



## MANUAL DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL PARA EL RIEGO DE JARDINES

SONOMA-MARIN SAVING WATER PARTNERSHIP



**Esta página se dejó en blanco intencionalmente.**  
This page intentionally left blank.

# **INTRODUCCIÓN y RECONOCIMIENTOS**





## SONOMA-MARIN SAVING WATER PARTNERSHIP (ASOCIACIÓN PARA EL AHORRO DE AGUA DE SONOMA-MARIN)

El entrenamiento para Jardineros Calificados en el Uso Eficiente del Agua ofrece una estrategia económica y dinámica para reducir las demandas locales del agua. QWEL provee el conocimiento sobre las prácticas de jardinería ecológica y eficiente en el uso del agua, incluyendo la administración del agua y la conservación de recursos valiosos.

### JARDINERO CALIFICADO EN EL USO EFICIENTE DEL AGUA: PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO EN LA CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL

#### DECLARACIÓN DE OBJETIVO:

El entrenamiento en la captación de agua pluvial QWEL proveen a los jardineros profesionales con 16 horas de educación en el diseño y la construcción de sistemas básicos de captación de agua de lluvia. Para completar el programa de entrenamiento, debe pasar el examen con al menos un 75 % y participar en instrucción en el campo. Este programa ofrece entrenamiento para el diseño y la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia solo para uso exterior, no potable. Aunque el uso de agua de lluvia para fines interiores es legal en California, requiere un nivel más alto de planificación, permisos y diseño que el uso de riego no potable en el exterior. Se recomienda a los propietarios interesados en construir sistemas de agua potable, ya sean de interior o más complejos, que consulten con un profesional del diseño calificado o con un contratista con experiencia en el tratamiento del agua.

Los temas que cubre el entrenamiento en la captación de agua de lluvia QWEL incluyen:

1. Introducción a la captación de agua pluvial
2. Códigos, permisos, y acreditaciones
3. Planificación del sistema
4. Sistema de llenar
5. Almacenamiento de agua
6. Sistema de distribución
7. Mantenimiento del sistema

## CONDICIONES DE USO

El programa QWEL proporciona materiales educativos diseñados para facilitar un mejor entendimiento sobre la administración del agua para la industria de la jardinería. No se puede modificar el plan de estudios y el contenido del programa QWEL sin la aprobación por escrito de la Junta Directiva del programa QWEL.

Con tan solo terminar el programa QWEL de captación de agua pluvial no se consigue la certificación como profesional QWEL. El entrenamiento en la captación de agua pluvial QWEL proveen conceptos introductorios sobre el diseño y la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia pensados para complementar las prácticas de la administración sostenible del agua del entrenamiento para la certificación profesional del programa QWEL. Este manual de entrenamiento se lo escribió y desarrolló para los condados de Sonoma y Marin e incluye ejemplos específicos de reglamentos locales, datos de y otra información que puede no servir para proyectos en otras áreas. Se debe tener en cuenta cualquier diferencia en los reglamentos locales o de otros estados o en los parámetros meteorológicos en el diseño de los sistemas de captación de agua de lluvia. Si se termina el curso de entrenamiento sobre la captación de agua pluvial QWEL y se cumple con los conceptos aquí expuestos, los jardineros profesionales u otros profesionales del diseño podrán instalar con confianza sistemas básicos de captación de agua de lluvia para sus clientes. Este entrenamiento se ofrece con la intención limitada de iniciar a los jardineros profesionales en la práctica del diseño y la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia no potable para el riego. Aunque se introducen algunos conceptos avanzados, es posible que se necesite experiencia en la instalación y formación continua para ampliar la prestación de servicios e incluir sistemas más grandes y complejos. Para más información sobre QWEL, visite el sitio web de QWEL<sup>1</sup> o contacte al director del Programa QWEL.

Los materiales y el logo del programa QWEL están protegidos por derechos de autor y no se pueden usar sin el consentimiento expreso por escrito de la junta directiva del programa QWEL. Al participar en el programa QWEL o usar el plan de estudios QWEL, el participante o usuario, lo que incluye a cualquier solicitante u Organización Profesional Certificadora Adoptante (PCO, por sus siglas en inglés), acepta en nombre propio y de su organización seguir y adherirse a las Normas y Procedimientos del programa QWEL, y eximir a la Asociación para el ahorro de agua de Sonoma-Marin y a la Agencia del Agua del condado de Sonoma de toda responsabilidad ante cualquier reclamo, pérdida o daño a cualquier propiedad, real o personal, responsabilidades y costos, lo que incluye a los honorarios de abogados, como resultado de la participación en el programa de formación QWEL.

©2008, 2012, 2018, 2022, 2024 Sonoma-Marin Saving Water Partnership

Programa QWEL  
Agencia del Agua del condado de Sonoma  
404 Aviation Blvd., Santa Rosa, CA 95403  
[www.QWEL.net](http://www.QWEL.net)

## JUNTA DIRECTIVA DE QWEL

Megan Allison, Copresidenta

Paul Piazza, Copresidente

Peter Estournes, Miembro General

Carrie Pollard, Miembro General

Chris McNairy, Miembro General

Juan Garcia, Miembro General

---

<sup>1</sup> <https://www.qwel.net/>

# RECONOCIMIENTOS PARA EL QWEL: PROGRAMA DE FORMACIÓN EN LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

## COLABORADORES

### **Gerentes de proyecto**

Noelle Johnson, Gold Ridge Resource Conservation District [Distrito de Conservación de Recursos de Gold Ridge], CA

Lauren Lum, Sonoma Water [Agencia del Agua de Sonoma], CA

### **Contribuyentes a esta traducción al Español:**

Kern Global Language Services, Traductora Principal

Mauricio Rivera, Revisión

Juan-Carlos Solis, Revisión

Christopher Reamer, Revisión

Cynthia de la Fuente, Revisión

### **Autores**

Jessica Pollitz, P.E., Sonoma Resource Conservation District  
[Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma], CA

Sebastian Bertsch, Sherwood Design Engineers, CA

### **Revisores y colaboradores**

John Green, Gold Ridge Resource Conservation District  
[Distrito de Conservación de Recursos de Gold Ridge], CA

Erica Mikesh, P.E., consultora, CA

Paul Piazza, Sonoma Water [Agencia del Agua de Sonoma], CA

Kris Loomis, Sonoma Water [Agencia del Agua de Sonoma], CA

Brianna Schaefer, Daily Acts, CA

Tennis Wick, Permit Sonoma [Condado de Sonoma Departamento de Permisos y Gestión de Recursos], CA

Brian Keefer, Permit Sonoma [Condado de Sonoma Departamento de Permisos y Gestión de Recursos], CA

Mauricio Rivera, Sherwood Design Engineers, CA

James Johnson, Permit Sonoma [Condado de Sonoma Departamento de Permisos y Gestión de Recursos], CA (jubilado)

Rob Scates, Ciudad de Healdsburg, CA

Tony Llamas, Ciudad de Santa Rosa, CA

Gregory Plumb, Marin Water [Agencia del Agua de Marin], CA

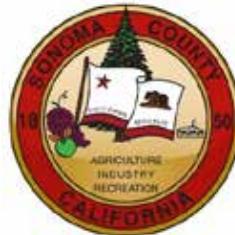
Carrie Pollard, Marin Water [Agencia del Agua de Marin], CA

## Imágenes y datos

Acer Water Tanks, American Tank Company, Aqua-lity.co.uk, Ausdrain Stormwater Solutions, BlueBarrel LLC, Bunnings, California Irrigation Management Information Systems, California Plumbing Code, City of Bellingham, City of Santa Rosa, Daily Acts Organization, Garner Roofing, GRAF, Gold Ridge Resource Conservation District, Harmony Farm Supply, ITT Inc, Metal Sales Manufacturing Corporation, Permaculture Artisans, Pioneer Water Tanks America Corporation, Plastic Water Tanks, Plumbing World Ltd., Rainwater Harvesting Systems Ltd, Rainwater Harvest Systems LLC, Sebastian Bertsch, Sherwood Design Engineers, Sonoma-Marin Saving Water Partnership, Sonoma Resource Conservation District, Sonoma Water, Smartsign.com, Storm Master, Texas A&M University, United States Plastic Corporation, West Hardware Co, y Zoro Tools LLC

## Reconocimientos

La financiación de este proyecto se logró en parte con la Ley de Mejora de la calidad, el suministro y la infraestructura del agua de 2014, a través de un acuerdo con el Departamento Estatal de Recursos Hídricos, y a través del Fondo de Resiliencia Climática del Condado de Sonoma.



## ÍNDICE

Sección 1: Introducción a la captación de agua.....	1-1
Sección 2: Códigos, permisos, y acreditaciones.....	2-1
Sección 3: Planificación del sistema .....	3-1
Sección 4: Sistema de llenar.....	4-1
Sección 5: Almacenamiento de agua .....	5-1
Sección 6: Sistema de distribución.....	6-1
Sección 7: Mantenimiento del sistema .....	7-1
Anexo A: Sistema de Información para la Administración de Sistemas de Riego en California .....	A-1
Anexo B: Cálculo del presupuesto para demanda de agua para el riego.....	B-1
Anexo C: Determinación de Tamaño de canaletas y bajantes.....	C-1
Anexo D: Determinación de Tamaño de tubería de conducción horizontal .....	D-1
Anexo E: Determinación de Tamaño de bombas y líneas de distribución.....	E-1
Anexo F: Control y pruebas de las conexiones cruzadas.....	F-1
Anexo G: Lista de comprobación del mantenimiento anual .....	G-1
Anexo H: Fórmulas útiles .....	H-1



Sección 1:

# Introducción a la captación de agua pluvial

## SECCIÓN 1: INTRODUCCIÓN A LA CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL

El agua es un recurso precioso en California. El agua de lluvia se puede recolectar, almacenar y usar como fuente alternativa de agua, lo que ayuda a compensar la demanda de los sistemas hídricos existentes, como los pozos y el agua municipal. Los sistemas de captación de agua de lluvia ofrecen múltiples usos adicionales, como reducir la escorrentía y la erosión, almacenar un fuente de agua de emergencia en el lugar o suministrar agua a lugares remotos. Los sistemas de rebose de agua de lluvia benefician la recarga del agua subterránea y la gestión del agua de lluvia. El objetivo del entrenamiento es introducir a los jardineros y a otros profesionales de los sistemas de agua en los aspectos básicos del diseño y la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia para el riego.

