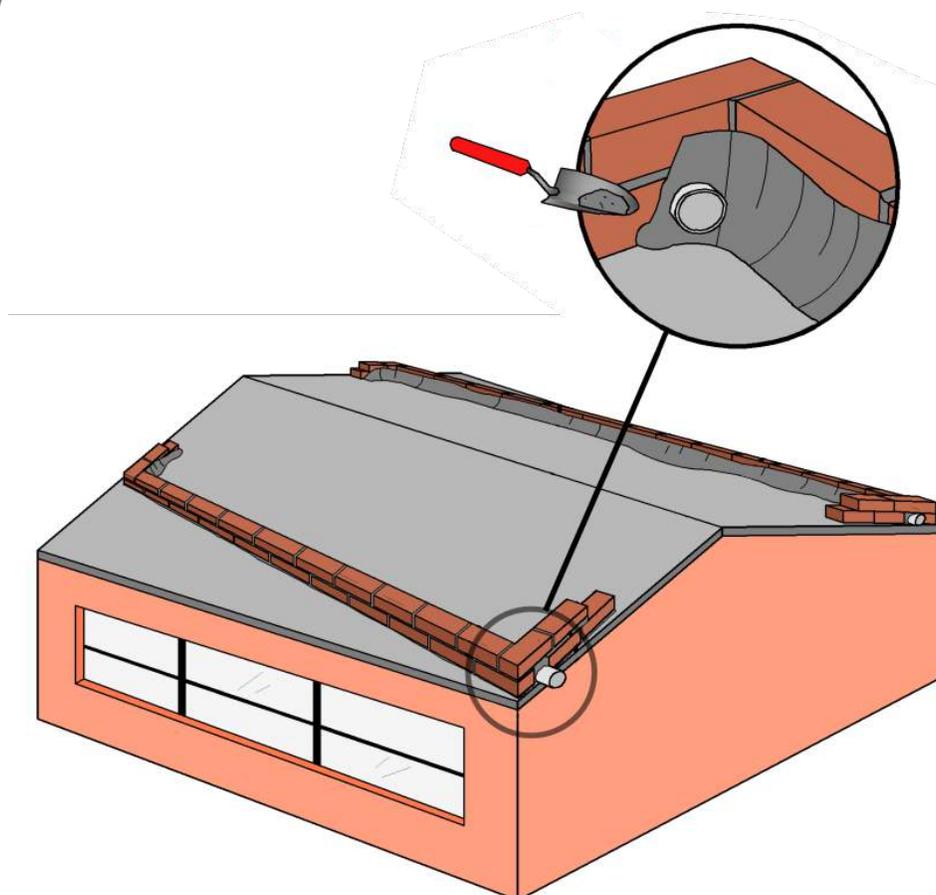


Construya un murete de ladrillo de una sola hilada que vaya hacia arriba en diagonal desde la esquina donde colocarás el tubo. Coloca el tubo en su espacio. El murete debería girar en la esquina y subir sobre el techo unos dos o tres ladrillos de largo a cada lado como se muestra.

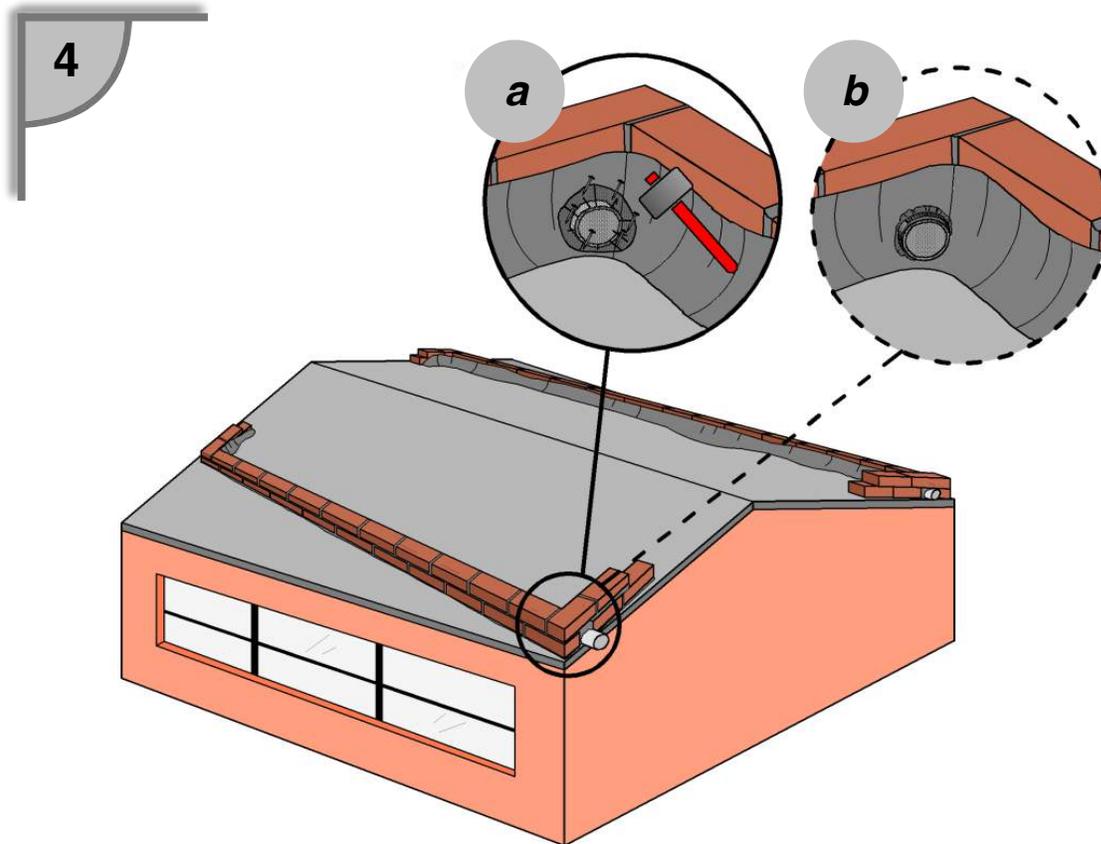


Agrega una segunda capa de ladrillos encima de la primera hilada, asegurándote de pegar bien el tubo con cemento.

3



Sella la pared de ladrillo haciendo un chafán de concreto como se muestra en el dibujo. Usa una mezcla de arena, agua y cemento (no grava) o cemento simple y agua asegurándote que el chafán sea impermeable.



Agrega la malla colectora de hojas en el murete de lado del concreto, ya sea (a) clavando clavos a través de la malla y dentro del chafián de concreto, sobre la boca del tubo o (b) usando una abrazadera de manguera. El método de abrazadera de manguera (b) debe ser insertado antes de meter el tubo en el concreto en el paso 1.

## 4.2 Techo de concreto plano

Se puede construir una pared de ladrillo para captar el agua de lluvia de un techo de concreto plano de manera similar a la que se muestra con un techo de concreto a dos aguas. "Plano" no es un nombre muy apropiado ya que ningún techo es completamente plano. La mayoría de los techos están diseñados para drenar, a menudo con una leve pendiente hacia una esquina o borde. Si tu techo "plano" de concreto tiene la pendiente hacia una esquina, puedes usar el método descrito en la sección previa. Sin embargo, si se inclina hacia el borde, recomendamos un enfoque un poco diferente.

Este método, que mostramos en la figura 4.3, utiliza tubos de PVC de 2" regularmente espaciados e incrustados en un murete de ladrillo para recoger el agua. El resto de esta sección proporciona instrucciones paso a paso para instalar este sistema.



**Figura 4.3** — (a) El sistema de tuberías está conectado a cuatro piezas de PVC de 2 "que llevan el agua del techo. La tubería se mantiene en su lugar mediante un murete de dos hiladas de ladrillo. En (b), un techo de concreto plano está conectado a dos cisternas.

### 4.2.1 Materiales

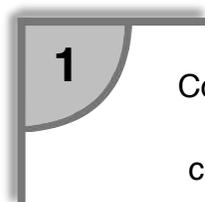
Imagen	Materiales	Unidad	Cantidad
R1	Cemento	Bulto(s) 50 kg	1/2
R2	Arena	Cubeta(s) 20L	2
R3	Agua	Cubeta(s) 20L	algunas
R4	Ladrillos	pieza(s)	Suficientes para hacer dos hiladas a través de tu techo; calcula 10 más
R5	PVC 2" sanitario, 1 metro de largo	pieza(s)	Cuanto necesites (al menos 4)
R6	Malla mosquitera de plástico	pieza(s) 5" x 5"	Igual que R5
R7	Clavos para concreto	pieza(s)	4 x R5



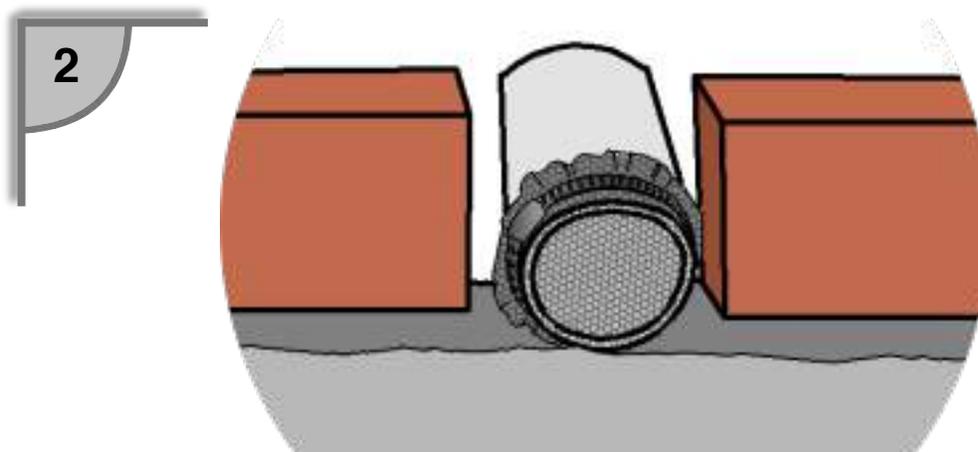
### 4.2.2 Herramientas



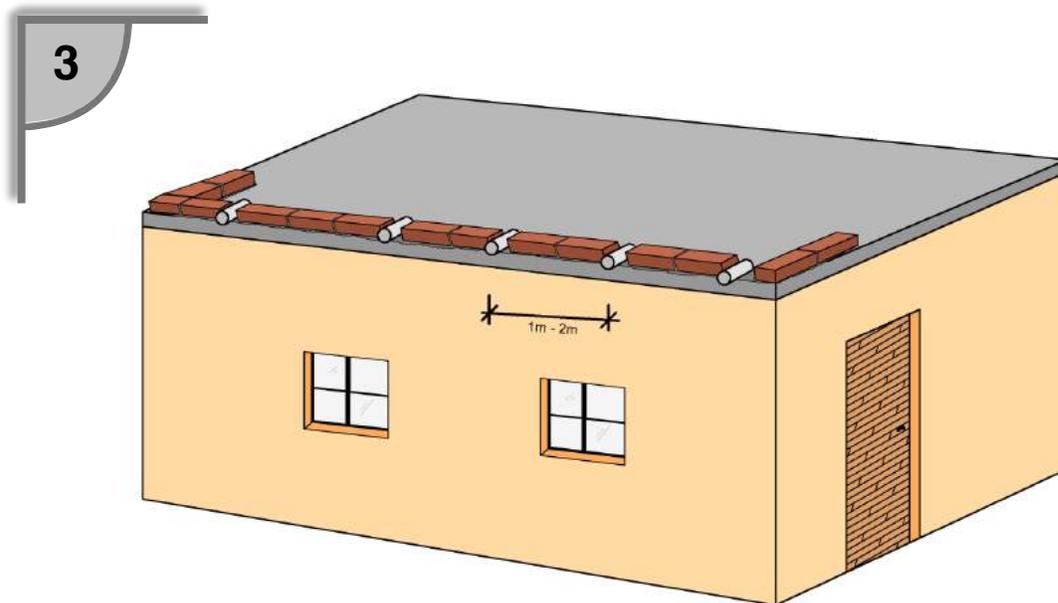
### 4.2.3 Cómo construir el murete de ladrillo para un techo plano de concreto



Corta tus tubos al tamaño necesario, de unos 30 a 50 cm de longitud. Los tubos deben ser lo suficientemente largos como para sobresalir 10 cm más allá del borde del techo al ras con el lado cuesta arriba de los ladrillos.

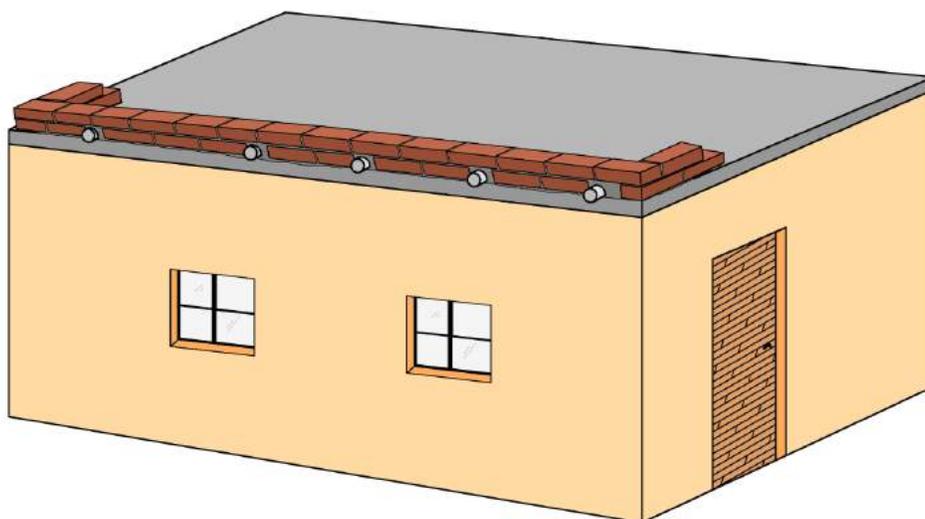


Como en la sección 4.1, puedes usar abrazaderas o clavos para asegurar las mallas colectoras de hojas a las aberturas del tubo. Si eliges usar abrazaderas de manguera, sujeta la malla a los tubos ahora, como se muestra en la figura anterior. ¡Asegúrate de que la malla esté en el lado de los tubos que dan hacia el techo! Si estás usando clavos, asegurarás los colectores de hojas en el paso 6.