### Objetivos de Aprendizaje

1. Comprender las definiciones de los términos técnicos relacionados con la captación de agua pluvial.
2. Entender qué es el agua pluvial y para qué se usa.
3. Comprender los componentes básicos de un sistema de captación de agua pluvial.
4. Comprender los tres tipos de sistemas de captación de agua pluvial: húmedos, secos y de transporte de agua.

## DEFINICIONES

- **Potencial de captación:** es el volumen de agua de lluvia que se podría recolectar de la superficie de un determinado techo.
- **Superficie de captación:** es la superficie del techo sobre la que cae el agua de lluvia en que será recolectada.
- **Tubería de distribución:** es la tubería que transporta el agua desde el tanque o tanques hasta el punto de uso (por ejemplo, el jardín).
- **Tubería de llenar o tubería de conducción horizontal:** es la tubería que transporta el agua del techo al tanque.
- **Cimientos:** es la superficie estable sobre la que se coloca el tanque.
- **Agua no potable:** es agua que no cumple las normas federales y estatales de tratamiento para el consumo humano, pero que se puede usar con seguridad para las cisternas de los inodoros, el lavado de ropa, el riego y los procesos industriales.
- **Tubería de rebose:** es la tubería que transporta el exceso de agua fuera del tanque.
- **Agua potable:** es el agua destinada específicamente al consumo humano y se trata hasta niveles que cumplen las normas estatales y federales para el consumo humano (para beber, ducharse, lavarse las manos, cocinar).
- **Agua pluvial:** es el agua que cae en forma de lluvia sobre un techo. El agua pluvial suele ser más limpia que el agua de escorrentía, por lo tanto, sus requisitos de tratamiento para la captación, el almacenamiento y la reutilización son menos estrictos.
- **Captación de agua pluvial:** se define como la captación, transporte y almacenamiento de agua de lluvia de los techos de las estructuras (es decir, edificios, cobertizos, tanques de agua).
- **Agua de escorrentía:** es la que cae en forma de lluvia sobre el suelo (estacionamientos, entradas de vehículos, espacios parquizados, etc.). La captación y reutilización de agua de escorrentía capturada se considera diferente del agua pluvial y requiere una cantidad significativa de tratamiento para cumplir las normas de calidad del agua más estrictas exigidas por el Código de Plomería de California (CPC, por sus siglas en inglés) (CPC 2022, artículos 1603.4.1 y 1506.0)<sup>1</sup> y no se tratará en esta formación.
- **Volumen de uso objetivo:** es la cantidad deseada de agua que se usará para regar un espacio ajardinado específico (o potencialmente todo el espacio ajardinado).

## USOS DEL AGUA PLUVIAL

El agua pluvial se puede almacenar y usar para muchos fines debido a su alta calidad en comparación con el agua de escorrentía. El agua pluvial no potable se puede usar tanto en el exterior como en el interior, de acuerdo con el tratamiento y los permisos adecuados. La captación de agua de lluvia para usos no potables tiene diferentes requisitos y recomendaciones de tratamiento en función del tipo de uso, tal como se indica en el capítulo 16 del CPC de 2022.

- El riego es el uso más común del agua de lluvia almacenada. Los requisitos de tratamiento difieren dependiendo del método de riego usado (goteo o aspersión) y se tratarán en la [Sección 2: Códigos, permisos, y acreditaciones](#).

---

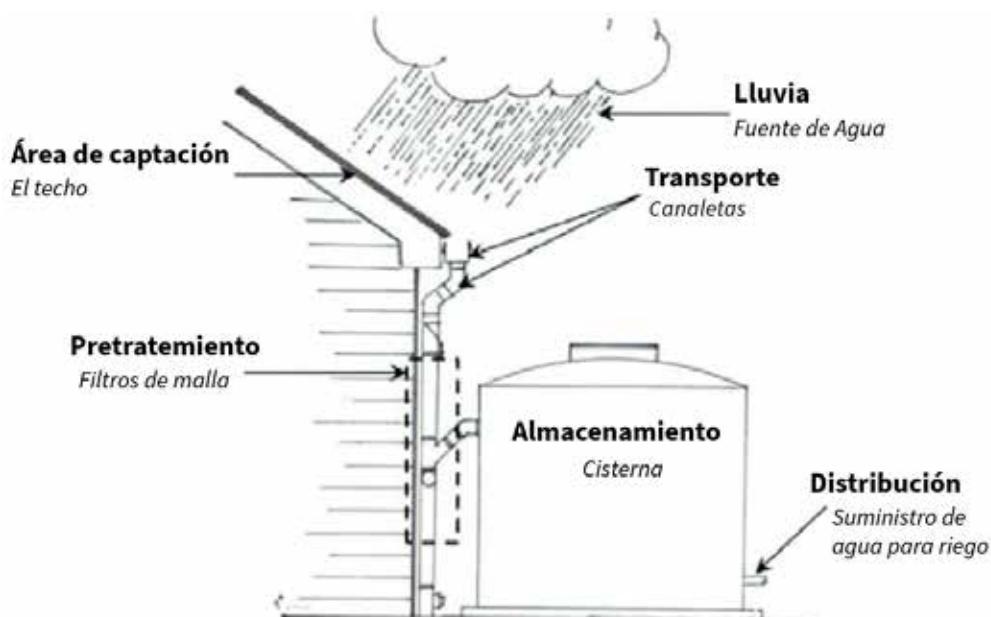
<sup>1</sup> El Código de Plomería de California se actualiza regularmente cada tres años; consulte el código vigente para ver las referencias de las tablas actualizadas.

- La protección contra incendios es otro uso no potable beneficioso del agua de lluvia. Los tanques más grandes (de 1,000 galones o más) suelen estar equipados con una conexión para mangueras de incendios, de modo que los bomberos puedan conectar una manguera y bombeo el agua para usarla en caso de emergencia. Algunos propietarios reservan una parte del agua almacenada en su tanque para la protección contra incendios. El Código de Incendios del Condado de Sonoma requiere un mínimo de 2,500 galones de agua dedicada a la protección contra incendios para las nuevas construcciones en propiedades rurales, que el sistema de captación de agua de lluvia puede proporcionar, pero solo si el volumen requerido está siempre disponible en el tanque (nunca se usa para el riego).
- Descarga de inodoros/lavandería en interiores. Este módulo no cubre los usos no potables del agua de lluvia en interiores, como las cisternas de inodoros, la lavandería, las torres de refrigeración y algunas aguas de proceso. El uso del agua de lluvia no potable para estos fines requiere plomería de doble servicio y normas más estrictas de tratamiento del agua.

## CONSIDERACIONES SOBRE LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

- Es posible que los sistemas de recolección del agua de lluvia no sean la forma más rentable de suministrar agua de riego. Incluso con tarifas de agua elevadas, es posible que el costo de capturar, almacenar y usar el agua de lluvia en lugar de comprar agua municipal no se compense económicamente durante la vida útil del sistema. Sin embargo, si se debe transportar el agua de riego en camión, la captación de agua de lluvia puede ser una alternativa más rentable si se evalúa el costo a lo largo de la vida útil del sistema. Si el objetivo principal del cliente es ahorrar dinero, es probable que las medidas de conservación y eficiencia resulten más rentables, como la mejora de la eficiencia de la fontanería interior y de riego, el rediseño del jardín u otros métodos.
- La captación de agua de lluvia es una forma de frenar el agua de escorrentía en zonas urbanizadas, que antes no se habría infiltrado en el suelo.
- Los sistemas de agua de lluvia se pueden usar como fuente de agua alternativa durante la estación seca para las propiedades que dependen de los arroyos o de los pozos cercanos a los arroyos para su abastecimiento de agua. Esto ayuda a reducir el impacto en los arroyos durante los meses de verano, proporcionando beneficios a los sistemas naturales que dependen del caudal de los arroyos.

Figura 1-1: Componentes típicos del sistema de llenar de línea seca



# COMPONENTES BÁSICOS DEL SISTEMA

Los componentes básicos de un sistema de captación de agua de lluvia son el sistema de llenar (del techo a los tanques), el sistema de almacenamiento (tanques y rebose) y el sistema de distribución (bombas, tratamiento y tuberías de servicio).

- El sistema de llenar suele constar de un área de captación en el techo, una canaleta de transporte y un bajante, un sistema de pretratamiento de deflector de hojas y descarga de primeras aguas, y tuberías de conducción que llevan el agua de lluvia desde el techo hasta el tanque (figura 1-1).
  - » Existen tres tipos de sistemas de llenar de los depósitos de captación de agua de lluvia (figura 1-2):
    - Sistemas de línea seca, en los que el almacenamiento está situado junto a la superficie de captación y el agua se transporta directamente desde el bajante hasta el tanque sin tuberías subterráneas. En estos sistemas, la tubería de conducción solo contiene agua cuando llueve y está seca cuando no llueve (figura 1-3).
    - Sistemas de línea húmeda, en los que la tubería de conducción pasa bajo tierra desde los bajantes hasta el tanque, y luego se eleva desde el suelo hasta la entrada del tanque. En estos sistemas siempre hay agua en la tubería (está húmeda todo el tiempo). En los sistemas de líneas húmedas, toda la tubería de conducción debe estar sellada, y la entrada del tanque debe estar por debajo de la elevación del deflector de hojas, de modo que cuando el agua entre en la tubería de conducción, escurra hacia el tanque en lugar de desbordarse por el deflector de hojas (Figura 1-4). Esto se detallará en la [Sección 4: Sistema de llenar](#).