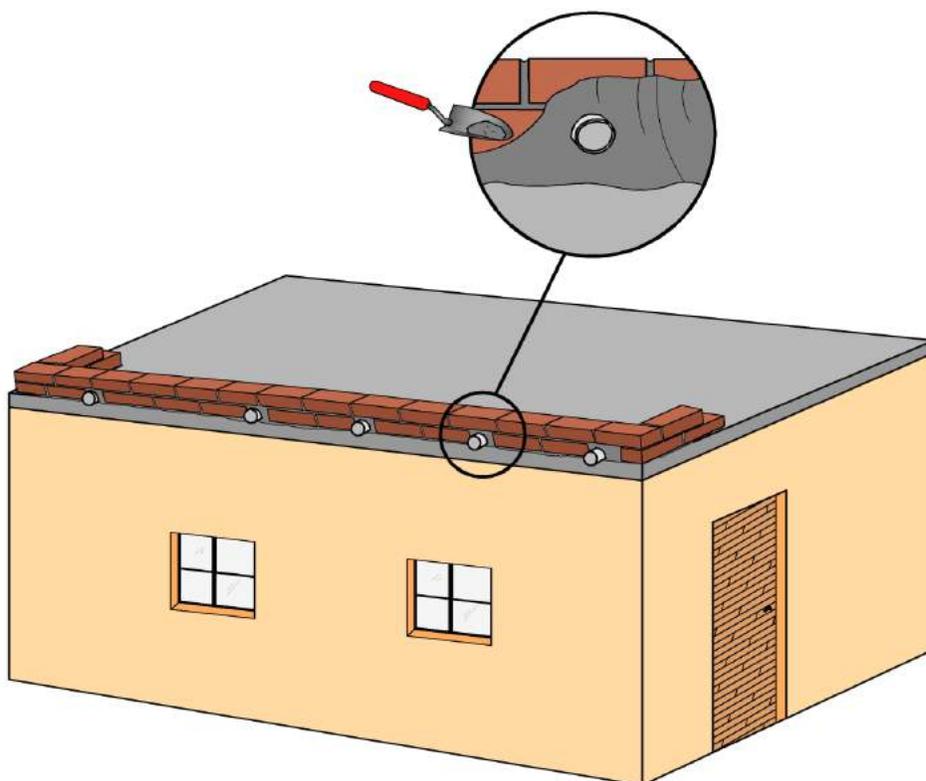
Usando cemento, construye un murete de una hilada de ladrillo a lo largo del borde inferior del techo, insertando una pieza de tubo cada 1 a 2 metros como se muestra. En las esquinas de la azotea, agregue dos ladrillos a lo largo de ambos lados. Asegúrese de cementar los tubos firmemente al ladrillo.

4

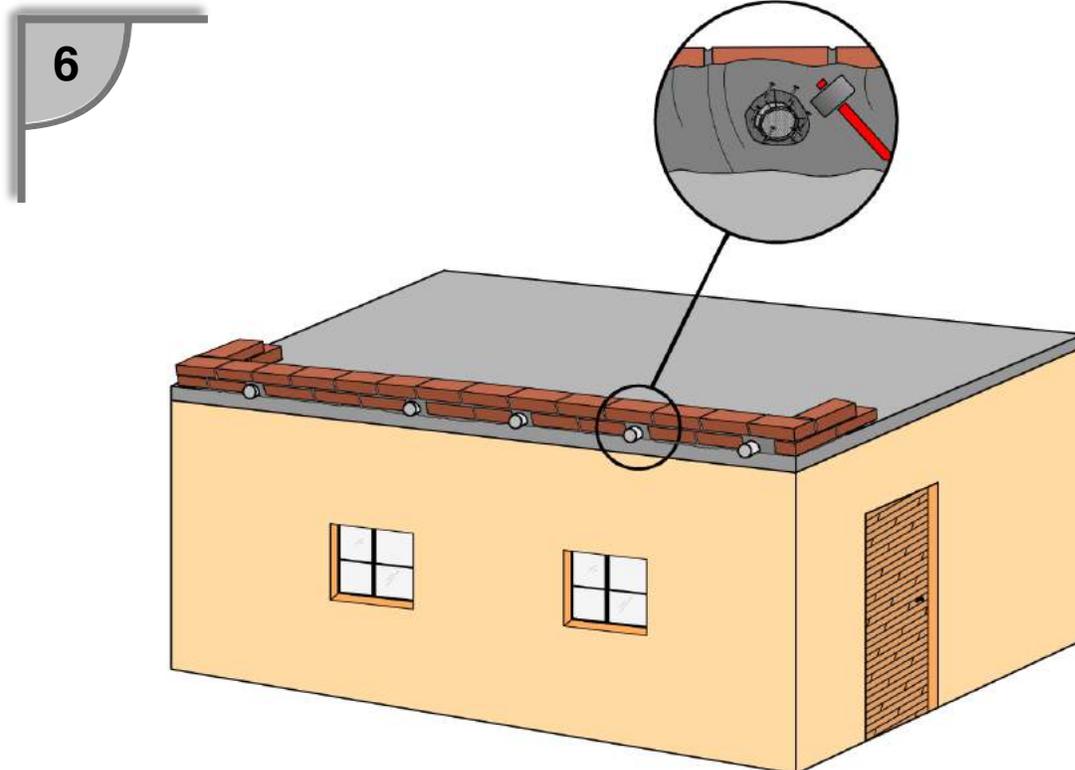


Usando mortero de cemento, agregue una segunda hilada de ladrillos encima de la primera.

5



Similar al paso 3 en la sección 4.1.3, usa una mezcla de cemento fino (sólo cemento y agua) para construir un chaflán en la parte de arriba del murete de ladrillo. Esto evitará que el agua se filtre a través del ladrillo o mortero.



Después de que el concreto se haya secado, si no colocaste las mallas de colectoras de hojas en el paso 2, hazlo ahora: corta la malla para que encaje sobre las bocas de los tubos. Sujétalos en su lugar clavando los clavos de concreto con el martillo en la rampa de cemento.



Termina el sistema del techo uniendo las piezas correspondientes de PVC (codos, tes y tubos) para llevar el agua al sistema de primer separador de aguas. Todos los tubos deben inclinarse hacia abajo, para que el agua no se atasque.

## 4.3 Techos de lámina corrugada y de tejas

Esta sección cubre dos modos de bajo costo de recoger el agua de un techo que no es de cemento. El primer método es un tubo que se curva a lo largo del borde del techo, pero sólo puede usarse en un techo particularmente rígido como, por ejemplo, un techo de policarbonato fijado en un marco de metal. Una canaleta, sin embargo, puede utilizarse en cualquier tipo de techo. El agua de lluvia escurre del techo y cae en la canaleta, donde es llevada a través de



**Figura 4.3** — (a) canaleta de aluminio comercial, (b) canaleta de aluminio hecha en obra y (c) canaleta de tubo.

un sistema de tubos para el sistema de primer separador de aguas. Las canaletas se pueden hacer de casi cualquier material y con rango desde lujo (aluminio comercial y PVC) hasta ensamblados (una pieza doblado de aluminio o un tubo de PVC cortado, por ejemplo). Ya que puedes hacer una canaleta con prácticamente cualquier material, este manual no cubre el tema de canaletas en gran detalle. La siguiente sección detalla la construcción de un sistema de canaleta de tubo completo, un método muy común localmente. Si eliges construir una canaleta, revisa tu ferretería local para ver qué materiales tienen por ahí y ¡buena suerte!

### 4.3.1 Materiales para canaleta de tubo completo

Como las canaletas de tubo completo son propensas a taparse con hojas, necesitas un techo rígido que sobresalga y que no tenga árboles frondosos por encima. Para construir una canaleta de tubo completo, necesitas los siguientes materiales:

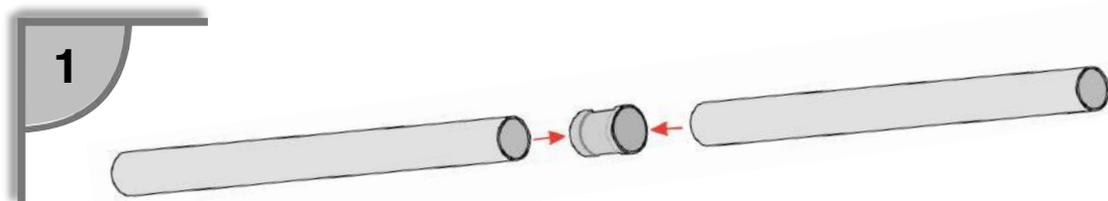
Imagen	Materiales	Unidad	Cantidad
T1	Tubo de PVC de 4"	metro(s)	El largo de tu techo
T2	Cuñas de madera, plástico o caucho, 10cm x 2cm x 0.5cm	pieza(s)	1 por cada metro de largo de techo
T3	clavos	pieza (s)	20 o más
T4	Alambrito	metro(s)	10 o más
T5	Pegamento de PVC	lata(s)	1
T6	Adaptadores lineales de PVC de 4"	pieza (s)	1 por cada 3 metros de largo de techo



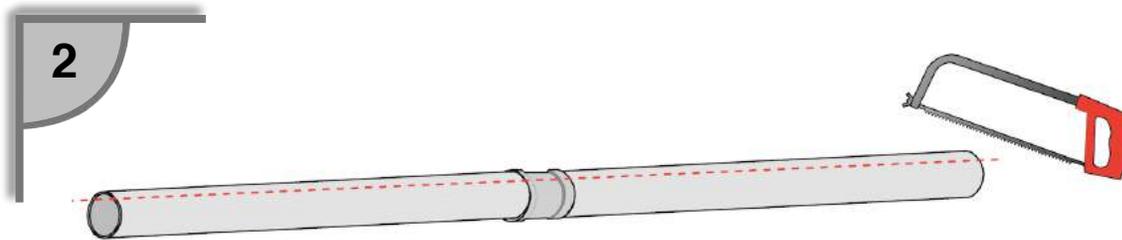
### 4.3.2 Herramientas para canaleta de tubo completo



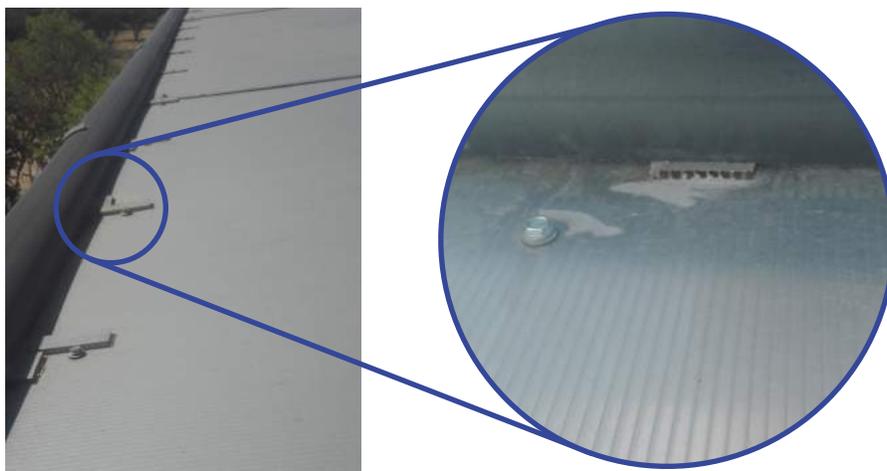
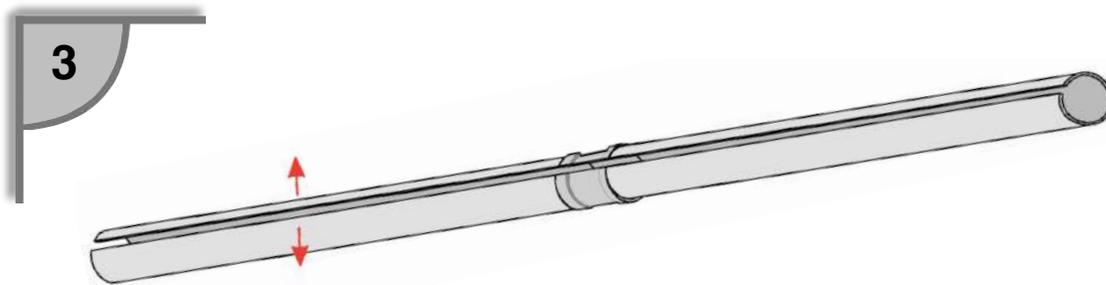
### 4.3.3 Cómo construir e instalar la canaleta de tubo completo



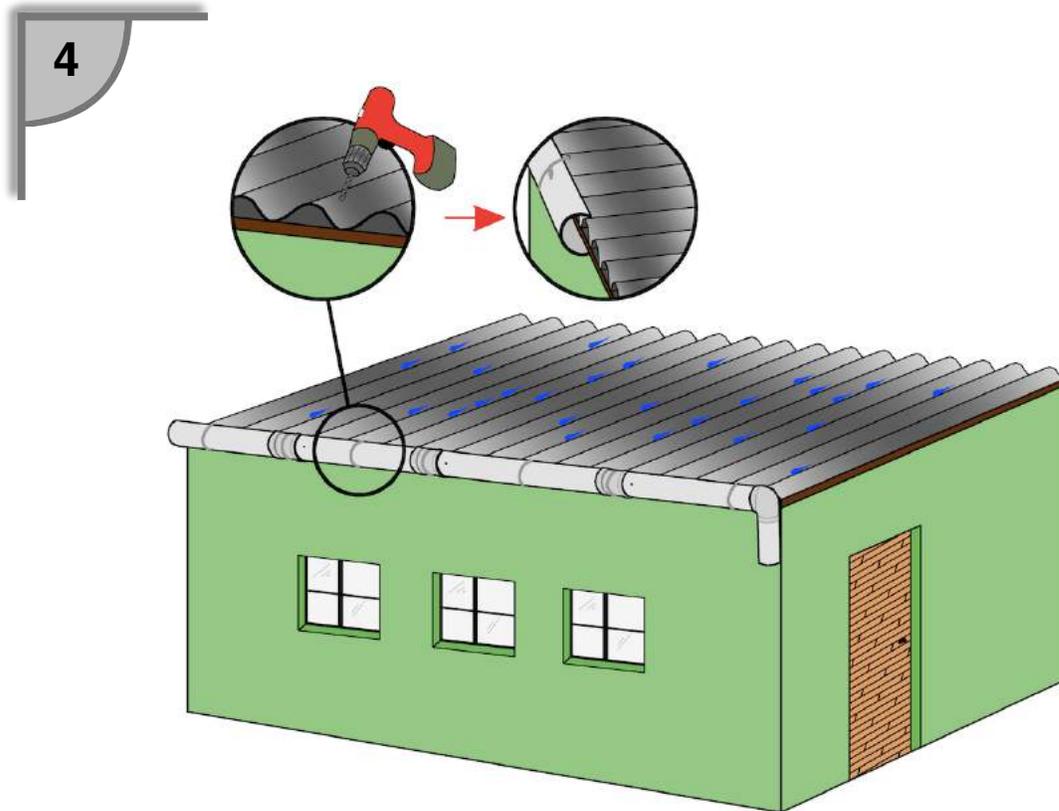
1  
Crea una canaleta de tubo completo a lo largo del borde de tu techo conectando tubos con adaptadores lineales de PVC del mismo diámetro y pegamento de PVC. Si estás conectando múltiples techos o superficies, haz una canaleta de tubo completo para cada borde.