Figura 1-2: Tipos comunes de conducción (Fuente: Sherwood Design Engineers)

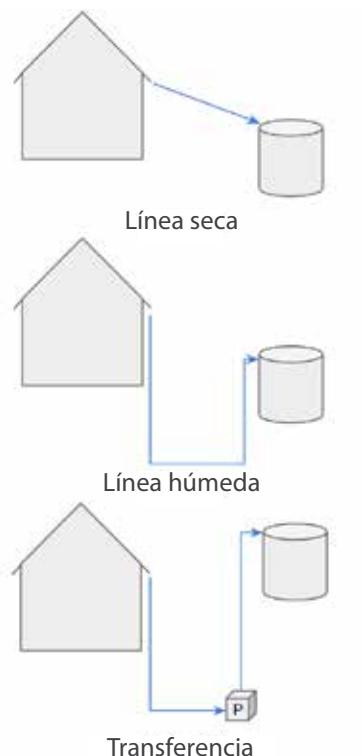


Figura 1-3: Conducción típica en línea seca (Fuente: Harmony Farm Supply)

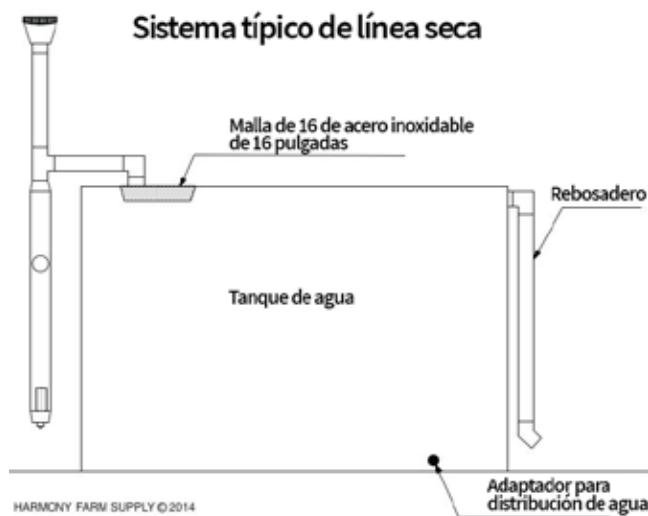
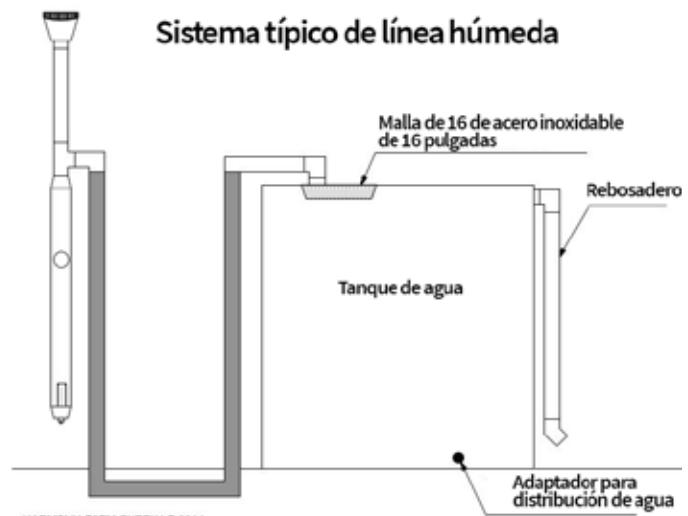


Figura 1-4: Conducción húmeda, tenga en cuenta la sección gris de la tubería "húmeda" (Fuente: Harmony Farm Supply)



*Figura 1-5: Sistema de bidones de 55 galones de la marca BlueBarrel (Fuente: Daily Acts)*



*Figura 1-6: Tanques Slimline de HDPE con conducción por vía seca (Fuente: Daily Acts)*



*Figura 1-7: Tanques de HDPE de 5,000 galones con conducción por línea húmeda (Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Gold Ridge)*



*Figura 1-8: Tanque por debajo del nivel del suelo con conducción por línea seca (Fuente: Sebastian Bertsch)*



- Sistemas de bomba de transferencia, en los que se bombea el agua hasta los tanques de almacenamiento. Estos sistemas son más complejos, costosos y propensos a fallas, pero pueden ser necesarios cuando no hay lugares donde almacenar el agua a una altura inferior a la de la canaleta. No se estudian en este entrenamiento.
- El sistema de almacenamiento está formado por un contenedor sellado que se usa para almacenar el agua de lluvia. Estos recipientes suelen ser tanques, pero también pueden ser barriles, cisternas subterráneas u otros recipientes sellados.
  - » Hay tanques de muchos materiales, tamaños y formas.
  - » Pueden ser de plástico de polietileno de alta densidad (HDPE) (Figura 1-5, Figura 1-6, Figura 1-7), de metal o de hormigón (Figura 1-8). Los tanques de plástico suelen ser menos caros, pero menos duraderos que los de metal u hormigón. Los tanques metálicos suelen ser de acero atornillado o remachado y pueden estar galvanizados o pintados.
  - » Los tamaños de los tanques pueden tener desde 50 galones a más de 100,000 galones. Los tanques de plástico suelen tener hasta 10,000 galones. Los tanques de metal suelen tener hasta 1,000 galones. Los tanques de hormigón pueden tener tamaños de hasta unos 5,000 galones o pueden moldearse en el lugar como tanques más grandes sobre el suelo o cisternas subterráneas.

*Figura 1-9: Tanque almohada (Fuente: Plumbingworld.co.nz)*



*Figura 1-10: Tanques en plataformas de grava (Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)*



*Figura 1-11: Tanque enterrado con galería de rebose (Fuente: Graf)*



Figura 1-12: Tanque enterrado (Fuente: Acer Water Tanks)



- » Los tanques pueden tener muchas formas, desde cilindros hasta cuadrados. Algunos son "almohadas" flexibles que se colocan en el suelo (Figura 1-9).
- » Los tanques de almacenamiento se deben asentar sobre un cimiento estable. El cimiento más común está hecho de 6 pulgadas de grava bien compactada (como una base de Agregado Clase II). La grava se contiene con un armazón de madera o metal, o con tierra compactada (Figura 1-10). Es posible que por problemas sísmicos o geotécnicos, se requiera que los tanques grandes se coloquen sobre losas de hormigón. Ocasionalmente, los tanques se colocan directamente sobre tierra que fue excavada, nivelada y compactada; sin embargo, no se lo recomienda en la mayoría de las situaciones. Los sistemas más pequeños, como los BlueBarrel, se pueden colocar sobre bloques de cemento o plataformas para elevar los tanques y facilitar el acceso a la canilla de desagüe.
- » Los tanques para almacenar el agua de lluvia también se pueden enterrar. Para ello, hay tanques especiales de plástico, fibra de vidrio, hormigón y metal (Figura 1-11 y Figura 1-12). Se pueden colocar otros sistemas de almacenamiento bajo tierra debajo de espacios verdes o de estacionamientos, y usan grandes tuberías o revestimientos de plástico llenos de un material de soporte para proporcionar volumen que retenga el agua (figura 1-13). Las opciones de almacenamiento sobre tierra son casi siempre menos costosas que los sistemas enterrados. Todos los sistemas enterrados están sujetos a un permiso de construcción, pueden requerir más ingeniería civil o geotécnica y suelen necesitar una bomba para acceder al agua para su uso.
- » Los tanques de más de 5,000 galones requieren permisos de construcción (consulte la Sección 2: Códigos, permisos y acreditaciones, más adelante).

Figura 1-13: Almacenamiento modular enterrado  
(Fuente: Ausdrain)



- » Los tanques de almacenamiento deben tener una tubería de rebose segura y eficaz para evitar derrames (Figura 1-14). La elevación de las tuberías se miden desde su “invertido”, que es la elevación de la superficie inferior, dentro de la tubería. El invertido de la tubería de rebose debe estar ligeramente más baja (~3 pulgadas) que el invertido de la tubería de llenado (Figura 1-15) y debe tener salida a un área que no cause inundación o erosión de los tanques o de la plataforma del tanque.
- » Por lo general, el rebosadero drena hacia donde la canaleta y el bajante existentes drenaban anteriormente. La tubería de rebose debe ser igual o mayor que el tamaño del tubo de llenar. La salida debe ser capaz de manejar con seguridad la escorrentía durante una tormenta. Se debe tener cuidado si se concentran varias superficies de techos en el tanque para garantizar que el sistema de desagüe existente pueda soportar el aumento de caudal. Es beneficioso incorporar sistemas para desacelerar, esparcir y hundir el agua de rebose de un tanque de agua de lluvia, como jardines de lluvia o biocanales de drenaje.
- » El sistema de distribución incluye tuberías de interconexión de tanques, válvulas, conexión de mangueras contra incendios, bomba (si es necesaria) y tuberías de distribución hasta el punto de conexión de riego (Figura 1-16).

*Figura 1-14: Tubería de rebose que llena el jardín de lluvia antes de la entrada de desagüe existente (Fuente: Daily Acts)*



*Figura 1-15: Elevaciones de la entrada del tanque y de la tubería de rebose (Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)*



*Figura 1-16: Sistema de bombeo típico de un sistema de 10,000 galones (Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)*



## NOTAS



Sección 2:

## Códigos, permisos, y acreditaciones

## SECCIÓN 2: CÓDIGOS, PERMISOS, Y ACREDITACIONES

### Objetivos de aprendizaje

1. Conocimiento de los códigos que regulan la captación de aguas pluviales.
2. Comprender cuándo se necesitan permisos de construcción u otros permisos.
3. Comprender quién está calificado para instalar un sistema de captación de agua pluvial.

## CÓDIGOS

- Antes de la aprobación de la Ley de Captación de agua de lluvia de California de 2012, los sistemas de captación de agua de lluvia requerían permisos [complejos de derechos de agua](#)<sup>1</sup>.
- Hoy en día, se permite recolectar el agua de lluvia desde los techos de las estructuras y almacenarse para su uso sin estar sujeta a la legislación sobre derechos de agua.
- Todas las construcciones de California, incluidos los sistemas de captación de agua de lluvia, deben cumplir con el Código de Construcción de California (California Building Code, CBC), que se encuentra en el Título 24, Parte 2 del Código de Reglamentos de California. El CBC establece los requisitos específicos de cimentación, sísmicos y estructurales que los diseñadores de sistemas de acero y hormigón deben tener en cuenta a la hora de diseñar tanques de más de 5,000 galones. La información más actualizada sobre el CBC se puede encontrar [en línea](#)<sup>2</sup>. En el momento de redactar este documento, el CBC actual se publicó en 2022 y entró en vigor en 2023.
- El diseño de los sistemas de captación de agua de lluvia en California está regulado por el Código de Fontanería de California (CPC), que se encuentra en el Título 24, Parte 5 del Código de Reglamentos de California. El CPC se basa en el lenguaje del modelo del Código Uniforme de Fontanería (Universal Plumbing Code, por sus siglas en inglés) desarrollado por la Asociación Internacional de Funcionarios de Fontanería y Mecánica (International Association of Plumbing and Mechanical Officials, por sus siglas en inglés), pero con enmiendas específicas de California y normas exclusivas añadidas. La información más actualizada sobre el CPC se puede encontrar [en línea](#)<sup>3</sup> y [el CPC de 2022 se puede encontrar en línea](#)<sup>4</sup>. Es posible que algunas jurisdicciones hayan modificado o añadido requisitos adicionales para los sistemas de agua de lluvia. Todas las referencias al CPC en este documento se refieren al CPC de 2022.
  - » Capítulo 16 del CPC (1601.0 - 1605.3.3) - Sistemas de Captación de agua de lluvia no potable, cubre los requerimientos básicos de un sistema de agua de lluvia, que incluye al mantenimiento y la calidad del agua.
  - » La Tabla 1603.5 del CPC establece los requisitos mínimos de calidad del agua (Tabla 2-1) en función del tipo de uso. Tenga en cuenta que este módulo QWEL está pensado para el uso exterior de agua de lluvia no potable, donde no se requieren pruebas mínimas de calidad del agua (es decir, riego subterráneo y por goteo).
  - » Los sistemas descritos en este manual son parte de la exención 1603.5 del CPC. "No se requiere tratamiento para el agua de lluvia usada para el riego sin aspersión cuando el volumen máximo de almacenamiento es inferior a 5,000 galones (18,927 L) donde el tanque se apoya directamente sobre el grado y la relación de altura a diámetro o anchura no exceda de 2 a 1.
  - » Otros requisitos del código CPC incluyen la señalización de agua no potable que indique "agua de lluvia no potable, no beber" según CPC 1602.8 (Figura 2-1), el color de las tuberías, la ventilación del tanque y la exclusión de vectores.

Figura 2-1: Letrero de advertencia de No Potable  
(Fuente [compliancesigns.com](#))



1 [https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/codes\\_displayText.xhtml?lawCode=WAT&division=6.&title=&part=2.4.&chapter=&article=](https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/codes_displayText.xhtml?lawCode=WAT&division=6.&title=&part=2.4.&chapter=&article=)

2 <https://www.dgs.ca.gov/BSC/Codes>

3 <https://www.dgs.ca.gov/BSC/Codes>

4 <https://epubs.iapmo.org/2022/CPC/>

Tabla 2-1: Calidad mínima del agua (fuente: Tabla 1603.5, 2022 CPC)

APLICACIÓN	TRATAMIENTO MÍNIMO	CALIDAD MÍNIMA DEL AGUA
Lavado de coches	Sistema de filtrado de escombros u otro medio aprobado según la Sección 1603.14, y 100 micras (100 µm) según la Sección 1603.15 para riego por goteo.	N/C
<i>Riego de superficie, subsuperficial y por goteo</i>	Sistema de filtrado de escombros u otro medio aprobado de acuerdo con la Sección 1603.14, y 100 micras (100 um) de acuerdo con la Sección 1603.15 para riego por goteo.	N/C
Riego por aspersión cuando el volumen máximo de almacenamiento sea inferior a 360 galones (1363)	Sistema de filtrado de escombros u otro medio aprobado de acuerdo con la Sección 1603.14, y desinfección de acuerdo con la Sección 1603.12.	N/C
Riego por aspersión cuando el volumen máximo de almacenamiento sea igual o superior a 360 galones (1363 2 litros)	Sistema de filtrado de escombros u otro medio aprobado de acuerdo con la Sección 1603.14	Escherichia coli: < 100 CFU/100 mL, y turbidez: < 10 NTU
Descarga de urinarios e inodoros, lavado de ropa y cebado de sifones	Sistema de filtrado de escombros u otro medio aprobado de acuerdo con la Sección 1603.14, y 100 micras (100 um) de acuerdo con la Sección 1603.15.	Escherichia coli: < 100 CFU/100 mL, y turbidez: < 10 NTU
Fuentes ornamentales y otros elementos acuáticos	Sistema de filtrado de escombros u otro medio aprobado de acuerdo con la Sección 1603.14.	Escherichia coli: < 100 CFU/100 mL, y turbidez: < 10 NTU
Agua de reposición para refrigeración	Sistema de filtrado de escombros u otro medio aprobado de acuerdo con la Sección 1603.14, y 100 micras (100 um) de acuerdo con la Sección 1603.15.	Escherichia coli: < 100 CFU/100 mL, y turbidez: < 10 NTU

- » En instalaciones típicas, se recomienda la instalación de un Sistema de filtrado de escombros (como el deflector de hojas de la Figura 2-2) en cada bajante que dirige el agua de lluvia hacia el almacenamiento. Alternativamente, un separador como un filtro de vórtice puede proporcionar la exclusión de desechos y vectores requerida por el código en el tanque. Aunque no es obligatorio para todos los sistemas, se

Figura 2-2: Deflector de hojas/exclusión de vectores (Fuente: Permaculture Artisans)



Figura 2-3: Filtro de riego de 100 micras después de la bomba (Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)



- recomienda instalar un filtro de 100 micras (malla de 150 Mesh) en el sistema de distribución (Figura 2-3) para proteger el riego por goteo de los atascos.
- » El capítulo 16 del CPC, sección 1605.3, también cubre el control de las conexiones cruzadas, que evita que el agua de lluvia contamine otras fuentes de agua. Consulte a la autoridad de edificación local para conocer los requisitos sobre el control de las conexiones cruzadas.
  - » El Anexo K, Sistemas de captación de agua de lluvia potable, del CPC cubre los requisitos de la captación de agua de lluvia para uso potable (es decir, la calidad del agua potable). Abarca la inspección, las pruebas de calidad del agua y los requisitos de mantenimiento, así como los requisitos de calidad del agua.
  - » El capítulo 11, Drenaje de lluvia, del CPC dicta el determinación de tamaño de los sistemas de drenaje de techos, lo que incluye a las canaletas y los bajantes. Las modificaciones a los sistemas de drenaje de los edificios, tales como canaletas y bajantes, deben estar de acuerdo con el CPC.
- El condado de Sonoma adoptó el CPC de 2022. Las ciudades incorporadas en el condado de Sonoma, y otros condados y ciudades en el estado, se someten a un proceso de adopción similar pero separado que puede incluir modificaciones locales a los requisitos enumerados en el Código de Reglamentos de California. Por este motivo, es importante consultar a la agencia de permisos para saber cómo se aplica el CPC a nivel local.
    - » [Permit Sonoma](#)<sup>5</sup> supervisa la construcción en la zona no incorporada del condado de Sonoma (es decir, no en las ciudades forales). Las ciudades incorporadas en el condado de Sonoma que tienen sus propios requisitos de permisos y códigos incluyen Cloverdale, Windsor, Healdsburg, Santa Rosa, Rohnert Park, Cotati, Sebastopol, Sonoma y Petaluma. El Condado de Sonoma tiene un [Código Municipal del Condado](#)<sup>6</sup>, que es una serie de ordenanzas (leyes) promulgadas por la Junta de Supervisores del Condado de Sonoma.
    - » Muchas de estas ordenanzas del Condado se basan en el Código de Construcción y Plomería de California o simplemente lo adoptan por referencia, con algunas modificaciones específicas del Condado.
    - » Dos secciones notables del Plan General 2020 del Condado son la Política C-WR-4b y la Política C-WR-4f. La primera política establece que “en todos los nuevos proyectos de urbanización se exigirán sistemas de plomería y jardinería que conserven el agua” y debe evaluar “la instalación de accesorios de bajo caudal, las mejores tecnologías de conservación disponibles para todos los usos del agua, los sistemas de recolección de agua de lluvia y la reutilización de aguas grises” ([GP2020 REVISADO](#))<sup>7</sup>. La segunda política establece “Fomentar los sistemas de aguas grises, la captación de agua de lluvia en los techos y otros métodos de reutilización del agua; y reducir al mínimo la necesidad de usar aguas superficiales o subterráneas potables”. Otras jurisdicciones locales pueden tener directrices similares que promuevan este tipo de fuentes de agua en el lugar.

## PERMISOS

Aunque muchos sistemas de agua de lluvia están exentos de permisos, algunos requieren diferentes tipos de permisos. Cada jurisdicción puede tener requisitos diferentes, por lo que aquí se ofrece un ejemplo. A continuación se indican los permisos que Permit Sonoma puede exigir (figura 2-4). Encontrará más información [en línea](#)<sup>8</sup>. Para instalaciones en otras áreas o ciudades incorporadas el Condado de Sonoma, consulte con la jurisdicción local de permisos.

- Permiso de construcción: se requiere un permiso de construcción para todos los tanques de más de 5,000

5 <https://sonomacounty.ca.gov/Permit-Sonoma/>

6 [https://library.municode.com/ca/sonoma\\_county/codes/code\\_of\\_ordinances](https://library.municode.com/ca/sonoma_county/codes/code_of_ordinances)

7 <https://permitsonoma.org/longrangeplans/adoptedlong-rangeplans/generalplan>

8 <https://permitsonoma.org/divisions/engineeringandconstruction>

galones, o que tengan una proporción de altura a diámetro o ancho superior a 2 a 1, o que estén bajo tierra [exenciones del permiso de construcción, Código del Condado, Sección 7-13(C)(2)(a)(5)]. Por este motivo, muchos proyectos de recolección de agua de lluvia optan por usar tanques de 5,000 galones para evitar tener que obtener un permiso de construcción. Es posible que las modificaciones de las estructuras, como la instalación de los tanques a los edificios o la modificación de las canaletas, también requieran un permiso de construcción. Las alteraciones en la instalación eléctrica o en las tuberías de suministro de agua también requieren permisos, por ejemplo para añadir un servicio eléctrico a una bomba de riego o un suministro de agua supplementario con el servicio de agua potable. Pocos tanques de plástico disponibles en el mercado son el doble de altos que de anchos, pero si se los usará, requeriría un permiso de obras. Algunos tanques pequeños (50-300 galones) pueden superar la proporción de 2:1, consulte con el departamento de construcción local para confirmar los requisitos.