Usando una sierra de mano, una caladora o una sierra circular, haz un corte hacia abajo a lo largo de todo el tubo. ¡No cortes el tubo por la mitad! Si usas un techo plano como policarbonato, esto debería ser suficiente. Si el techo fuera de superficie irregular como las tejas o lámina acanalada de aluminio, corta otra ranura en el tubo a un centímetro de distancia de la primera, dejando un espacio de 1 cm de ancho para un mejor ajuste sobre el borde del techo.



Una vez que se ha cortado la ranura del tamaño adecuado, haz palanca para abrir el tubo y golpéalo a lo largo del borde de tu techo. Debería quedar bien. Si tu techo es plano, notarás que no hay una manera fácil para que el agua entre en la cuneta. Para arreglar esto, coloca cuñas a cada metro entre el borde superior del techo y el borde de la canaleta. Las calzas deben estar hechas de plástico o caucho y tener entre 0.5 y 1 cm de altura para permitir que el agua ingrese libremente.



El canal debe ser fijado de forma segura a la casa para aguantar el peso del agua de lluvia. Haz agujeros en el material más resistente fijado al techo. Lo ideal es instalar una viga metálica o de madera para reforzarlo. Si esto es imposible (por ejemplo, el techo tiene un largo voladizo) taladra agujeros directamente en la superficie del techo. Sujeta el canalón al techo introduciendo trozos de alambre de 40 centímetros a través de cada agujero y apretando envuélvelos alrededor de la canaleta.

# Capítulo 5. Sistemas de primer separador de aguas

Una vez que el techo ha sido preparado con un sistema para captar la lluvia, como se describe en el Capítulo 4, el agua necesita ser almacenada. Sin embargo, al caer sobre un techo, la lluvia recoge la suciedad, polvo, hojas, excrementos de aves, moscas muertas, bacterias y la lista continúa. Es mucho más fácil de tratar esta agua antes de que entre en la cisterna que intentar dar tratamiento a los contaminantes acumulados en la cisterna misma. Aquí es donde entra en juego un sistema de primer separador de aguas. Este capítulo cubre algunas consideraciones prácticas de diseño para el sistema de primer separador incluyendo dimensionar el sistema, elegir un material y agregar filtros de hojas. La segunda mitad del capítulo describe los procesos paso a paso para construir el tambo y el sistema de primer separador de PVC que usamos.

## 5.1 Consideraciones prácticas sobre el primer separador de aguas

El sistema de primer separador de aguas es una protección importante contra los contaminantes biológicos que garantiza que el agua captada sea la más limpia posible. Un sistema de primer separador de aguas separa el agua que cae primero, cada ocasión que llueve. Esta primera agua lleva la mayoría de los contaminantes físicos del techo; éstos se separan en el sistema de primer separador, - lavando eficazmente tu techo - y el resto del agua de lluvia limpia ya puede ingresar a la cisterna. La cantidad de agua que necesita separar depende del área del techo y de otros factores ambientales. El agua que llena el sistema de primer separador de aguas no es apta para beber, pero es perfecta para otros usos, como regar un jardín.

Si tiene el tamaño correcto, un sistema de primer separador de aguas se debe vaciar después de cada lluvia; si tu primer separador es más grande de lo que necesitas, es posible que no tengas que vaciarlo por completo. La siguiente sección te guía a través del proceso de determinar el volumen apropiado para tu sistema de primer separador de aguas.

Nota: ¡Los sistemas de primer separador de aguas protegen contra algunos contaminantes biológicos, pero el agua en tu cisterna seguirá siendo biológicamente activa! Tener un primer separador no es un tratamiento suficiente para hacer que el agua sea potable. Para conocer los pasos del tratamiento biológico, consulte el capítulo 7.

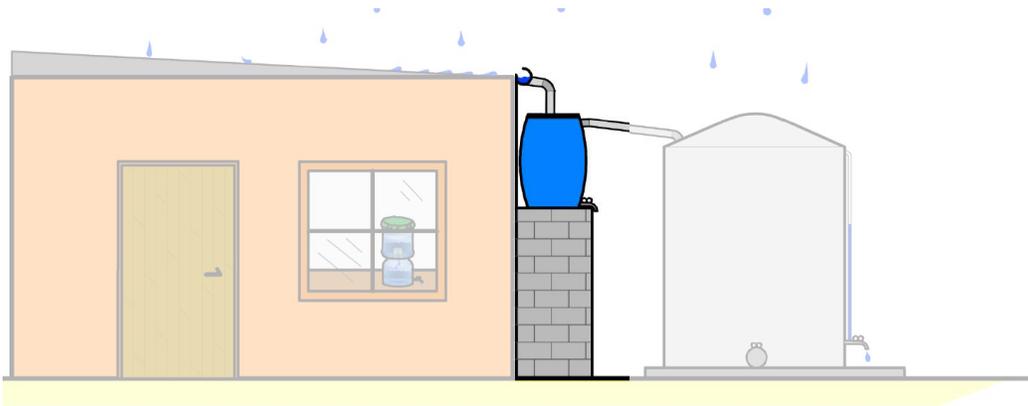
### 5.1.1 Dimensionando tu sistema de primer separador de aguas

El área de tu techo determina la cantidad de litros que necesitas coleccionar en el sistema de primer separador. Hay que asegurar que separen la cantidad de agua suficiente.

$$\begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{Area del techo} \\ \text{m}^2 \end{array} \times \begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{Factor de} \\ \text{limpieza} \end{array} = \begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{Cantidad de} \\ \text{litros para} \\ \text{separar} \end{array}$$

Factores de limpieza:

- Un factor de limpieza de 0.5 es un factor estable que aproxima el promedio de limpieza del techo. Usa 0.5 cuando limpias el techo regularmente
- Usa un factor de limpieza (recomendamos de 2.0) si vives en un área polvorienta, si tienes alrededor ramas de árboles o si no limpias regularmente tu techo.
- Generalmente recomendamos usar un factor de limpieza de 0.5 como mínimo para asegurar que evitamos la contaminación biológica.



**Figura 5.1** — Un esquema de un sistema de primer separador de aguas de tambo que conecta un techo con una cisterna.

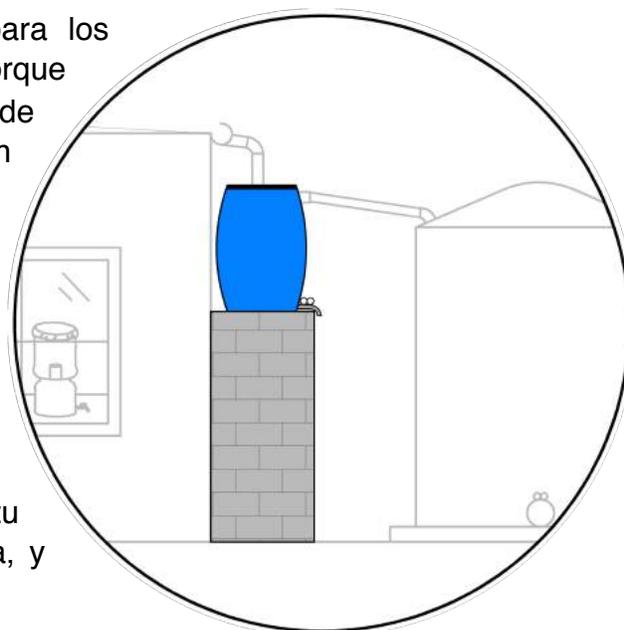
## 5.1.2 Diferentes tipos de sistemas de primer separador de aguas

Aunque hay muchos sistemas de primer separador de aguas, que van desde versiones comerciales costosas a las caseras más baratas, comúnmente utilizamos dos tipos: **PVC y tambo**. En general, recomendamos un diseño de PVC cuando se necesita separar **menos de 50 litros**. Si necesitas separar **más de 50 litros**, considera usar un tambo para tu sistema de primer separador de aguas.

Para tomar una decisión final sobre tu sistema, también considera los costos, el espacio y los materiales. Esta sección describe algunas de las diferencias entre un primer separador de aguas de tambo y de PVC. El resto del capítulo está dedicado a las instrucciones paso a paso para construir cada tipo de sistema.

### Tambo

Los tambos son excelentes opciones para los sistemas de primer separador de aguas porque son fáciles de encontrar en una variedad de tamaños (entre 50 y 200 litros) y no son caros. Si tu tambo es más grande que el volumen que calculaste en la sección anterior, solo necesitas eliminar esa cantidad de agua de tu tambo después de cada lluvia. Por ejemplo, si usas un tambo de 200 litros para un sistema de primer separador de aguas pero calculaste que necesitas separar 80 litros: asegúrate de drenar al menos 80 litros de tu tambo, después de cada evento de lluvia, y deja el resto.



Si bien hay muchas maneras de diseñar un primer separador de aguas con un tambo, los pasos descritos en la sección 5.2 son algunas de las mejores prácticas que hemos diseñado en Caminos de Agua.

### PVC

Un sistema de primer separador de aguas de PVC - o de tubería - es más flexible que el tambo, ya que se puede dimensionar a cualquier volumen. Un solo metro de tubería tiene un volumen establecido (ver Tabla 5.1), dependiendo del diámetro de la tubería.

Para calcular qué diámetro y longitud de tubería usar, toma de la sección 5.1.1 la cantidad de litros que calculaste para separar y úsala en la ecuación:

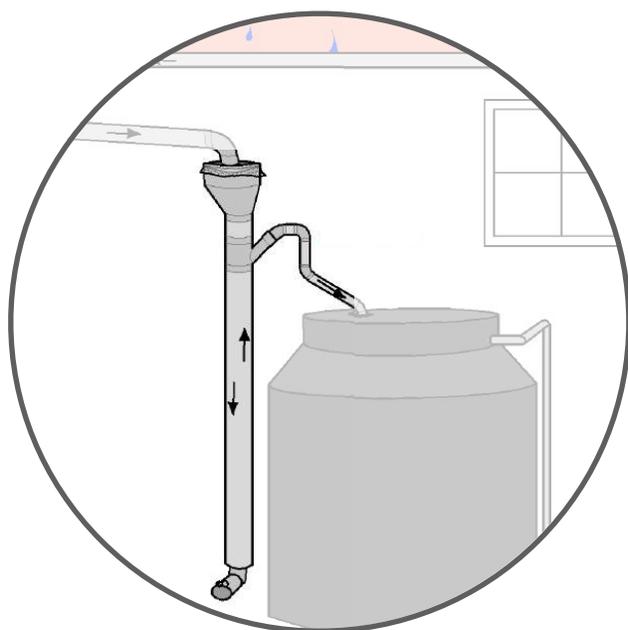
$$\frac{\text{Cantidad de litros a separar}}{\text{Capacidad de PVC}} = \text{Longitud mínima de PVC para el sistema de primer separador}$$

Ejemplo: Encuentra la capacidad de PVC de la tabla 5.1. Usa cualquier diámetro de PVC de la tabla 5.1 para calcular una longitud razonable, por lo general recomendamos entre uno y tres metros. Una vez que el resultado cae en ese rango, use ese diámetro y longitud de PVC. Por ejemplo, si quisiéramos separar 20 litros con PVC de 4", encontramos que:

$$\frac{20}{8.9} = 2.25$$

Cantidad de litros a separar
Capacidad de PVC
Longitud mínima de PVC para el sistema de primer separador

La respuesta calculada de 2.25 metros cae entre nuestra recomendación de uno a tres metros, confirmando que la tubería de PVC de 4" es una buena opción de diseño. (Recuerda considerar dónde se instalará el primer separador para asegurar que tu diseño encajará en el área disponible.) Consulta la sección 5.3 para obtener más detalles sobre cómo construir tu propio sistema de primer separador de aguas de PVC.



Diámetro de PVC	Capacidad de tubos en 1m
2"	2.4 L
3"	5.4 L
4"	8.9 L
6"	18.2 L

**Tabla 5.1** – Capacidad de un solo metro de PVC para varios diámetros de tubo.

## 5.2 Construyendo un primer separador de aguas de tambo

Recomendamos sistemas de primer separador de aguas de tambo cuando se necesita separar al menos 50 litros (ver ecuación en la sección 5.1.1). De lo contrario, estás perdiendo agua para beber que de otra manera podría usarse en tu cisterna.

### 5.2.1 Herramientas

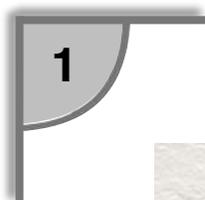


### 5.2.2 Materiales



Imagen	Materiales	Unidad	Cantidad
M1	Tambo de 50 - 200 litros	unidad(s)	1
M2	Mosquitera de plástico	Metro cuadrado(s)	1
M3	Adaptador de PVC hidráulico de 3 " macho	Unidad(es)	1
M4	Brida de 1/2 "	Unidad(es)	1
M5	1/2 "llave	Unidad(es)	1
M6	cinta de teflón	rollo(s)	1
M7	Sellador de silicón de grado alimenticio	tubo(s)	1

### 5.2.3 Pasos para construir un primer separador de aguas de tambo



Haz un agujero en la tapa del tambo. Debe ser lo suficientemente grande para que la tubería del sistema de canaletas entre fácilmente.

2



Usa un costacírculos de 3/4 " para hacer un agujero cerca de la parte inferior del tambo.

3



Instala la brida (M4) y conecta la llave de 1/2 " (M5) con cinta de teflón

4



Corta un agujero de 3.5 " en el costado del tambo, cerca de la parte superior, para el adaptador de PVC hidráulico (M3). El adaptador debe atornillarse firmemente al tambo de plástico. Corta el agujero ligeramente más grande que las cuerdas del adaptador con un cortacírculos mayor. Si no tienes cortacírculos y / o taladro, usa un cuchillo y corta lentamente el agujero.

5

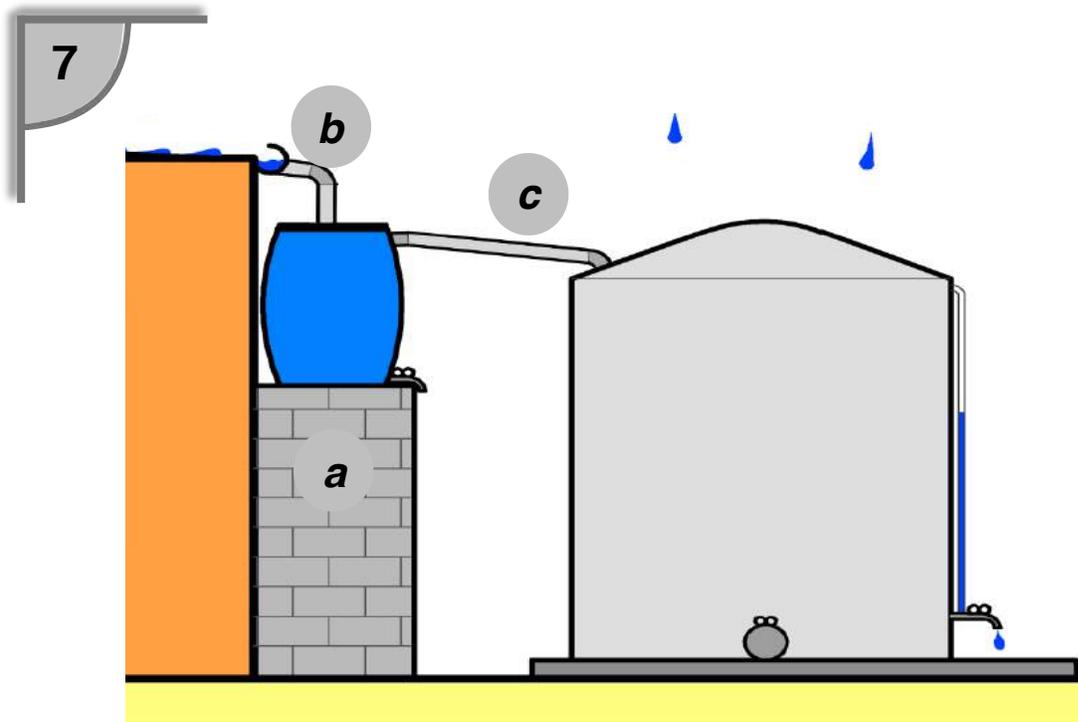


Atornilla el adaptador de PVC macho hidráulico de 3 "(M3) en el agujero. Esta conexión conectará a la cisterna o atornilla un adaptador hidráulico hembra de 3 " de PVC en el interior (opcional y no en la foto).  
Consejo: si el agujero es demasiado grande, instala un adaptador macho y uno hembra y llena el espacio entre ellos con silicón.

6



Retira la tapa del tambo y estira la malla sobre la abertura. Vuelve a colocar la tapa sobre la malla. La conexión del sistema de tuberías del techo dirigirá el agua de lluvia dentro del tambo. La malla mosquitera actúa como filtro de hojas para el primer separador (sección 6.1.5).



Construye una columna para levantar el primer separador de tanbo (A). El primer separador de aguas de tanbo debe estar elevado lo suficiente para que la salida del primer separador a la entrada de la cisterna tenga al menos un 1% de pendiente (C). Coloca el primer separador de aguas en la columna y corre el sistema de tuberías en la entrada del sistema de primer separador de tanbo utilizando un codo de PVC (B). Conecta el sistema de primer separador a la cisterna con tubo hidráulico de 3" de PVC (C).

## 5.3 Construyendo un primer separador de aguas de PVC

Para construir un sistema de primera separador de aguas de PVC, asegúrate de que necesitas un volumen menor a 50 litros de primer separador de la ecuación en la sección 5.1.1. De lo contrario, el PVC no tendrá suficiente capacidad aun siendo demasiado largo. Asegúrate de haber hecho los cálculos en la sección 5.1.2 y saber qué longitud y de qué diámetro debe ser tu tubería.

### 5.3.1 Herramientas

**1x**, para suavizar los cortes de PVC



**1x**, para cortar PVC



**1x**, para unir el sistema a la pared

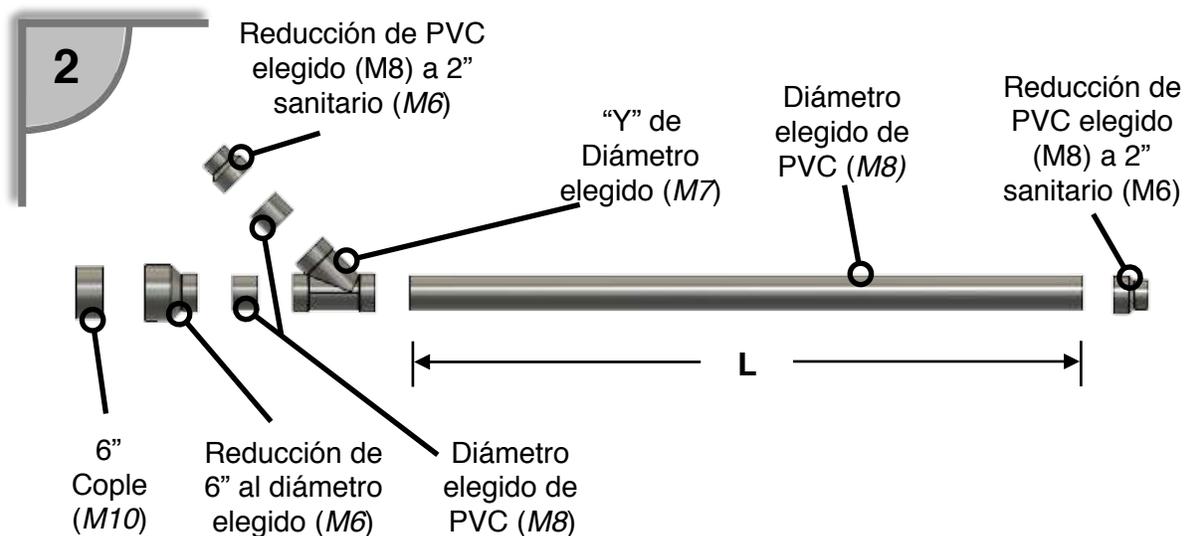
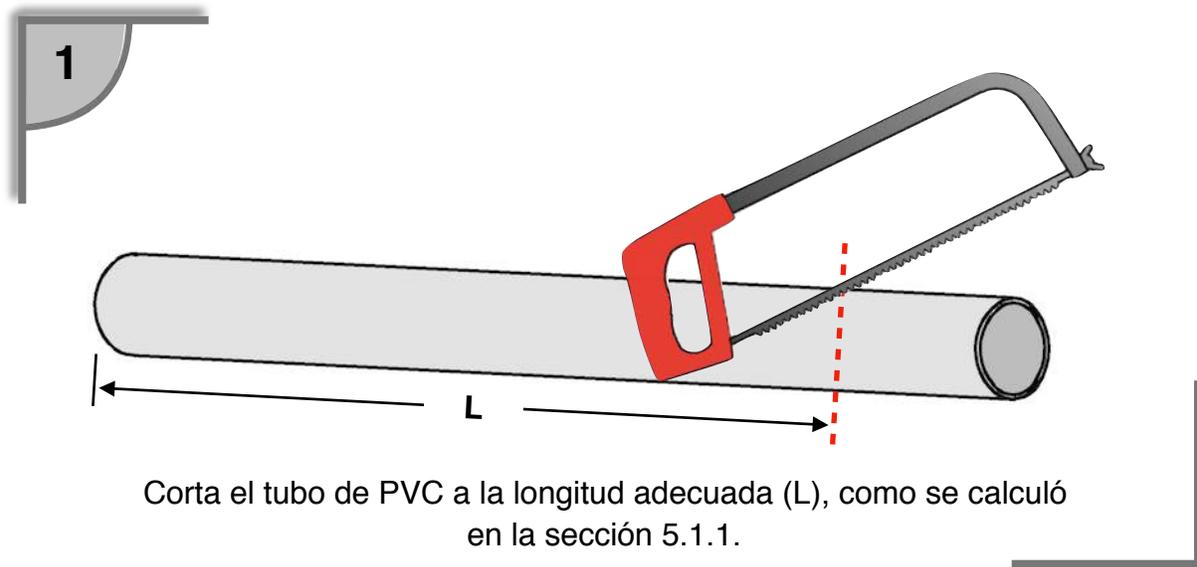


### 5.3.2 Materiales

Imagen	Materiales	Unidad	Cantidad
M1	Alambre de acero	metro (s)	3
M2	Mosquitera de plástico	metro cuadrado(s)	1
M3	Pegamento de PVC	lata (s)	1
M4	cinta de teflón	rollo (s)	2
M5	Clavos	Unidad(es)	10
M6	Reducción de PVC de 6" al diámetro de PVC elegido, PVC sanitario	Unidad(es)	1
M6	Diámetro de PVC elegido a 2 ", PVC sanitario	Unidad(es)	2
M7	Yee (Y) de tu diámetro elegido de PVC sanitario	Unidad(es)	1
M8	Tubo de tu diámetro elegido, PVC sanitario	metro (s)	1-4
M8	Tubo de PVC de 2 ", sanitaria	metro (s)	1-4
M9	Abrazadera de manguera de 8"	unidad (es)	1
M10	Cople de PVC de 6", sanitario	Unidad(es)	1
NA	Piezas de PVC sanitarias e hidráulicas de 2 "surtidas, según disponibilidad local	Pieza(s)	4-10



### 5.3.3 Pasos para construir un primer separador de aguas de PVC



3



Pega las conexiones una por una: limpia ambas superficies. Agrúpalas con un trozo de papel de lija o plástico. Aplica una capa rápida y suave de pegamento a ambas superficies. Inserta el tubo interno en la conexión, girando ligeramente. Una vez que alcanzas el punto de partida, asegúrate de que la pieza está orientada correctamente y deja de girarla. Limpia el exceso de pegamento de PVC para hacer que la unión se seque más rápidamente. Ver la sección 6.2.4 para más detalles sobre uniones fuertes de PVC.

4



Adjunta una válvula de bola a la parte inferior del sistema. Para hacerlo, a menudo necesitas una transición de PVC sanitario a hidráulico. En cada zona las piezas disponibles variarán mucho. Las opciones pueden incluir una conexión especial de sanitaria a hidráulica o un accesorio hidráulico a un adaptador sanitario de 2" o tubo y reducir a un tubo hidráulico de 1/2". Abajo, el sistema debería tener una válvula de abrir / cerrar que te permita almacenar y soltar el agua.

5



Coloca malla mosquitera (M2) a la parte superior del cople de PVC de 6" con abrazadera de manguera (M10). El codo debe descansar en la parte superior de la malla como se muestra. El codo se une a la canaleta que va al Sistema de primer de separador de aguas.

6



Fija el sistema a la pared con alambre y clavos. El sistema puede descansar en el suelo, ser apoyado por una estructura o ser suspendido. Modifica estas instrucciones como veas que se ajusta de acuerdo con tu tipo de pared (es decir, si es una pared de madera, usa tornillos para madera). Sé creativo. Por ejemplo ¡mira el uso de un árbol en la foto de arriba!

7



Agrega las canaletas y tubos restantes para conectar el agua del techo al sistema de primer separador y desde el sistema de primer separador a la cisterna. Cada sistema será único en su instalación.

8



Dirige el agua drenada desde el sistema de primer separador de aguas para otros usos como un árbol o jardín.

# Capítulo 6. Conectándolo todo: canaleta y tubería

Después de elegir y preparar el sitio, construir una cisterna, instalar un sistema de primer separador de aguas y preparar tu techo para captar el agua de lluvia, los componentes deben estar conectados como un sistema único. Este capítulo primero recorre varias consideraciones de diseño y luego establece algunas mejores prácticas específicas. Para inspirar su proceso creativo, el capítulo termina con fotos de sistemas innovadores de captación de agua de lluvia.

## 6.1 Consideraciones de diseño

Cuando descubras cómo se vaciará tu techo en el contenedor de primer separador de aguas y cómo esa agua se desbordará en tu cisterna, hay una serie de consideraciones de diseño para tomar en cuenta. Esta sección pasa por elegir la tubería correcta, asegurando esa tubería a la pared, y mantener a los bichos o animales pequeños fuera del sistema.

### 6.1.1 Elegir el tipo de tubería

Aunque los sistemas más simples de captación de agua de lluvia no involucran tuberías - una cubeta colocada afuera bajo la lluvia cumple el objetivo - recomendamos la combinación de algún tipo de canaleta, un sistema de primer separador de aguas y una cisterna, para maximizar la cantidad y calidad de agua limpia que puedas captar. Independientemente de en qué parte del mundo trabajes, necesitarás algo para capturar el agua de tu superficie. Podría ser propiamente una canaleta o un poco de aluminio doblado, un canalón de concreto o, como recomendamos, un trozo de tubo de PVC. Sé consciente de que cada material tiene sus limitaciones de costo, duración, flexibilidad, temperatura y facilidad de uso, entre otras ventajas y desventajas.

Si usas PVC, habrá diferentes variedades disponibles. En el centro de México, la mayoría de opciones asequibles comunes son PVC hidráulico y sanitario. Por lo general, trabajamos con la opción más delgada y económica disponible (sanitaria) que también tiene un diámetro suficientemente grande para transportar el agua que necesitamos (ver la siguiente sección).

## 6.1.2 Elegir el diámetro de tubería

Si bien hemos discutido la tubería en capítulos anteriores, no ilustramos cómo determinar el diámetro del tubo a usar para conectar las partes del sistema. El área de tu techo dicta el diámetro de tubería apropiado. La siguiente tabla muestra los diámetros correctos basados en el área del techo.

Área del techo (m <sup>2</sup> o metros cuadrados)	Diámetro de tubería (PVC) recomendado (pulgadas)
0 - 50 m <sup>2</sup>	2"
51 - 120 m <sup>2</sup>	3"
121 - 200 m <sup>2</sup>	4"
> 200 m <sup>2</sup>	6"

*Tabla 6.1 — Diámetro de tubería apropiado para la red de plomería que conecta el techo, el primer separador y la cisterna, en función del área del techo.*

## 6.1.3 Daño solar en plástico

La mayoría de los plásticos se degradan cuando se exponen a la radiación ultravioleta (UV). La luz del sol está llena de rayos UV. Esta degradación puede conducir a una tubería más débil y una decoloración rápida de un tubo blanco. La solución es simple: ¡pinta los tubos! Una pintura de látex a base de agua debería funcionar como cualquier otra pintura que sea resistente a los rayos UV. Los colores claros son mejores, ya que reflejan más la energía del sol, pero cualquier pintura resistente a los rayos UV lo hará.