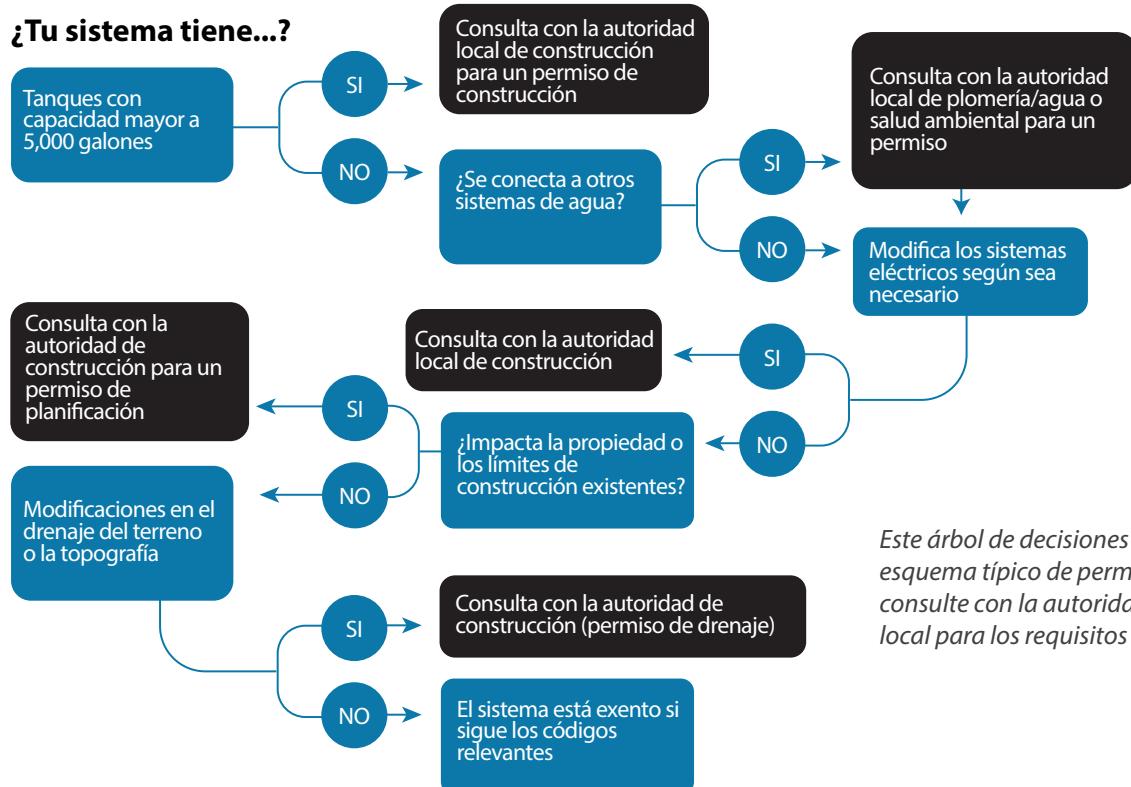
- » Revisión séptica. Los sistemas de agua de lluvia que requieren permisos de construcción o de otro tipo pueden ser revisados para comprobar que no interfieran con los sistemas sépticos y que el retranqueo a los mismos es el adecuado. El retranqueo es la distancia que separa un edificio y otras estructuras del límite de la propiedad o de otra característica del terreno.
  - » Los tanques y sistemas de agua de lluvia no deben perjudicar el funcionamiento de los sistemas de evacuación séptica en el lugar, incluida la excavación o movimiento de tierras del campo de lixiviación, la invasión de fosas sépticas o el aumento del caudal de agua de lluvia cerca de las líneas de lixiviación. Si durante la revisión del permiso se determina que los tanques de agua de lluvia constituyen una "estructura", es posible que se exijan retranqueos de entre 5 y 25 ft respecto a los sistemas sépticos<sup>9</sup>. No coloque tanques de agua de lluvia encima de sistemas sépticos<sup>10</sup>, o haga zanjas a través de líneas de lixiviación sin la aprobación del oficial de construcción. No libere ni infiltre el agua de rebose encima de o arriba de un campo de lixiviación séptico.
  - » Sistema eléctrico. Las modificaciones de los sistemas eléctricos existentes requieren un permiso de construcción. En los sistemas de agua de lluvia, esto suele ocurrir cuando se instala un nuevo circuito para hacer funcionar una bomba. Esto se puede realizar normalmente como un permiso independiente del sistema de agua de lluvia.
- Permiso para movimiento de tierras: los proyectos que tengan lo siguiente requieren un permiso de nivelación:
    - » Corte o relleno superior a 50 yardas cúbicas.
    - » Corte o relleno de más de 3 pies de profundidad.
    - » Corte que cree una pendiente del corte superior a 5 pies de altura o una inclinación superior a 2 unidades horizontales por 1 unidad vertical.
    - » Relleno destinado a soportar una estructura o sobrecarga de más de 1 pie de profundidad o colocado en un terreno con una pendiente natural superior al 15 %.
    - » La mayoría de los proyectos de captación de agua de lluvia no requieren permiso para movimiento de tierras. Incluso los proyectos que requieren un permiso de construcción (tanques de más de 5,000 galones) pueden usar una exención de permiso para movimiento de tierras de la Sección 11.04.010(C) (5) del Código del Condado de Sonoma si evitan los factores que causan el requerimiento del permiso descrito anteriormente. El oficial permisos lo ayudará a tomar esa determinación.
  - Permiso de drenaje: es posible que las modificaciones a la infraestructura de drenaje en la propiedad requieran una revisión de ingeniería y permiso de drenaje. Cambiar la ubicación o el caudal de los sistemas de drenaje existentes puede causar daños a los ecosistemas o a los vecinos y debe ser diseñado por un profesional calificado con todos los permisos necesarios. Normalmente, el rebose del tanque desemboca

<sup>9</sup> <https://permitsonoma.org/divisions/engineeringandconstruction/wellandsepticsystems/septicsystems/owtsmanual>

<sup>10</sup> [https://library.municode.com/ca/sonoma\\_county/codes/code\\_of\\_ordinances?nodeId=CH24SESEDI\\_ARTIIIPRSEDI\\_S24-38PRACDIABSETASI](https://library.municode.com/ca/sonoma_county/codes/code_of_ordinances?nodeId=CH24SESEDI_ARTIIIPRSEDI_S24-38PRACDIABSETASI)

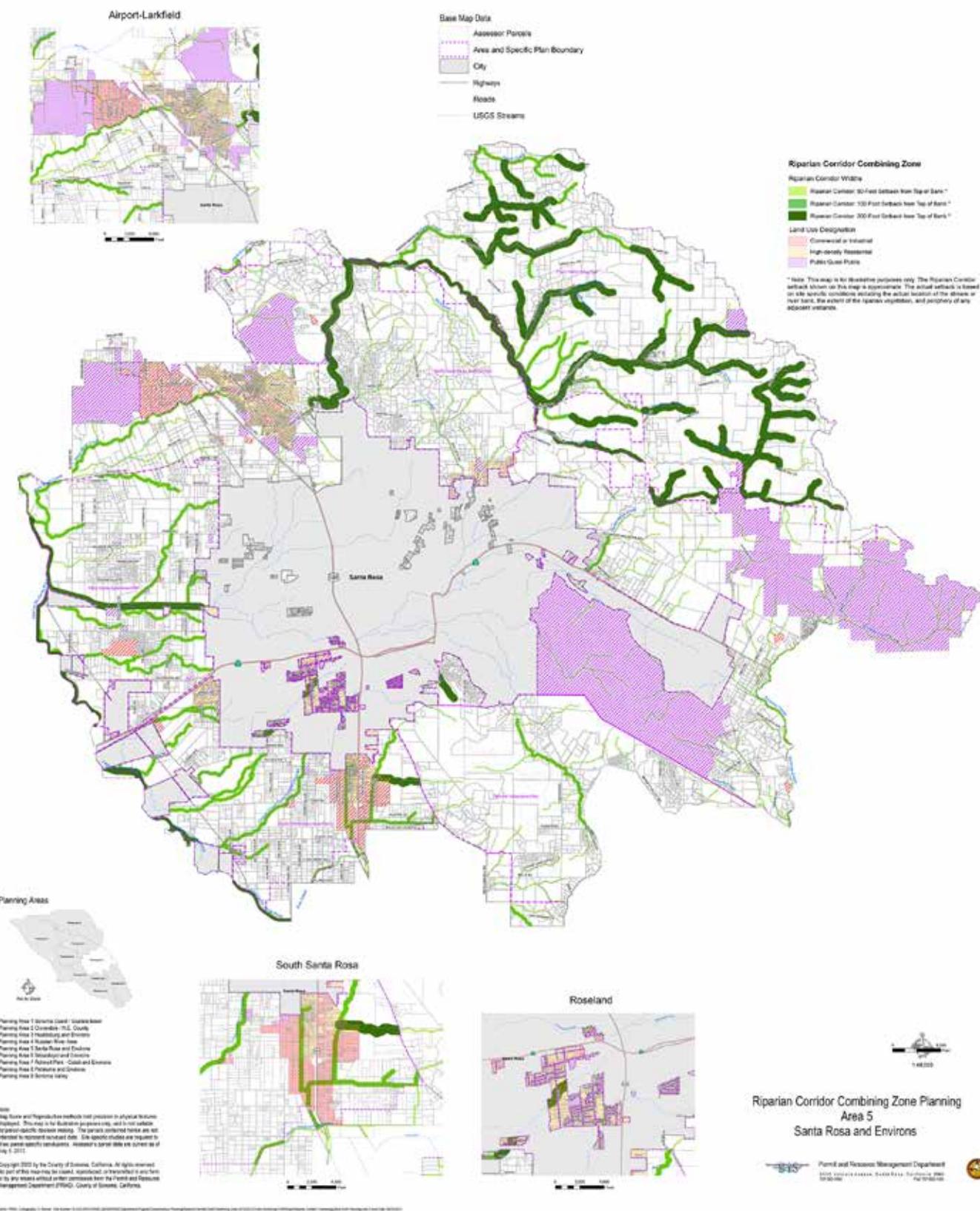
Figura 2-4: Árbol de decisiones sobre permisos

## ¿Necesito un permiso para mi sistema de captación de agua de lluvia?



Este árbol de decisiones proporciona un esquema típico de permiso, sin embargo, consulte con la autoridad de edificación local para los requisitos específicos.