## 6.1.4 Integridad estructural

Aunque las tuberías de PVC son livianas, una tubería llena de agua se vuelve bastante pesada. Como hay formas ilimitadas para configurar tu sistema dependiendo de la ubicación específica de arquitectura y demás características, no veremos ejemplos. Sin embargo, cuando estás colocando los tubos desde el techo hasta el primer separador de aguas, considera el peso del agua y asegúrate de que los tubos estén suficientemente soportados. Si no hay árboles disponibles, vallas, repisas o estructuras sobre las cuales apoyar la tubería (una situación común) y tu tubería es de un largo suficiente para que necesite apoyo, hemos encontrado que una solución efectiva y simple es clavar clavos en el techo a intervalos regulares y ajustar la tubería con alambre de acero.

### 6.1.5 Filtros de hojas

Para evitar que el material orgánico (hojas, ramitas, etc.) y los animales (pequeñas lagartijas, por ejemplo) entren al sistema, así como mitigar el riesgo de obstrucción y acumulación de suciedad, todas las entradas y salidas deben cubrirse con mallas (malla mosquitera de plástico o galvanizada). Este tipo de pantalla se llama filtro de hojas. Los filtros de hojas son una protección importante contra contaminantes biológicos. Lugares comunes en los que verás filtros de hojas:

- En las salidas de techo (figura 6.1a),
- En la salida del sistema de canaletas,
- En la entrada al sistema de primer de separador de aguas (figura 6.1b),
- En la salida de la tubería de sobresalida.



**Figura 6.1** — Varios filtros de hojas: un ejemplo de un filtro de hojas instalado (a) en la entrada del sistema de canaletas desde el techo y (b) en la entrada al sistema de primer separador de aguas.

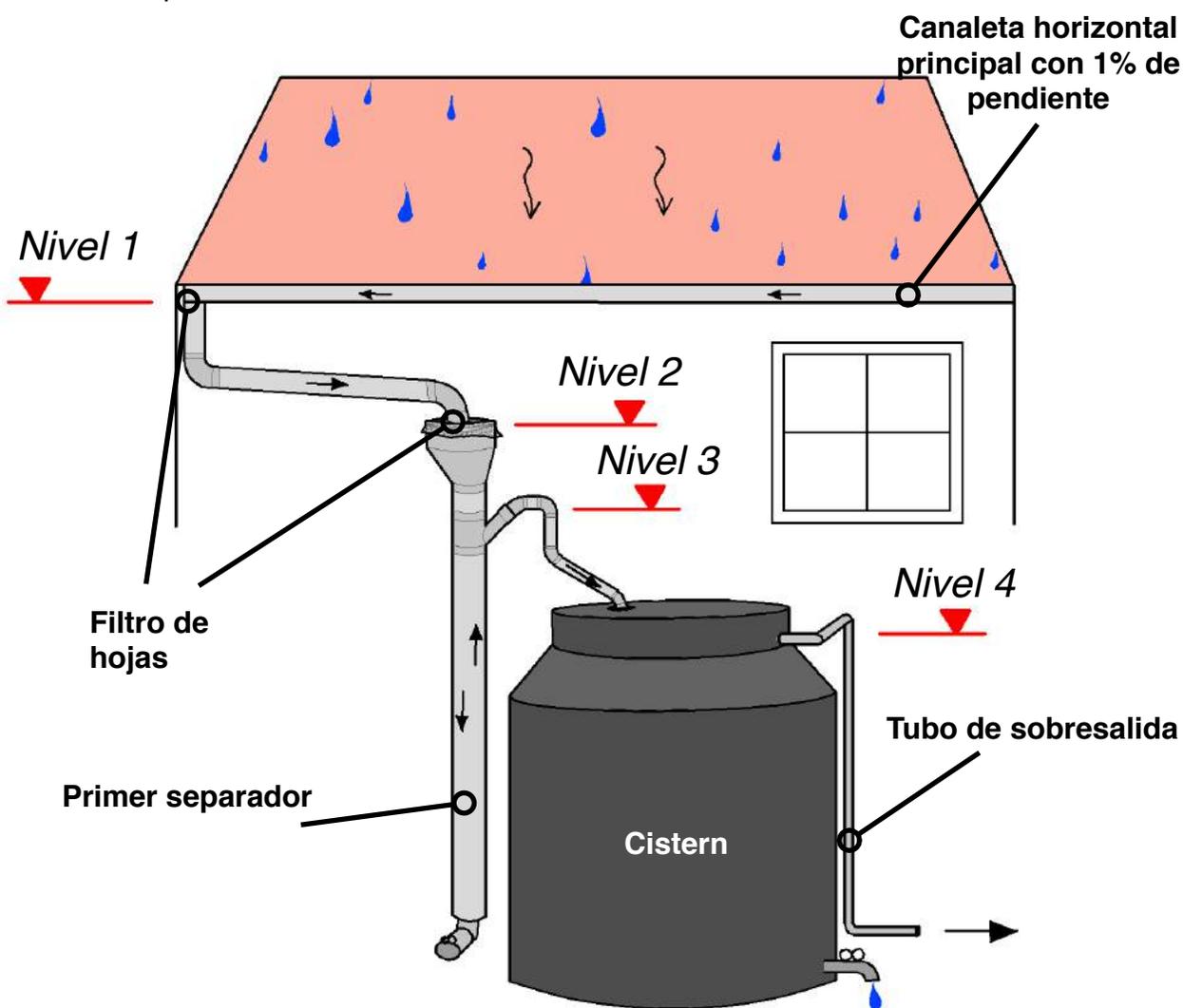
### 6.1.6 Alturas, gravedad y rutas

Al diseñar tu sistema de tuberías, es fundamental que el agua fluya de un punto a otro junto con la gravedad (que requiere al menos una pendiente de  $1^\circ$ ) y que cada nivel esté a una altura apropiada (ver figura 6.2). Esto es especialmente importante con cisternas de 12,000 litros sobre el suelo, que es una cisterna alta de 2.5 metros de altura. La tubería del techo debe estar encima de la entrada al sistema de primer separador de aguas, que luego debe ser más alto que la entrada a la cisterna. Antes de

instalar tus tuberías, considera la figura 6.2 y asegúrate de que los niveles 1, 2, 3 y 4 son distintos, están en orden y se pueden conectar mediante tuberías con pendiente descendente.

## 6.2 Directrices específicas de montaje

A medida que planeas ensamblar tu cisterna, esperamos que estas pautas te ayuden con algunos detalles técnicos específicos, como pegar dos piezas de PVC juntas, hacer conexión hermética entre piezas roscadas, perforar agujeros del tamaño correcto e impermeabilizar tus cisternas y tambos. Si no estás familiarizado con algunos de estos detalles de plomería, asegúrate de leer atentamente la siguiente sección antes de comenzar tu proceso de construcción.



**Figura 6.2** — . Asegúrate de que la salida de la canaleta (Nivel 1) sea más alta que la entrada del primer separador de aguas (Nivel 2). La entrada del primer de separador de aguas (Nivel 2) debe ser más alta que la salida del primer separador/entrada de la cisterna (Nivel 3). Y la entrada de la cisterna (Nivel 3) debe ser más alta que la tubería de sobresalida de la cisterna (Nivel 4).

## 6.2.1 Taladrar agujeros para los conectores

Cuando conectas entradas y salidas a un contenedor de plástico, como una cisterna o un tambo, necesitas un agujero. Algunas cisternas de plástico comerciales vienen perforadas previamente e incluyen conectores específicos. En la mayoría de los casos de bajo costo, necesitas hacer tú mismo el agujero. El agujero se puede hacer con un taladro eléctrico, una navaja o un machete.

Puntos clave para el éxito:

1. Corta el orificio pequeño y ensáchalo lentamente con una lima o navaja. Si el agujero es demasiado grande, es más difícil de impermeabilizar y es más probable que tu sistema desarrolle una fuga.
2. Usa una lima o una navaja para alisar los bordes del agujero lo mejor posible. Si el agujero no es circular, es más probable que tenga fugas.
3. Cuando se trabaja con un plástico más suave que el PVC, como el HDPE, a menudo se puede atornillar un conector de PVC directamente en la pared. Esto deja poco espacio para fugas y permite un ajuste perfecto.

Una vez que hagas agujeros en tu barril o cisterna, estás listo para colocar una pieza que conecta el contenedor a una válvula o tubería. La siguiente sección discute algunas opciones.

## 6.2.2 Conexiones roscadas (bridas) vs. coples de PVC con rosca interna / externa

Una vez que hayas perforado un agujero de tamaño apropiado en su tambo o cisterna, es hora de insertar sus conexiones. Preferimos usar bridas, como se muestra en la figura 6.3b. Estas tienen hilos interiores y exteriores; no necesitas ningún pegamento de PVC o silicón; puede ser removirse fácilmente en caso de ajustes y vienen con un empaque de goma. Tienden a ser más caras y más difícil de encontrar que componentes estándar de PVC en muchas partes del mundo, por lo que a menudo



**Figura 6.3** — Conexiones para contenedores (a) una conexión de PVC roscada interno / externo (hembra / macho) es la forma más común y más disponible para la entrada / salida de un contenedor, pero (b) una brida, a pesar de su costo, tiene muchas ventajas.

o encontramos a nosotros mismos trabajando con PVC. Si utilizas adaptadores de PVC roscadas interna y externamente (a menudo llamados "macho" y "hembra") (figura 6.3a), aquí hay algunos consejos de diseño:

1. Aunque el PVC está estandarizado, hay diferencias sutiles. Comprobar que tus adaptadores atornillen hasta el tope, uno dentro del otro. En la figura 6.3a se muestran adaptadores de PVC hidráulicos. A menudo tenemos más suerte con los adaptadores de CPVC ya que tienden a crear un ajuste más fuerte.
2. Los adaptadores de PVC generalmente no vienen con una goma o empaque, pero necesitarás un sello para una conexión impermeable. Puedes (a) comprar el empaque de goma de tamaño adecuado o (b) sellar la abertura con silicón (ver la siguiente sección).
3. Estos adaptadores de PVC generalmente están roscados solamente en un lado. Para conectar cualquier conexión a tu tambo, tendrás que pegarlo con pegamento de PVC. Haz esto en la instalación final ya que cuando gires los adaptadores hembra y macho juntos, no sabes cómo estará alineada tu configuración final. Una conexión invertida puede ser una pesadilla.

### 6.2.3 *Empaques, juntas (anillos O) y silicón*

Para hacer conexiones impermeables, especialmente en orificios en tanques como se describe anteriormente, una pieza de PVC no es suficiente. Para evitar fugas, necesitas un material que pueda sostenerse bajo espacios de presión y de relleno - ¡el orificio circular que perforaste probablemente no quedó 100% perfecto!

Dos opciones para el sellado son: empaques (a veces llamadas "arandelas de goma") y silicón. Un empaque es un anillo de goma plano que se comprime para llenar un agujero. El silicón se vende típicamente como un gel que comprimes alrededor de una abertura. Cuando se seca, se vuelve impermeable y mantiene bien su forma, especialmente bajo presión. Cuando sea posible, alentamos el uso de empaques. No son tan permanentes como la silicona. La silicona hará el trabajo, pero a menudo requiere días para secar y probar y es difícil de arreglar cuando ocurre una fuga.



**Figure 6.4** — (a) un empaque, (b) un tubo de silicón, y (c) un anillo O

Los empaques y anillos se confunden a menudo. Un anillo O es una herramienta adecuada de impermeabilización cuando hay una ranura. Sin una ranura para colocar el anillo O, se deformará y no proporcionará ningún tipo de impermeabilización. Ver la figura 6.4 para las diferencias entre los empaques, el silicón y los anillos O.

### 6.2.4 Conexiones fuertes de PVC

Al conectar tubos de PVC y conexiones lisas, es importante tener una conexión apretada, a prueba de agua. Para hacerlo, sigue los siguientes pasos:

1. Coloca las piezas juntas sin ningún pegamento. Asegúrate de que las conexiones sean ajustadas y alineadas correctamente.
2. Desconecta las piezas.
3. Limpia ambas piezas con un paño seco.
4. Raspa las superficies con un trozo de lija de papel (si está disponible).
5. Opcional: si eliges usar imprimador, aplique una capa en cada superficie y deje secar.
6. Aplica rápidamente una capa uniforme de pegamento de PVC a ambas piezas e insértalas, un cuarto antes de la alineación.
7. Cuando los insertes, gíralos un cuarto de vuelta en alineación, para distribuir uniformemente el pegamento de PVC dentro de la articulación. Deja de girar una vez que llegues a la posición totalmente conectada.
8. Limpia el exceso de pegamento y sostén firmemente en su lugar durante 30 segundos para permitir que el pegamento de PVC comience a secarse.
9. Permite que se fije durante el tiempo recomendado en el paquete del pegamento de PVC.

Sin embargo, si estás conectando **accesorios roscados**, no necesitas adhesivo. Sigue este proceso:

1. Atornilla las piezas sin pegamento. Asegúrate de que las conexiones están ajustadas y alineadas correctamente.
2. Envuelve la cinta de teflón en el sentido de las agujas del reloj alrededor de la pieza roscada externamente ("macho") hasta que la forma de los hilos está ligeramente oscurecida, por lo general de 3 a 7 vueltas.
3. Atornilla las piezas, apretando con una llave si es necesario.

Siempre prueba tus conexiones de PVC en contra de fugas una vez que el pegamento se haya secado y una vez más cuando el sistema esté en funcionamiento.

## 6.3 Fotos de Sistemas

¡Esperamos que las siguientes fotos de proyectos reales te inspiren al diseñar tus propios sistemas de captación de agua de lluvia!





Ahora has instalado tu cisterna, canaletas, sistema de primer separador de aguas y conexiones de las tuberías. ¡Tu sistema está listo para comenzar a captar agua de lluvia saludable! Para aprender cómo asegurarte de que tu agua sea segura para el consumo humano, consulta el próximo capítulo sobre métodos de tratamiento del agua contra contaminantes biológicos.

## Capítulo 7. Tratamiento biológico

Los capítulos anteriores cubren cómo hacer un sistema resistente y fuerte para capturar y almacenar agua de lluvia saludable para beber, cocinar y otros usos domésticos. Sin embargo, aunque el agua de lluvia es saludable, libre de minerales, metales y otros productos químicos contaminantes, no necesariamente es segura para beber. A medida que el agua pasa desde tu techo a través del sistema de tuberías, puede contaminarse fácilmente con bacterias, virus y otros patógenos biológicos. Este capítulo ofrece algunos métodos diferentes para asegurar que tu agua es lo más segura posible para beber.

¿Qué son los patógenos biológicos transmitidos por el agua? Incluyen todo, desde gran escala, como parásitos y helmintos, hasta los pequeños virus y protozoarios. La mayoría de estas criaturas son demasiado pequeñas para verse a simple vista y viven en ambientes acuosos. Algunos de ellos también viven y se reproducen en el cuerpo humano y pueden causar enfermedades. En 2015, según la Organización Mundial de la Salud, alrededor de medio millón de personas murieron de diarrea causada por patógenos biológicos transmitidos por el agua, principalmente bacterias y virus. Acerca de 300,000 niños menores de cinco años mueren cada año por beber agua insegura.

Hay dos opciones para proteger el agua de los patógenos biológicos. La primera es eliminar mecánicamente todos los patógenos con un filtro físico. Estos filtros son especialmente diseñados con agujeros o poros lo suficientemente pequeños para permitir el paso del agua, pero para excluir incluso el más pequeño de los organismos. Sin embargo, los filtros se tapan con el tiempo y a menudo requieren altas presiones. El segundo método es matar a los patógenos. Los organismos biológicos solo pueden hacerte daño cuando están vivos; raramente afectan el sabor, el olor o el color del agua. La mayoría de los métodos de tratamiento de bajo costo y ampliamente utilizados (como el cloro y la filtración lenta con arena) se basan principalmente en esta segunda estrategia.

Este capítulo describe:

- 7.1: Métodos prácticos de tratamiento de bajo costo
- 7.2: Almacenamiento de agua segura
- 7.3: Métodos de tratamiento patentado o de mayor costo
- 7.4: Conexión de tu sistema de agua de lluvia al tratamiento y almacenamiento

## 7.1 Métodos prácticos de tratamiento de bajo costo

Los siguientes métodos de filtración y desinfección son relativamente económicos y prácticos ya sea para comprar localmente o construirlo tú mismo. ¡Este manual no pretende ser una guía de construcción de filtros y sistemas de desinfección! Es una herramienta educativa que puede servirte para seleccionar un método de tratamiento apropiado para tu comunidad, cultura y contexto.

Cada uno de los siguientes métodos tiene un breve resumen de cómo funciona seguido de secciones que describen su efectividad, los cambios de estilo de vida requeridos y el costo. En estas secciones, nos centramos explícitamente en métodos que eliminan contaminantes del agua de lluvia. No nos enfocamos en la turbidez (sedimentos como arena, limo, hojas, tierra, etc.) ni contaminantes químicos como agroquímicos, minerales o metales.

Finalmente, esta sección no trata los contaminantes más raros como los elementos radiactivos o contaminantes industriales atmosféricos. Si tienes alguno de estos contaminantes en concentraciones peligrosas en tu agua de lluvia, ¡no deberías consumirla! Si estás buscando información general de bajo costo para el tratamiento de aguas superficiales, subterráneas, aguas grises, agua negra, desechos industriales o cualquier otra fuente de agua que deba ser tratada, puedes ver las siguientes fuentes o cualquiera de las muchas que puedes encontrar en línea:

1. Tratamiento biológico, turbidez, algunos minerales - Centro de Agua Asequible y Tecnología de saneamiento (CAWST) <https://resources.cawst.org>
2. Aguas residuales (gris y negra) - Bremen Overseas Research & Development Association (BORDA)
3. [http://www.borda-sea.org/basic-needs-services/dewatsdecentralized-wastewater-treatment.html # c2155](http://www.borda-sea.org/basic-needs-services/dewatsdecentralized-wastewater-treatment.html# c2155)
4. Arsénico - Kanchan Filtro de arsénico de (KAF) [http://web.mit.edu/watsan/Docs/Otros% 20Documents / KAF / KAF% 20booklet% 20final% 20Jun05.pdf](http://web.mit.edu/watsan/Docs/Otros%20Documents/KAF/KAF%20booklet%20final%20Jun05.pdf) y
5. Fluoruro - Caminos de Agua <http://caminosdeagua.org/biochar-water-treatment/>
6. Aguas residuales domésticas e industriales - Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) Guía sobre humedales construidos <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documentos/built-wetlandshandbook.pdf>
7. Recolección de aguas residuales domésticas y lluvia pasiva – Watershed managment group (Grupo de Manejo de cuencas hidrográficas) <https://watershedmg.org/learn/resource-library>
8. Orgánicos sintéticos como pesticidas y herbicidas -Aqueous Solutions <http://www.aqsolutions.org>

## 7.1.1 Ebullición

### Pros

Eficaz para todos los patógenos  
Fácil de usar  
Barato

### Contras

Concentra minerales y metales en el agua  
Con madera o carbón, conduce a la deforestación  
Contamina con humo

### Método

Boiling is considered the world's oldest and is one of the most common and effective methods for disinfecting water. Pathogens are killed when the temperature reaches 100 degrees Celsius (212 degrees Fahrenheit). The Center for Affordable Water and Sanitation Technology (CAWST) recommends boiling for one minute and adding an additional one minute for every 1000 meters of elevation above sea level.



Imagen cortesía de CAWST

### Eficacia

**Calidad:** Muy efectivo para matar todos los patógenos.

**Cantidad:** Depende del tamaño del recipiente.

**Agua:** Se puede usar con cualquier agua biológicamente activa. Ten en cuenta que hervir ¡el agua aumenta la concentración de contaminantes disueltos!

## Factores de estilo de vida y costo

<b>Recursos:</b>	<i>Diferentes fuentes de combustible pueden estar disponibles localmente (por ejemplo, madera, carbón, biomasa, gas, electricidad).</i>
<b>Tiempo:</b>	Necesitas calentar agua hasta que hierva durante al menos un minuto. El tiempo para hervirla cambia dependiendo de la altitud, la cantidad de agua y la fuente de combustible.
<b>Peligros:</b>	Potencial de lesiones por quemaduras; infecciones respiratorias y otras enfermedades asociadas con mala calidad del aire; contaminación por la quema de carbón.
<b>Vida útil</b>	Puede ser necesario reemplazar las ollas y la estufa; cuando se usa leña, necesita ser recolectada o comprada regularmente.
<b>Estética del agua:</b>	Algunas personas creen que el agua hervida tiene un sabor "plano". Otros que huele a "ahumado". Por lo general, la ebullición no cambia el olor o el color.
<b>Facilidad de uso:</b>	La recolección del combustible es una inversión de tiempo que podría usarse para otros fines.
<b>Costo inicial:</b>	Gratis o de bajo costo: los hogares pueden usar recipientes existentes.
<b>Costo operativo:</b>	Costo continuo del combustible, el costo varía según la región y el tipo de combustible.

## 7.1.2 Desinfección solar (SODIS)

### Pros

Efectivo para todos los patógenos  
Ajustes sencillos sin partes móviles  
Barato

### Contras

Puede tardar al menos dos días  
No funcionará en días nublados o lluviosos  
Requiere agua no turbia

### Método

SODIS usa la radiación del sol para matar patógenos en el agua. Se puede usar para desinfectar pequeñas cantidades de agua con baja turbidez. Llena botellas de plástico transparentes, sin color hechas de PET (politereftalato de etileno) y colócalas a la luz solar directa. El agua puede ser utilizada directamente de las botellas para evitar la re contaminación.

### Eficacia

**Calidad:** Muy efectivo para matar todos los patógenos.

**Cantidad:** 1-2 litros por botella, tantas botellas como quieras.

**Agua:** Sólo se puede usar con agua clara, no turbia. Funciona bien con agua de lluvia.



Imagen cortesía de CAWST

## Factores de estilo de vida y costo

<b>Recursos:</b>	<i>Botellas de PET de 1-2 litros son disponibles en la mayoría de los lugares.</i>
<b>Tiempo:</b>	Las botellas deben permanecer bajo la luz solar directa durante al menos seis horas en un día soleado y al menos dos días completos cuando esté nublado. No se puede utilizar SODIS cuando está lloviendo.
<b>Peligros:</b>	Los plásticos se descomponen con el tiempo y se filtran.
<b>Vida útil</b>	Las botellas deben reemplazarse si están muy rayadas.
<b>Estética del agua:</b>	SODIS calienta el agua. No cambia el color, el olor ni el sabor.
<b>Facilidad de uso:</b>	Simple.
<b>Costo inicial:</b>	Gratis o de bajo costo; los hogares pueden usar botellas de plástico reciclado.
<b>Costo operativo:</b>	Ninguno.

### 7.1.3 Filtración lenta con arena biológicamente activa

#### Pros

Materiales comunes a nivel mundial  
Instalación simple sin partes móviles  
Barato

#### Contras

Poco efectivo contra virus  
Difícil de transportar  
Tiempo de demora para desarrollar la biocapa

#### Método

Un filtro de "bioarena" es una caja de concreto o plástico que está llena de capas de arena y grava. El agua se vierte en la parte superior del filtro y la recolecta en un contenedor de almacenamiento seguro después de la filtración. Los patógenos y la turbidez se eliminan por medios físicos y procesos biológicos en la arena.

#### Eficacia

**Calidad:** Muy efectivo para matar patógenos grandes.  
Poco efectivo para matar virus.

**Cantidad:** 12-18 Litros por día como en la imagen. Otros diseños tienen flujo variable de hasta diez mil litros por día.

**Agua:** Se puede utilizar con cualquier fuente de agua sin mucha turbidez.

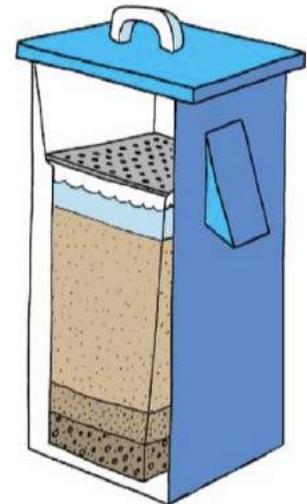


Imagen cortesía de CAWST

## Factores de estilo de vida y costo

<b>Recursos:</b>	<i>Los filtros de concreto se pueden construir en cualquier parte del mundo. Los filtros de plástico pueden comprarse o fabricarse con tambos reciclados.</i>
<b>Tiempo:</b>	Concreto: 0.6 litros / minuto; Plástico: 0.8 litros / minuto. Sin embargo, debes esperar muchas horas entre lotes de 12-18 litros.
<b>Peligros:</b>	No elimina virus por completo.
<b>Vida útil</b>	Concreto: más de 30 años si no se mueve; Plástico de más de 10 años. Las tapas y las placas del difusor pueden necesitar ser reemplazadas.
<b>Estética del agua:</b>	Sin cambios o mejorada.
<b>Facilidad de uso:</b>	Fácil para adultos. Puede ser difícil para los niños llenar el filtro.
<b>Costo inicial:</b>	Concreto: \$ 12-30 USD; Plástico: \$ 75 USD por 12-18 litros por día. Variable para tamaños más grandes.
<b>Costo operativo:</b>	Ninguno.

## 7.1.4 Filtración cerámica de olla

### Pros

Eficaz contra todos los patógenos  
Instalación simple sin partes móviles  
Barato

### Contras

La calidad depende del fabricante  
Difícil de transportar

### Método

Los filtros cerámicos de olla generalmente están hechos de arcilla mezclada con un material combustible como el aserrín, cáscaras de arroz o cascara de café. La plata coloidal se usa a veces para ayudar con la eliminación de patógenos. El agua se vierte en el recipiente de cerámica y se recoge en otro recipiente para almacenamiento seguro.

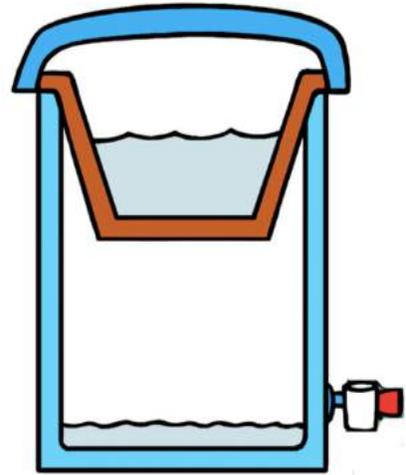


Imagen cortesía de CAWST

### Eficacia

**Calidad:** Muy efectivo si se usa con plata coloidal, no tan efectivo sin ella.

**Cantidad:** 8 litros en cada lote.

**Agua:** Se puede usar con cualquier fuente de agua sin mucha turbidez, bueno para el agua de lluvia.

### Factores de estilo de vida y costo

<b>Recursos:</b>	<i>Puede ser fabricado y comprado localmente</i>
<b>Tiempo:</b>	1 - 3 litros / hora.
<b>Peligros:</b>	Ninguno.
<b>Vida útil</b>	Hasta 5 años. Usualmente 1 - 2 años. Necesita ser reemplazado si hay agrietamiento visible.
<b>Estética del agua:</b>	Sin cambios o mejorada.
<b>Facilidad de uso:</b>	Fácil de usar. Fácil de mantener frotando su superficie cuando se reduce la velocidad del flujo.
<b>Costo inicial:</b>	\$12 - 25 USD
<b>Costo de operación:</b>	Ninguno.

## 7.1.5 Cloro

### Pros

Muy efectivo contra bacterias  
Rápido  
Barato

### Contras

Requiere dosificación química regular  
No es muy efectivo para protozoarios y helmintos  
Cambia el sabor del agua

### Método

El cloro es un químico popular que se usa para desinfectar el agua. Hipoclorito de sodio y dicloroisocianurato de sodio o el trocloseno de sodio (que se abrevian como NaDCC) son diferentes tipos de cloro que están disponibles. Cuando se añade al agua libera ácido clorhídrico que reacciona con microorganismos y los mata. Existen diferentes marcas de productos de cloro que son especialmente fabricados para el tratamiento del agua en el hogar.



Imagen cortesía de CAWST

### Eficacia

**Calidad:** Muy efectivo para eliminar bacterias. No es efectivo para ciertos tipos de protozoarios. Protege el agua contra recontaminación.

**Cantidad:** Depende del tamaño del contenedor.

**Tipo de agua:** Sólo debe usarse con agua limpia. Efectiva para el agua de lluvia.

## Factores de estilo de vida y costo

<b>Recursos:</b>	<i>Disponible para comprar en la mayoría de los lugares.</i>
<b>Tiempo:</b>	Necesitas esperar al menos 30 minutos después de agregar cloro.
<b>Peligros:</b>	El cloro sobredosificado puede ser dañino. El cloro gaseoso es tóxico. Mantener el cloro lejos de los niños.
<b>Vida útil</b>	Hasta 5 años para tabletas. Productos de cloro líquido deben ser utilizados dentro de los 3 meses después de fabricación.
<b>Estética del agua:</b>	Cambia el sabor.
<b>Facilidad de uso:</b>	Sigue las instrucciones del fabricante para productos específicos.
<b>Costo inicial:</b>	Ninguno.
<b>Costo de operación:</b>	\$ 3 - 11 USD por año, dependiendo de la elección del producto.