Figura 2-5: Mapa de corredores ribereños (Fuente: Condado de Sonoma)



en el sistema de drenaje existente. Sin embargo, si se combinó el caudal de múltiples bajantes en el almacenamiento y, en consecuencia, el volumen de rebose supera la capacidad de diseño del sistema de drenaje existente en la salida, entonces es posible que se necesite hacer modificaciones al drenaje que requieran un permiso. Los elementos menores, como los jardines de lluvia y los biocanales de drenaje, que no alteran la forma en que el agua de lluvia entra o sale de la propiedad, y no transportan agua a distancias significativas, suelen estar exentos de permiso. Estos sistemas suelen denominarse sistemas de zanjas en V. En el Código del Condado de Sonoma (11.06.010.C4) se puede encontrar más información sobre los requisitos de permiso para estos elementos menores.

- Permiso de zonificación: es posible que se requiera un permiso de zonificación de la División de Planificación de Permit Sonoma si un tanque (independientemente de su tamaño) se encuentra dentro del retranqueo de un corredor ribereño. Un corredor ribereño<sup>11</sup> es la zona que abarca un río o arroyo y las comunidades vegetales y animales relacionadas. Los corredores ribereños proporcionan muchos beneficios a la comunidad y al medio ambiente, como la mejora de la calidad del agua, el aumento de la recarga del agua subterránea, la protección contra las inundaciones, la mejora de la vida silvestre y el hábitat acuático, y el apoyo a la recuperación del salmón, la trucha arco iris y otras especies en peligro de extinción.
  - » El retranqueo del corredor ribereño (50 ft, 100 ft, o 200 ft) en este manual se refiere a la distancia desde la parte superior de la orilla de un río, arroyo o riachuelo que debe ser un área de conservación protegida como se define en el Código del Condado de Sonoma Artículo 26-65 para zonas combinadas de Corredores Ribereños. Ciertas actividades que involucran estructuras, movimiento de tierras y caminos por lo general no están permitidas dentro de los retranqueos del Corredor Ribereño. Consulte las reglamentaciones locales, ya que los retranqueos pueden variar en función de la ubicación de la instalación. A continuación se muestra un ejemplo de mapa de un corredor ribereño (Figura 2-5).

## DISEÑADORES, INSTALADORES Y ACREDITACIONES

Las personas que hayan completado una formación básica, como este programa QWEL o un taller o seminario web patrocinado por la ciudad pueden diseñar muchos sistemas de agua de lluvia; sin embargo, para sistemas más grandes o complejos, se recomienda que un profesional del diseño o un contratista calificado diseñe el sistema y ayude con los permisos necesarios.

- Los profesionales calificados pueden ser ingenieros, contratistas y arquitectos paisajistas autorizados.
- Entre los ejemplos de proyectos que requieren un profesional de diseño calificado se incluyen el análisis de la capacidad del sistema de drenaje existente para manejar caudales de bajantes combinados en una única salida, las modificaciones del sistema de drenaje, el uso del agua de lluvia en interiores, los tanques no ubicados en plataformas excavadas (cortadas), los tanques que requieren un permiso de construcción o movimiento de tierras, la conexión a un sistema de agua potable o las bombas que se deben conectar a un sistema eléctrico existente.
- Los residentes pueden instalar sistemas de captación de lluvia a pequeña escala, especialmente si asistieron a un curso de capacitación (Tabla 2-2). Del mismo modo, los con licencia y otros profesionales del paisajismo están bien preparados para instalar sistemas de captación de lluvia después de recibir el entrenamiento. Los jardineros autorizados pueden diseñar e instalar todos los componentes exteriores de un sistema de captación de agua de lluvia que no formen parte de una estructura o no estén fijados a ella. Se suele considerar a la modificación del bajante como un componente exterior del sistema de captación de agua de lluvia; sin embargo, no se especifica o no queda claro en el código de licencias y se suele incluir en los sistemas de captación de agua de lluvia construidos por paisajistas con licencia. A menudo se contrata a contratistas generales o de ingeniería autorizados para construir sistemas más grandes (de más de 5,000 galones), ya que disponen de los conocimientos y el equipo pesado necesarios para realizar el movimiento de tierras, el servicio eléctrico y la fontanería compleja. Los proyectos que requieren un permiso de

11 <https://permitsnoma.org/regulationsandinitiatives/ripariancorridors>

construcción suelen ser construidos por un contratista general, aunque los propietarios pueden solicitar un permiso de construcción como “propietario-constructor”. Los criterios que se muestran en la Tabla 2-2 son directrices y no requisitos del código.

**Tabla 2-2: Diseñadores típicos de sistemas por tamaño**

Tamaño del tanque (galones)	Diseñador
500	Propietario/Bricolaje
500-5,000	Diseñador/Contratista
5,000+	Ingeniero/Contratista

- La Asociación Americana de Sistemas de captación de agua de lluvia (American Rainwater Catchment Systems Association ARCSA), por sus siglas en inglés) es una organización profesional sin fines de lucro cuya misión es “Proporcionar recursos e información sobre la captación del agua pluvial y de escorrentía de lluvia, para promover el avance de la conservación del agua de lluvia y colaborar con el gobierno a todos los niveles en la promoción de la gestión del agua de lluvia”.
  - » ARCSA ofrece recursos, documentos, presentaciones, seminarios web y foros de debate en su sitio web y ofrece talleres para diseñadores e instaladores de sistemas de captación de agua pluvial.
  - » ARCSA participó en la mejora de los códigos de construcción y fontanería en lo que respecta al agua pluvial.
  - » A través de los cursos de [formación de ARCSA](#)<sup>12</sup> y las certificaciones de American Society of Sanitary Engineering ASSE en línea se puede encontrar información adicional y oportunidades para profundizar en el estudio de los sistemas de captación de agua de lluvia potable.
  - » Este módulo del programa QWEL pretende ser una introducción general a los aspectos básicos del diseño y la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia no potables para uso de riego; sin embargo, existe un programa de formación de diseñadores e instaladores más completo impartido por ARCSA que prepara tanto a los diseñadores como a los instaladores y les ofrece un camino hacia la acreditación profesional internacional con la Sociedad Americana de Ingeniería Sanitaria (ASSE, por sus siglas en inglés). Encontrará más información en el [sitio web de ARCSA](#)<sup>13</sup>.

12 <https://www.arcsa.org/page/RHC>

13 <https://www.arcsa.org/page/RHC#ASSE%20Cert>

## NOTAS

## NOTAS



Sección 3:

## Diseño y Planificación de Sistemas de Captación

## SECCIÓN 3: PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA

### Objetivos de aprendizaje

1. Comprender las consideraciones básicas de diseño para la planificación de un sistema de captación de agua pluvial.
2. Calcular el agua requerido por el área de riego.
3. Calcular el potencial de captación de las superficies de captación disponibles.
4. Determinar la capacidad de almacenamiento del sistema de captación de agua pluvial.

# CONCEPTOS BÁSICOS DE PLANIFICACIÓN

Para esta capacitación, el principal uso previsto del agua de lluvia no potable recolectada es el riego exterior. Los sistemas de captación de agua de lluvia recolectarán el agua y llenarán los tanques durante la estación húmeda (noviembre-marzo), para usar en el riego durante la estación seca (mayo-octubre). La información más fundamental necesaria para planificar un sistema tiene tres mediciones críticas:

1. Volumen de uso objetivo de agua (según la demanda de riego existente y futura)
2. Potencial de captación (area del techo)
3. Capacidad de almacenamiento

Lo ideal es que el lugar disponga de suficiente superficie útil de techo para captar el volumen deseado, suficiente espacio para almacenarlo y suficiente demanda de riego para usarlo antes de las lluvias de la temporada siguiente. El factor limitante más habitual no es el agua de lluvia disponible ni el potencial de captación, sino el costo y el espacio que requieren los tanques de almacenamiento. La demanda total de riego estacional suele superar el volumen de agua de lluvia que se puede almacenar.

Dependiendo del tamaño de la propiedad y del sistema de riego, un sistema de captación de agua de lluvia puede proporcionar agua a una zona de riego específica (que se aísla fácilmente del resto del sistema de riego) o se puede conectar a todo el sistema de riego para actuar como fuente de agua alternativa. Si el sistema de captación de agua de lluvia se conecta a todo el sistema de riego, es posible que se necesite disponer de válvulas específicas, permisos y control de las conexiones cruzadas. Estas cuestiones se tratarán en la [Sección 6: Sistema de distribución](#).

## VOLUMEN DE USO OBJECTIVO

El volumen de uso objetivo del agua es la cantidad de agua usada anualmente que potencialmente puede proporcionar un sistema de captación de agua pluvial. Para usos exteriores no potables, el volumen de agua de uso objetivo se basa generalmente en las demandas de agua para el riego de jardines, huertos, etc., durante la estación seca.

No se recomienda intentar satisfacer la demanda de agua para regar el césped con agua de lluvia. El césped requiere una gran cantidad de agua y, en la mayoría de los casos, no es factible ni práctico capturar y almacenar suficiente agua de lluvia para mantenerlo sano. Lo ideal sería sustituir el césped por jardines de bajo consumo de agua, más apropiados para el clima mediterráneo de California. Consulte la Tabla 3-1, que muestra los volúmenes típicos de consumo de agua en la estación seca para diferentes tipos de jardines.

**Tabla 3-1: Estimación del consumo de agua de mayo a octubre en Santa Rosa (cálculos del presupuesto de agua QWEL)**

Tipo de uso del agua	Uso de agua en temporada seca (galones)
Césped con aspersores (1,000 ft <sup>2</sup> )	29,000
Plantas nativas por goteo (1,000 ft <sup>2</sup> )	6,800 (periodo de establecimiento) 0-1,100 (después de ~2 años)
Huerto por goteo (100 pies cuadrados)	2,300

A continuación se describen los métodos para estimar la demanda de agua de riego. Cada uno de estos métodos tiene un grado variable de exactitud por lo que se aconseja que la estimación sea alta. Además, hay que tener en cuenta los usos futuros y si se espera que la demanda de agua aumente con el tiempo. Tal vez se amplíen los jardines, se establezcan nuevas zonas de jardín, cambien los tipos de plantas o es posible que las plantas recién colocadas ya no necesiten riego.

- **Presupuesto hídrico del jardín:** Se puede estimar la demanda de riego con un cálculo que tenga en cuenta el clima local, el tipo de planta, la eficiencia del sistema de riego y los pies cuadrados superficie total de riego (Ecuación 3-1). A los datos meteorológicos locales necesarios se los denomina evapotranspiración de referencia (ET), que es una estimación de la pérdida de agua por evaporación del suelo y las superficies de las plantas, más la pérdida de agua por transpiración de las plantas medida con un cultivo de referencia específico. La ET se mide en pulgadas de pérdida de agua a lo largo de un periodo de tiempo específico, como diario, mensual o anual, y representa la cantidad de agua de la que se depende para mantener la salud de las plantas. Durante la estación seca, se debe reponer esta pérdida de agua con el riego para mantener un paisaje sano. El cálculo del presupuesto hídrico se describe y muestra a continuación en la Ecuación 3-1. Se puede encontrar una explicación más detallada en la Sección 4 del manual<sup>1</sup> de referencia QWEL .3 y también en [el anexo B, Ecuación B-1](#).

### Ecuación 3-1:

$$\text{Agua de riego (gal)} = [(Clima \times \text{Tipo de planta}) - \text{Lluvia}] \times \frac{\text{Superficie}}{\text{Eficiencia}} \times 0.62$$

$$\text{Agua de riego (gal)} = [(ETo \times \text{Factor de la planta \%}) - \text{Precipitación efectiva}] \times \frac{\text{Superficie}}{\text{Eficiencia}} \times 0.62$$

- **Medidor de agua dedicada para los usos existentes:** Este método es el más fiable para conocer la demanda de riego exterior, pero la mayoría de las propiedades no incluyen medidores separados para los usos interiores frente o los usos de riego exterior.
- **Análisis de la factura del agua:** Se puede comparar el uso del agua en la estación húmeda con el uso del agua en la estación seca con las facturas de agua para estimar la demanda de riego; sin embargo, hay que tener cuidado, ya que puede haber exceso o falta de riego, lo que puede dar lugar a una estimación inexacta. Se trata de un método amplio para estimar el uso total de riego exterior. El uso medio mensual de agua durante la estación húmeda (se supone con mayor fiabilidad que enero-febrero son exclusivamente demandas interiores) se compara con el uso medio mensual de agua durante la estación seca (se supone que el uso de mayo-octubre incluye la misma demanda interior más el riego exterior) a lo largo de varios años. Se supone que la diferencia entre las dos medias es la demanda promedio mensual de riego y se puede multiplicar por el número de meses que se prevé regar (normalmente 6), (Ecuación 3-2).

### Ecuación 3-2:

$$\text{Demanda anual de riego} = (\text{Promedio mensual de la estación seca} - \text{Promedio mensual de la estación húmeda}) \times \text{Meses de riego}$$

Por ejemplo, si la factura mensual promedio de agua de la estación seca (mayo-octubre) es 5,000 galones más que el consumo promedio invernal de la estación húmeda, se puede suponer que este uso adicional es demanda de riego. 5,000 galones al mes durante 6 meses estiman una demanda anual de riego de 30,000 galones.

$$\text{Demanda anual de riego} = 5,000 \frac{\text{gal}}{\text{mes}} \times 6 \text{ meses} = 30,000 \text{ gal}$$

<sup>1</sup> [https://qwel.net/files/QWEL\\_Reference\\_Manual\\_SMSWP\\_INTERACTIVE.pdf](https://qwel.net/files/QWEL_Reference_Manual_SMSWP_INTERACTIVE.pdf)

- **Estimación de riego por zona:** El volumen de riego de una zona específica se puede determinar al multiplicar el tiempo de riego por el caudal del sistema de riego. En [el anexo B](#), se incluyen tres métodos para estimar el consumo de agua existente (ecuaciones B-2, B-3 y B-4).
- El programa Master Gardeners de la UCCE dispone de una [hoja de trabajo](#)<sup>2</sup> para calcular la demanda de agua de los huertos.
- Y UC Davis tiene [una calculadora de demanda de agua](#)<sup>3</sup> para árboles, arbustos y otras plantas de jardín y proporciona el factor de planta. El factor planta es un factor de ajuste de la evapotranspiración que tiene en cuenta las diferencias distintivas de regulación del agua de las especies diferentes para determinar la cantidad de agua que necesita una planta.

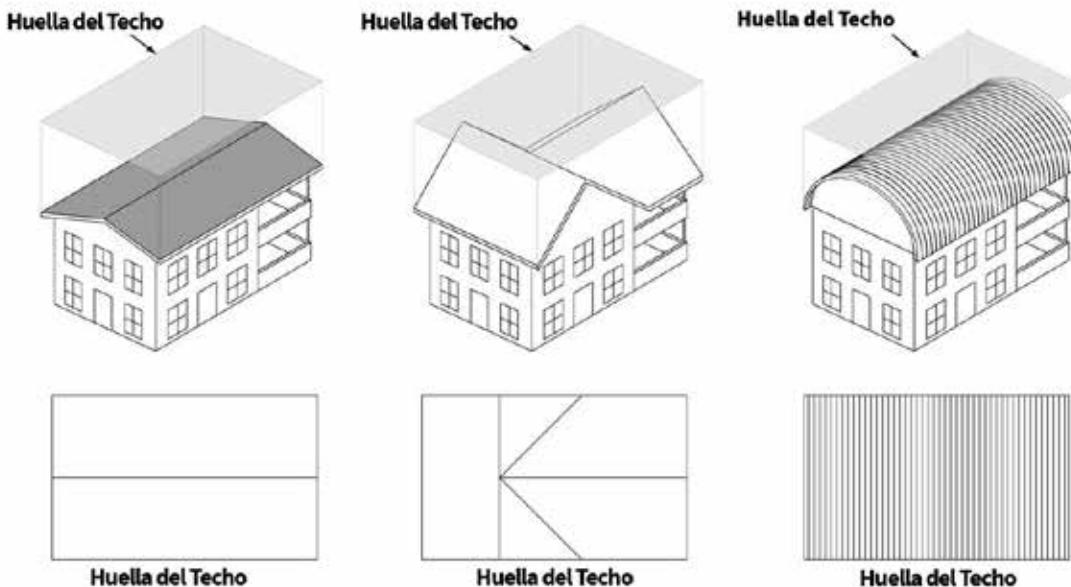
Una vez cuantificado el volumen de uso objetivo, se puede calcular la capacidad del lugar para recolectar y almacenar agua de lluvia.

## POTENCIAL DE CAPTACIÓN

En su forma más básica, el potencial de captación de un lugar viene definido por dos cosas: el área total de las superficies de captación de agua de lluvia y la cantidad promedio de precipitación (lluvia) que se producen en el lugar.

- Área de superficie de captación. El primer paso para determinar el potencial de captación es cuantificar las superficies de captación. Dichas superficies son los techos de los que se puede capturar agua. Las superficies de los techos se deben medir en función de su huella horizontal, ignorando la medición inclinada del techo (Figura 3-1).
  - » Mida el área de cada superficie de la que se pueda capturar el agua de lluvia (Figura 3-2). Haga una tabla de las superficies de techo (Tabla 3-2), separadas por los bajantes existentes, con un área de superficie de techo por bajante.

Figura 3-1: Huella del techo (Fuente: Texas A&M)



2 <https://sonomamg.ucanr.edu/files/185639.pdf>

3 [https://ucanr.edu/sites/UrbanHort/Water\\_Use\\_of\\_Turfgrass\\_and\\_Landscape\\_Plant\\_Materials/Water\\_Demand\\_Calculators/Water\\_Demand\\_Calculators/](https://ucanr.edu/sites/UrbanHort/Water_Use_of_Turfgrass_and_Landscape_Plant_Materials/Water_Demand_Calculators/Water_Demand_Calculators/)