## 7.1.6 Destilación

### Pros

Extremadamente efectivo en **todos** los contaminantes

### Contras

Lento  
Uso muy intensivo de energía  
Deja un producto de desecho

### Método

La destilación es un método antiguo que usa energía para tratar el agua potable. Es el proceso de evaporación del agua en vapor, luego capturando y enfriando el vapor que se condensa nuevamente en un líquido. Algunos contaminantes en el agua quedan atrás cuando el agua se evapora. Existen muchos diseños diferentes para alambiques de destilación, algunos de los cuales son solares.



Imagen cortesía de CAWST

### Eficacia

**Calidad:** Si se hace correctamente, es muy efectivo para eliminar todos los contaminantes.

**Cantidad:** Depende del tamaño del destilador.

**Tipo de agua:** Se puede usar con cualquier fuente de agua.  
Probablemente sea innecesario para agua de lluvia, pero funcionaría.

## Factores de estilo de vida y costo

<b>Recursos:</b>	Se pueden comprar a un fabricante o se pueden fabricar con materiales locales.
<b>Tiempo:</b>	Depende de la inmovilidad. No se puede usar un destilador solar bajo la lluvia.
<b>Peligros:</b>	El agua no tiene minerales que pueden ser una fuente de esencial necesaria de nutrientes.
<b>Vida útil</b>	5-10 años según el tipo y la calidad del destilador.
<b>Estética del agua:</b>	Algunas personas creen que el agua destilada tiene un sabor “plano”.
<b>Facilidad de uso:</b>	Depende el destilador.
<b>Costo inicial:</b>	Amplio rango dependiendo del diseño del destilador.
<b>Costo de operación:</b>	Ninguno.

### 7.1.7 Filtración cerámica de vela\*

#### Pros

Eficaz contra todos los patógenos  
Instalaciones simples sin partes móviles  
Barato

#### Contras

La calidad depende del fabricante

#### Método

Los filtros cerámicos de vela son cilindros huecos hechos de arcilla mezclados con un material combustible como aserrín. Plata coloidal u otro químico antibiótico se debe agregar para ayudar con la eliminación de patógenos. Una o más cilindros están unidas al fondo de un contenedor. El agua se vierte en el recipiente, fluye a través de la vela donde los patógenos se atrapan o mueren, luego se recoge en otro contenedor para un almacenamiento seguro.

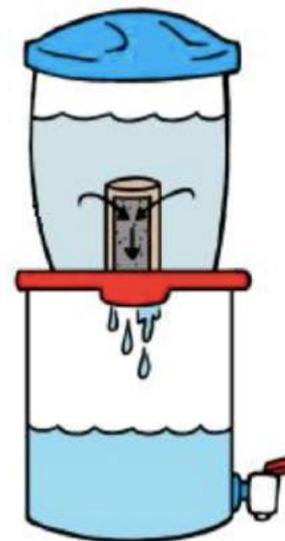


Imagen cortesía de CAWST

#### Eficacia

**Calidad:** Muy efectivo si se usa plata coloidal o nitrato de plata, no tan efectivo sin una de ella

**Cantidad:** 2 - 8 litros / hora

**Tipo de agua:** Se puede usar con cualquier fuente de agua sin mucha turbidez, bueno para el agua de lluvia.

#### Factores de estilo de vida y costo

<b>Recursos:</b>	Puede ser fabricado y comprado localmente.
<b>Tiempo:</b>	2 - 8 litros / hora.
<b>Peligros:</b>	Ninguno.
<b>Vida útil</b>	3 - 5 años. La vela necesita ser reemplazada si hay algunas grietas visibles o desgaste.
<b>Estética del agua:</b>	Sin cambios o mejorada.
<b>Facilidad de uso:</b>	Fácil de usar. Fácil de mantener frotando cuando se reduce la velocidad del flujo.
<b>Costo inicial:</b>	\$ 15 - 30 USD.
<b>Costo de operación:</b>	Ninguno.

\*Para obtener más información sobre los filtros cerámicos de velas para agua de Caminos de Agua, consulta la sección 7.1.8.

### 7.1.8 Filtro cerámico de vela de Caminos de Agua

La filtración cerámica de agua se ha utilizado en todo el mundo durante miles de años para hacer agua apta para beber. Los filtros de cerámica tradicionales se fabricaban con la forma de una olla, como se muestra en la sección 7.1.4.

El diseño original de los filtros cerámicos de vela de Caminos de Agua fue realizado por el Dr. Robert Márquez, especialista en suelos, arcilla e ingeniería. La forma de la vela es más fuerte y más compacta que los filtros en forma de olla. Las paredes de este filtro son 40% más gruesas que un filtro cerámico promedio (1.85 cm versus 1.3 cm), lo que da un factor de seguridad de 1.4.

Los filtros se pueden fabricar a partir de materiales locales con un molde simple que está disponible en todo el mundo sin ningún equipo mecánico especializado. Los filtros están hechos de una mezcla de arcilla y aserrín. El aserrín se quema cuando el filtro se cuece en un horno, resultando un filtro de cerámico poroso. El tamaño del aserrín

determina la porosidad del filtro. Los poros deben ser lo suficientemente pequeños como para atrapar bacterias grandes, entre 0.6 y 3.0 micrones. Para asegurarnos de que ningún patógeno biológico pasa a través del filtro para dañar a los humanos, también impregnamos la estructura con un agente antibacteriano: plata coloidal. Caminos de Agua recomienda cambiar el filtro después de tres a cinco años de uso regular a medida que la arcilla se va degradando con el tiempo o si se ve algún agrietamiento. Los filtros se instalan en recipientes de plástico reciclables con silicón de grado alimentario. El recipiente se coloca sobre una base de plástico o cerámica que puede contener de nueve a doce litros de agua tratada de manera segura para beber.



**Figura 7.1.** Filtro cerámico de agua de Caminos de Agua con base de cerámica para el almacenamiento seguro del agua.

Caminos de Agua ha pasado años probando la ciencia detrás de los filtros y su eficacia en laboratorios independientes, universidades y agencias gubernamentales.

**Capacidad:** Estos filtros cerámicos de agua de pueden filtrar entre dos y ocho litros por hora. En un hogar promedio se filtran alrededor de 24 litros por día. Más de tres años de vida, estos filtros eliminarán bacterias, virus, protozoarios, helmintos, otros patógenos biológicos y toda la turbidez de más de 26,000 litros de

agua potable. Los filtros alcanzan y superan los estándares de calidad de agua apta para beber de México, EE. UU. e internacionales.

**Valor:** El costo promedio de comprar agua es de aproximadamente \$ 30 MXN por un garrafón de 20 litros o \$ 1.5 pesos por litro aproximadamente. Por el contrario, un filtro cerámico puede proporcionar 24 litros de agua para beber por día durante tres años para un coste inicial de \$ 525 MXN. Si suponemos que solo obtienes 20 litros del filtro cada día, se vuelve más barato que comprar agua embotellada una vez que la hayas usado por tres semanas. Duran de tres a cinco años. Eso es de 35 a 59 meses de agua gratis segura y saludable para beber.

**Nota:** Estos filtros cerámicos de vela, al igual que los otros filtros de esta sección, SOLO quitan patógenos biológicos y turbidez. NO eliminan contaminantes químicos (pesticidas, herbicidas), minerales (fluoruro, magnesio), metales (arsénico, plomo, mercurio) o sólidos disueltos (sal, cloro). ¡Si tienes altos niveles peligrosos de contaminantes como estos en tu agua, recomendamos encarecidamente captar agua de lluvia! Si tienes niveles peligrosos de estos contaminantes en tu agua de lluvia, consulta la sección 7.3 sobre ósmosis inversa.

INSTITUCIÓN	DETERMINACIÓN	ANTES DE FILTRAR	CRITERIO DE ACEPTACIÓN	RESULTADOS DESPUÉS DE FILTRO	LOGRÓ?
CONAGUA (Comisión Nacional de Aguas)	Coliformes Totales	46,000.00 NMP/100mL	Reducción ≥ 99.99%	Ausencia o no detectables	√+
	Coliformes Fecales	24,000.00 NMP/100mL	Reducción ≥ 99.99%	Ausencia o no detectables	√+
	Turbiedad	28 UTN	5 UTN	1 UTN	√+
Comisión Estatal de Aguas de Querétaro	E.Coli	120,000 UFC/100mL	Reducción ≥ 99.99%	100.00% Remoción	√+
	Coliformes Fecales Totales	120,000 UFC/100mL	Reducción ≥ 99.99%	100.00% Remoción	√+
	Organismos Mesófilos Aerobios	32,467 UFC/mL	Reducción ≥ 95.00%	99.98% Remoción (8 UFC/mL)	√+
	Turbiedad	615 UNT	5.0 UNT	1.0 UNT	√+
	Color	1,500 Pt/Co	20.0 Pt/Co	2.5 Pt/Co	√+
University College of London	E.Coli	3,110,000.00 UFC/100mL	Reducción ≥ 99.99%	99.9999% Remoción (2 UFC/100mL)	√+
EcoLaboratorios, S.A. de C.V. Investigación Ambiental	Coliformes Fecales Totales	> 1,100.00 NMP/100mL	Ausencia o no detectables	Ausencia o no detectables	√+
	Turbiedad	483 UNT	5.0 UNT	0.71 UNT	√+
Columbia University Department of Engineering	E.Coli	131.4 NMP/100mL	<1.0 NMP/100mL	<1.0 NMP/100mL	√+

**Tabla 7.1.** Resultados de las pruebas en el filtro cerámico de vela para agua de Caminos de Agua por varias agencias gubernamentales e instituciones privadas.

## 7.2 Almacenamiento seguro de agua

Una vez que trates tu agua de lluvia contra contaminantes biológicos, es crucial usar alguna forma de almacenamiento de agua segura para garantizar que tú y tu familia o comunidad tengan agua segura para beber.

El agua tratada a menudo se recontamina a través del contacto con las manos o utensilios sucios, como tazas y cucharones. La Figura 7.2 muestra algunos métodos baratos y de pequeña escala de almacenamiento seguro de agua para un hogar. A continuación, se presentan algunas características básicas que todo contenedor de almacenamiento de agua segura debe compartir:

### **1. *Estar tapada***

Cualquier recipiente de almacenamiento de agua segura debe estar cubierto para evitar que caigan cosas en él. Después de tratar el agua por patógenos biológicos, hojas, polvo, heces de pájaros, arañas, moscas, etc. se podría recontaminar el agua con bacterias. Tu almacenamiento debe estar cubierto lo mejor posible, es mejor usar una tapa que se ajuste bien. En un apuro, puedes usar un plato, una olla limpia o una toalla para cubrir el recipiente de almacenamiento de agua.

### **2. *Agua fácil de servir***

Para evitar la recontaminación, debería ser fácil servirse agua del contenedor de almacenamiento sin tocar ninguna de las aberturas o el agua que queda dentro. Puedes usar un diseño de jarra que vierta fácilmente o, como recomendamos, un recipiente con una válvula cerca del fondo. Asegúrate de que cuando las personas eliminan el agua, no toquen el agua que permanecerá en el contenedor con sus manos o cualquier utensilio.

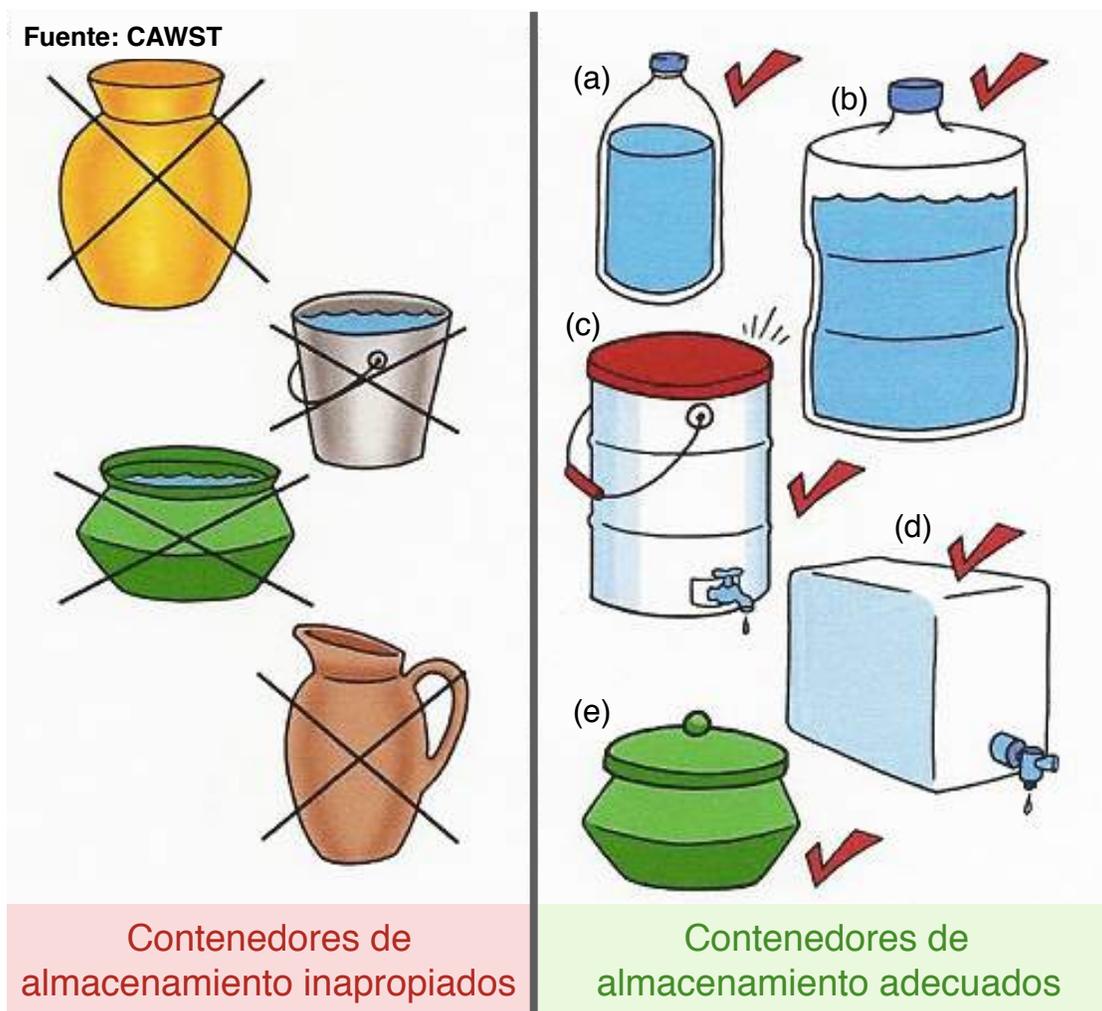
*Si necesitas sumergir:* si no puede verter o usar una válvula o grifo, puedes sumergir un utensilio en tu contenedor de almacenamiento. Siempre usa una taza o recipiente limpio para servir. Es más seguro tener un cucharón permanente del que nadie bebe nunca. Recomendamos fuertemente cuando sea posible no sumergir nada.

### **3. *Fácil de limpiar***

El contenedor de almacenamiento debe ser fácil de limpiar en caso de que comience a crecer algas o mal olor. Por lo general, algún enjuague unas cuantas veces con agua limpia funcionarán, pero ocasionalmente deberías frotarlo con un cepillo o usar un agente antibacteriano como cloro. Amplias aberturas y formas simples como un cilindro, urna o cubeta facilitan la limpieza.

### **4. *Opaco o sombreado***

Para evitar el crecimiento de algas, tu contenedor debe ser opaco (no dejar que atravesase la luz del sol) o se mantiene a la sombra o en el interior. Siempre mantén los contenedores de plástico fuera del sol, pues se degradan con radiación UV.



**Figura 7.2** — Contenedores de almacenamiento de agua inapropiados (a la izquierda) y seguros (a la derecha). Todos los contenedores en el lado derecho están cubiertos y son fáciles de verter o tienen una llave accesible. Los contenedores (a) y (b) son seguros, pero pueden ser difíciles de limpiar debido a su pequeña boca y deben mantenerse a la sombra. El contenedor (d) puede ser difícil de llenar. El contenedor (e) es seguro con un utensilio de inmersión, pero puede ser difícil de manejar. Recomendamos usar un contenedor similar al contenedor (c). El ancho de la boca facilita el llenado y la limpieza, mientras que su tapa la protege de los contaminantes transportados por el aire. El grifo en la parte inferior es accesible e impide que el usuario contamine el agua almacenada.

## 7.3 Métodos de tratamiento patentado y de mayor costo

Hay demasiados métodos de filtración diferentes para mencionarlos a todos en esta sección. Ten en cuenta que la gran mayoría de los métodos de filtración eliminará sedimentos, turbidez y contaminantes biológicos, nada más. Hay algunos filtros más especializados que eliminan contaminantes específicos, como un filtro de carbón activado que elimina el rastro de pesticidas y herbicidas. Debemos enfatizar: si un sistema de filtración costoso no establece específicamente lo que elimina, **NO ASUMAS QUE TU AGUA ES SEGURA**. Ve los detalles y las especificaciones del filtro en línea y trata de encontrar estudios de terceros sobre la eficacia del filtro.

Los únicos métodos que eliminan casi todos los contaminantes a un nivel seguro y saludable son la **destilación** (sección 7.2.7) y la **ósmosis inversa**. Como se explicó en la sección anterior, la destilación consume mucha energía y a menudo es costosa, pero produce el agua más pura de cualquier método de tratamiento. (Este es el mismo proceso que vemos con el agua de lluvia: en la Tierra, la lluvia se forma a partir de agua superficial utilizando la misma técnica de destilación, lo que hace que el agua de lluvia sea una de las aguas más seguras y saludables disponibles, si se capta, trata y almacena correctamente.) La ósmosis inversa (RO, por sus siglas en inglés) usa presión para empujar el agua a través de una membrana con poros miniatura, dejando la mayoría de los contaminantes detrás, ¡incluidos aquellos tan pequeños como la sal marina! Los sistemas RO pueden ser costosos, necesitan electricidad constante y requieren un reemplazo regular de la membrana. Si no puedes capturar el agua de lluvia, un sistema de RO es un método decente, aunque menos sustentable desde el punto de vista medioambiental, para proporcionar agua segura y saludable a partir de aguas superficiales o subterráneas ampliamente contaminadas, ya que elimina casi todos los contaminantes. Si tiene muchos metales, minerales o contaminantes orgánicos en su agua, RO es un método seguro de filtración.

Otros métodos de tratamiento de agua más costosos y específicos incluyen, en ningún orden en particular: desinfección ultravioleta (UV), dosificación de yodo, ultrafiltración, tabletas de cloro patentadas, carbones activados granulares o en polvo (GAC y PAC) y remineralizaciones, entre otras muchas técnicas de tratamiento de agua. Una vez más, debemos enfatizar: *hay que conocer los hechos. Investiga qué contaminantes hay en tu agua, si son peligrosos o no para tu salud al consumirse en los niveles actuales, y si tu sistema de tratamiento los elimina efectivamente.*

## 7.4 Conexión de tu sistema de agua de lluvia al tratamiento y almacenamiento

Hay infinitas formas de conectar tu cisterna de agua de lluvia a la etapa de darle un tratamiento biológico y ponerla en un contenedor de almacenamiento; el límite está únicamente en tu creatividad en plomería. Esta sección describe algunos de los métodos que comúnmente vemos en el centro de México, pero no es una lista exhaustiva.

Una opción es no conectar tu cisterna al tratamiento. Cuando Caminos de Agua trabaja en sistemas de agua de lluvia, nuestros filtros cerámicos de agua están incluidos y se componen de una base cerámica o plástica fija para un almacenamiento seguro (consulta la figura 7.1 y el diagrama de la sección 2.1). Los usuarios llevan el agua de sus cisternas que están afuera para llenar sus filtros cerámicos. El agua gotea lentamente a través del filtro y llena la base. Otra opción común es instalar tuberías de cobre o PVC conectando la cisterna a la casa con una llave para llenar el filtro. Esto requiere que tu cisterna esté ligeramente cuesta arriba desde la entrada, para aprovechar la gravedad. Esta es una excelente opción si capturas la lluvia en un lugar y luego haces correr el agua a muchos sitios cuesta abajo como, por ejemplo, aulas en el centro escolar o comunitario, donde cada habitación tiene un sistema de tratamiento.

Otra opción común es bombear el agua a una cisterna más pequeña en el techo, para distribuirla después por gravedad a través del edificio. Puedes hacerlo utilizando cualquier método de bombeo, incluidas bombas de mano, bombas de bicicleta o bombas eléctricas. Con el agua en el tanque de la azotea, puedes dirigirlo a diferentes lugares del edificio. Recuerda, sólo se debe filtrar el agua para beber y cocinar. No hay problema en bañarse, enjuagar el inodoro, regar el jardín o lavar la ropa con agua biológicamente activa, de modo que puedes llevar una tubería a un filtro de grado apto para beber en la cocina y pasar el resto del agua de la casa a un filtro de más baja tecnología, como puede ser una cama de arena.

Si tienes acceso regular a la electricidad, una opción común es conectar una bomba eléctrica a la cisterna para impulsar el agua a través de un primer paso de tratamiento (generalmente un sistema de sedimentación-carbón-UV) y luego a través del edificio. Dado que este método utiliza una bomba, no está limitado por la ubicación de la cisterna y puede canalizar el agua en cualquier lugar del edificio. Aquí, tu sistema de tuberías actúa como un almacenamiento seguro, así que asegúrate de utilizar tuberías de cobre o PVC que hayan sido certificadas como “aptas para agua potable”.

Hay muchas otras maneras de conectar un sistema de captación de agua de lluvia para un tratamiento biológico y un almacenamiento seguro. Cuando diseñes tu sistema completo, asegúrate de que puedas eliminar la posible contaminación al:

1. Evitar la contaminación biológica innecesaria del techo despejando el espacio (sección 2.3), dimensionando tu sistema de primer separador de manera apropiada (capítulo 5) y usando filtros de hojas (capítulo 5).
2. Implementar un paso de tratamiento biológico probado y efectivo (sección 7.2)
3. Usar un contenedor o sistema de almacenamiento seguro (sección 7.3)
4. Asegurarte de que no tenga fugas, espacios vacíos o puntos de contaminación donde los organismos biológicos podrían volver a ingresar al sistema.

Si has seguido los pasos anteriores, y si tu techo es seguro para captar el agua (véase la sección 1.2.2), ¡tienes una fuente de agua segura, saludable y sustentable para satisfacer tus necesidades de agua esenciales!

# Chapter 8. Mantenimiento

En los capítulos anteriores, aprendimos cómo construir una cisterna e instalar todos los componentes de un sistema efectivo de captación de agua de lluvia. Sin embargo, si a este sistema no se le da mantenimiento, puede degradarse, las bacterias pueden acumularse, los filtros pueden fallar, las tuberías pueden romperse y la calidad del agua disminuirá. En este capítulo, aprenderemos cómo mantener nuestro sistema a lo largo del tiempo.

Esta sección cubrirá el mantenimiento de:

- 8.1 El techo
- 8.2 Filtros de hojas
- 8.3 Canaletas y tuberías
- 8.4 Sistema de primer separador de aguas
- 8.5 Cisterna
- 8.6 Filtro cerámico de Caminos de Agua

## 8.1 El Techo

Barre y cepilla tu techo al menos una vez al año. Si usas el techo como terraza, límpialo más frecuentemente, recomendamos una vez al mes. Poda todos los árboles alrededor de tu techo para evitar la acumulación de escombros o cacas de pájaros. Evita en lo posible animales / mascotas en el techo.

## 8.2 Filtros de hojas

Checa una vez a la semana el colector de hojas durante la época de lluvias. Retira las hojas acumuladas una vez a la semana.

## 8.3 Canaletas y tuberías

Limpia las canaletas una vez al año. Checa las tuberías mensualmente. Asegúrate que todas las conexiones están en buenas condiciones y que no haya fugas en ninguna parte del sistema de tuberías.

## 8.4 Sistema de primer separador de aguas

Mantén abierto el primer separador de agua durante la primera lluvia de la temporada. Las primeras aguas no deberían entrar en tu cisterna. Para las siguientes lluvias cierra la llave. Es recomendable vaciar tu tambo del primer separador de agua después de cada lluvia. Después de cada temporada de lluvias, abre el sistema para que no se capte nada del agua que cae como primera lluvia.

## 8.5 Cisterna

Cubre todas las entradas y salidas de la cisterna con mallas para que no puedan entrar insectos ni animales. Justo antes de las primeras lluvias y una vez que el nivel de agua está por debajo del nivel de la llave, es el momento de limpiar el interior de la cisterna. Para ello, retira el tapón de 2" en la parte inferior de la cisterna para abrir la válvula de limpieza (retrolavado) de 2". Esto permitirá el vaciado del agua remanente en la cisterna. A continuación, entra en la cisterna por la puerta en el techo y limpia el interior de la cisterna con cloro. Coloca de nuevo el tapón de 2" en la válvula de limpieza y sállalo con cinta teflón. Asegúrate de apretar el tapón tanto como sea posible. Reconecta las tuberías a tu sistema de captación de agua de lluvia y prepárate para captar las lluvias de la nueva temporada.

## 8.6 Filtro cerámico de Caminos de Agua

Siempre que el filtro comience a verse descolorido, llena el garrafón al nivel del filtro con agua y frota el filtro suavemente con un cepillo de dientes viejo para eliminar cualquier crecimiento, sedimento o residuo. Agita y vacía esta agua.

Una vez al mes, limpia la base con un desinfectante suave. Recomendamos agua y jabón antibiótico para platos. Deja que se seque completamente antes de reanudar el uso.

Con los pasos de mantenimiento apropiados, tu sistema de captación de agua de lluvia continuará proporcionando agua segura y saludable para el consumo humano en los próximos años.

# Appendix A: Hojas de trabajo para diseño



## Diseño de un sistema de captación de agua de lluvia

### Información general

<b>Fecha:</b>		<b>Nombre de familia/representante:</b>			
<b>Telefono:</b>		<b>Correo:</b>			
<b>Estado:</b>	Guanajuato	<b>Otro:</b>			
<b>Nombre de comunidad/localidad:</b>					
<b>Coordenadas de GPS:</b>					
<b>Municipio:</b>	San Miguel de Allende	Dolores Hidalgo	San Luis de la Paz	San Diego de la Unión	San José Iturbide
	San Felipe	<b>Otro:</b>			

### Información del consumo

<b>Tipo de edificio:</b>	Casa	Negocio	Kinder	Primaria	Secundaria
	Prepa	<b>Otro:</b>			
<b>Numero de usuarios:</b>					
<b>Tipo de consumo</b> (Litros/usuario/año o L/u/a):	Casa 1,825 L/u/a		Negocio 730 L/u/a		Kinder 183 L/u/a
	Primaria - Secundaria 365 L/u/a		Prepa 730 L/u/a		Otro _____ L/u/a
<b>Consumo anual:</b> _____ x _____ = _____ # de usuarios L/u/a Litros total por año					

### Superficie de captación y tuberías

<b>Area de superficie(s) de captación:</b>	<b>Techo #1</b>	Largo: _____ m	Ancho: _____ m	Area: _____ m <sup>2</sup>
	<b>Techo #2</b>	Largo: _____ m	Ancho: _____ m	Area: _____ m <sup>2</sup>
	<b>Techo #3</b>	Largo: _____ m	Ancho: _____ m	Area: _____ m <sup>2</sup>
<b>Superficie total de captación (la suma de los totales arriba):</b>				Area: _____ m <sup>2</sup>
<b>Tubería y canaletas de PVC (pulgadas):</b>	2" (para superficies de captación de 0 - 50 m <sup>2</sup> )	3" (para superficies de captación de 51 - 120 m <sup>2</sup> )	4" (para superficies de captación de 121 - 200 m <sup>2</sup> )	

## Sistema del primer separador

<b>Factor de limpieza:</b>	0.4 <i>(mínimo)</i>	0.5 <i>(normal)</i>	2.0 <i>(extremo)</i>	<i>Otro:</i>	
<b>Cantidad de litros a separar para el primer separador:</b>	$\frac{\text{Area del superficie de captación total m}^2}{\text{Factor de limpieza}} = \text{Cantidad de litros a separar}$				
<b>Primer separador de PVC:</b>	<b>Diametro de PVC</b>	2"	3"	4"	6"
	<b>Capacidad (litros/metro)</b>	2.4	5.4	8.9	18.2
<b>Tamaño de primer separador de PVC:</b>	$\frac{\text{Cantidad de litros a separar}}{\text{Capacidad de PVC l(litros/metro)}} = \text{Tamaño de separador en metros}$				

## Volumen máximo de captación anual

<b>Lluvia anual promedio:</b>	San Miguel de Allende	Dolores Hidalgo	San Luis de la Paz	San Diego de la Unión	Otro
	565mm	463mm	367mm	421mm	
<b>Factor de eficiencia:</b>	Techo de Concreto	Techo de Lámina	Teja	Otros	Otro (tu decides)
	0.85	0.8	0.8	0.75	
<b>Volumen max de captación:</b>	$\text{Lluvia anual (mm)} \times \text{Area de superficie total (m}^2\text{)} \times \text{Factor de eficiencia} = \text{Volumen máximo de captación anual (litros)}$				



Diseño de un sistema de captación de agua de lluvia

Croquis



**Caminos de Agua**  
[www.caminosdeagua.org](http://www.caminosdeagua.org)