Figura 3-2: Ejemplo de superficie de echo

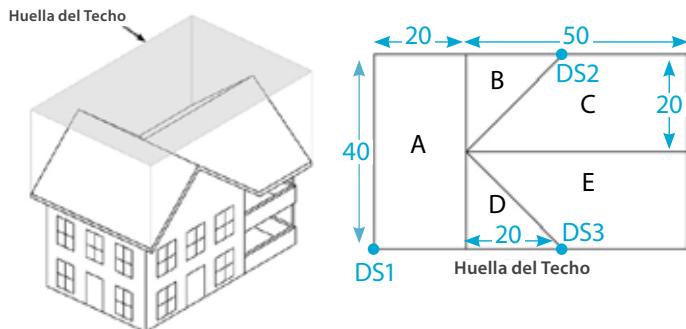
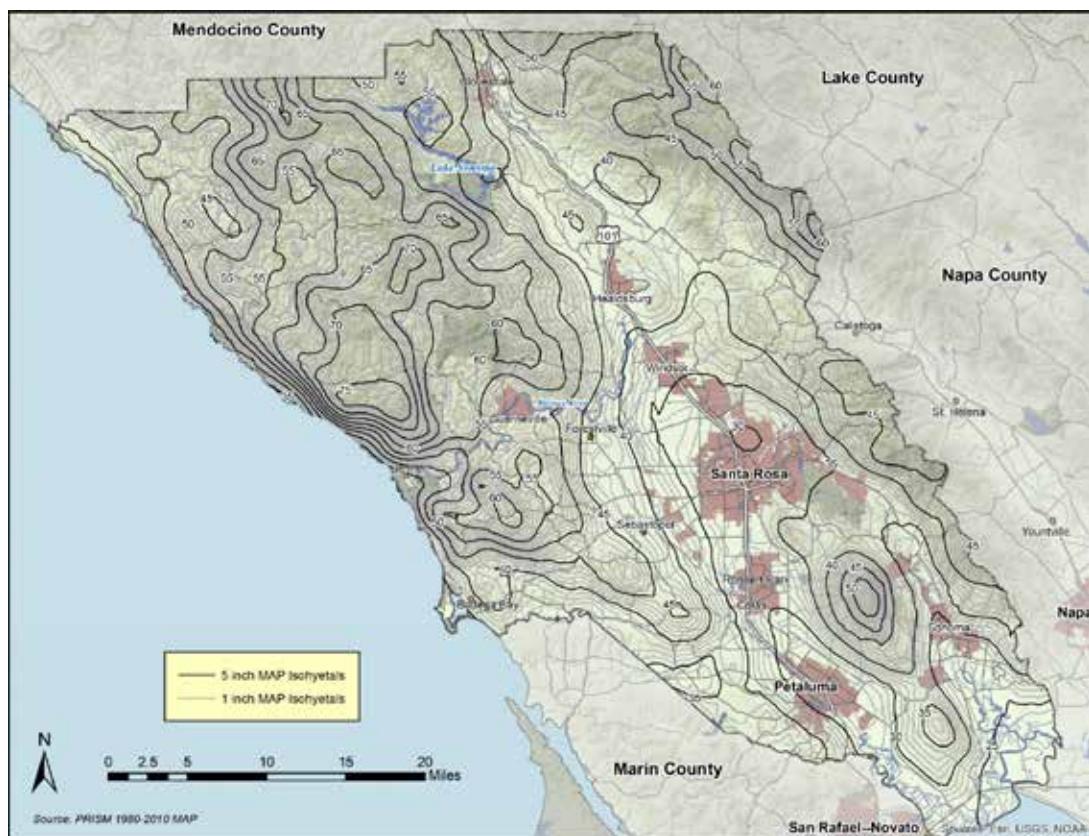


Tabla 3-2. Ejemplo de área de techo

Bajante	Superficie del techo	Área (ft <sup>2</sup> )
1	A	800
	Total 800	
2	B	200
	C	800
3	Total 1,000	
	D	200
E	800	
	Total 1,000	

- » No siempre es factible ni necesario capturar el agua de toda la superficie del techo. Por ejemplo, algunos bajantes pueden drenar en zonas con extensas pavimento, y transportar el agua de lluvia desde estas zonas hasta el almacenamiento puede ser demasiado costoso. En ocasiones, las cañerías se pueden modificar para dirigir el agua hacia un menor a un menor número de bajantes. Consulte la Sección 2 para obtener precisiones sobre las modificaciones de cañerías y bajantes asociados con la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia.
- » Ajustes del potencial de captación. Si solo se usará el área de superficie del techo y la precipitación promedio para calcular el volumen potencial de captación, el resultado sería una sobreestimación. La realidad es que parte del agua se pierde debido a la escorrentía a fuera del borde del techo, la absorción/evaporación de las superficies del techo y otras causas. En la ecuación del potencial de captación, esta pérdida de agua se tiene en cuenta con un coeficiente de escorrentía. El coeficiente de escorrentía supone que solo un determinado porcentaje de la lluvia que cae sobre el techo realmente llega al almacenamiento. Para la mayoría de los sistemas, un coeficiente de escorrentía del 90 %, o 0.9, es suficiente para tener en cuenta estas pérdidas. En una situación ideal (un techo metálico, cañerías bien construidas y sin cubierta arbórea, la precipitación sólo se producirá durante el invierno, fresco y de baja evaporación) se puede alcanzar un coeficiente de escorrentía del 95 %. Las condiciones específicas del lugar, como techos compuestos gruesos más absorbentes o una cubierta arbórea densa que desvía la lluvia, pueden reducir el coeficiente de escorrentía al 80 %. Los techos verdes reducirán aún más la eficiencia de la captación debido a su cubierta vegetal viva.
- » Selección de las superficies de captación. Con frecuencia, no todas las superficies o bajantes son necesarios para capturar un volumen suficiente para llenar la capacidad de almacenamiento. En la determinación de las superficies de captación también puede influir lo siguiente:
  - Reducir el número de bajantes para ahorrar costos y reducir el impacto visual.
  - Recolectar los bajantes que causen daños por inundación de edificios/pasarelas o erosión.
  - Recolectar del techo con menos restos de árboles, musgo o arena suelta de las tejas de asfalto.
  - Minimizar la distancia entre el techo y el tanque para reducir el costo de las tuberías, la pérdida de presión de descarga en la tubería de transporte, el costo de las zanjas y el impacto en el lugar.
- Precipitación. California tiene un clima mediterráneo en el que la mayor parte de la precipitación se ocurre en sólo la mitad del año. Esto significa que se debe recolectar y almacenar el agua de lluvia de invierno y primavera en tanques para su uso durante la temporada seca. La precipitación promedio anual de un lugar se puede determinar con diversas fuentes.

Figura 3-3: Mapa isohietético de precipitaciones medias anuales (Fuente: Agencia del Agua de Sonoma)



- » Diferentes condados pueden proporcionar un mapa de precipitación, como este mapa Isohyetal publicado por Agencia del Agua de Sonoma en el [Manual de diseño para la gestión de inundaciones](#)<sup>4</sup>, (Figura 3-3). Ubique la ubicación del proyecto en el mapa. Las líneas representan los valores de precipitación a intervalos de 1 pulgada. (Figura 3-3). Lacalice el lugar del proyecto en el mapa. Las líneas representan los valores de precipitación a intervalos de 1 pulgada.
  - » [El Sistema de Información para la Administración de Sistemas de Riego en California](#)<sup>5</sup> proporciona promedios de precipitación a nivel estatal, pero para acceder a los datos es necesario registrarse para obtener una cuenta gratuita.
  - » Ajustes de precipitación en años secos. Se recomienda diseñar los sistemas de agua de lluvia para condiciones de sequía. De este modo se garantiza que se llenen los tanques de almacenamiento durante los años en que probablemente más se necesite el agua adicional. Para estimar la cantidad de lluvia en un año de sequía, se puede hacer el siguiente ajuste:
    - Para los lugares con una precipitación promedio superior a 39 pulgadas, multiplique la precipitación promedio anual por 0.7 (o 70%).
    - Para lugares con una precipitación promedio anual entre 20 y 38 pulgadas, multiplique la precipitación promedio anual por 0.5 (50%).

4 <https://www.sonomawater.org/fmdm>

5 <https://cimis.water.ca.gov/Default.aspx>

- Para los lugares con una precipitación promedio menor a 19 pulgadas, multiplique la precipitación promedio anual por 0.4 (o 40%).
- » La Tabla 3-3 a continuación resume la precipitación promedio y de año seco en ciudades dentro del Condado de Sonoma. La precipitación del Año Seco fue estimada a partir de los pasos anteriores.

**Tabla 3-3: Precipitaciones típicas en el condado de Sonoma (fuente: Agencia del Agua de Sonoma Isohyetal)**

Ciudad	Precipitación promedio anual (pulgadas)	Precipitación promedio en un año seco (pulgadas)
Santa Rosa	32	16.0
Healdsburg	43	30.1
Petaluma	27	13.5
Windsor	36	18.0
Rohnert Park	31	15.5
Guerneville	51	35.7
Forestville	44	30.8
Sebastopol	43	30.1
Bodega Bay	38	19
Cloverdale	44	30.8

- Ecuación del potencial de captación (Ecuación 3-3). El potencial de captación se puede expresar con la siguiente ecuación:

### Ecuación 3-3:

*Volumen de captación (gal) = Superficie del techo (pies cuadrados) × Precipitación en año seco (in) × Coeficiente de escorrentía (%) × 0.62*

$$V = A \times P_{\text{seco}} \times C \times 0.62$$

*Nota: El 0.62 es un factor de conversión que convierte pulgadas de lluvia sobre una superficie de pies cuadrados en un volumen total de galones. Una guía aproximada es que por cada 1,000 pies cuadrados de área de superficie de techo, una pulgada de lluvia producirá unos 620 galones de agua, o 0.62 galones por pie cuadrado por pulgada de lluvia. Se puede suponer que el coeficiente de escorrentía de la mayoría de los techos es del 90 %.*

# CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

Después de calcular el volumen de uso objetivo y el potencial de captación, hay que determinar si el lugar permitirá almacenar ese volumen de agua. Almacenar grandes cantidades de agua ocupa espacio y tiene repercusiones estéticas. Por suerte, los tanques de agua tienen multitud de formas y tamaños. Dependiendo de la configuración del emplazamiento, es posible que se necesite combinar tamaños y formas de tanques para manejar el volumen deseado. La capacidad de almacenamiento también se puede ver influida por las características del lugar, como la diferencia de altitud entre la superficie de captación y el lugar del tanque. Los clientes también pueden imponer limitaciones a la ubicación del almacenamiento por motivos estéticos u otras necesidades del lugar. Téngalo en cuenta y consulte las consideraciones sobre el diseño del emplazamiento que se exponen a continuación para calcular la capacidad de almacenamiento.

- Determine si hay espacio suficiente en la propiedad para el tanque o tanques necesarios para almacenar el volumen deseado de agua. El espacio debe ser plano, pero los terrenos ligeramente inclinados se pueden nivelar con un poco de movimiento de tierras adicional.
- El almacenamiento suele ser el componente más costoso de un sistema de agua de lluvia. El presupuesto del cliente suele limitar más la capacidad de almacenamiento que las limitaciones del lugar.

## EJEMPLO DE PROBLEMA 1: PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA

**Planteamiento del problema:** Para una propiedad en Santa Rosa, se calcularon las siguientes demandas de agua para el espacio de paisaje: camas de vegetales: 9,443 galones, césped: 15,360 gal, y huerto: 9,556 gal. Calcule el volumen de captación de agua de lluvia de las distintas superficies de techos según el plano del emplazamiento (Figura 3-3). Supongamos que todos los techos tienen un coeficiente de escorrentía del 90 %.

Figura 3-3: Ejemplo De Problema 1: Planificación Del Sistema

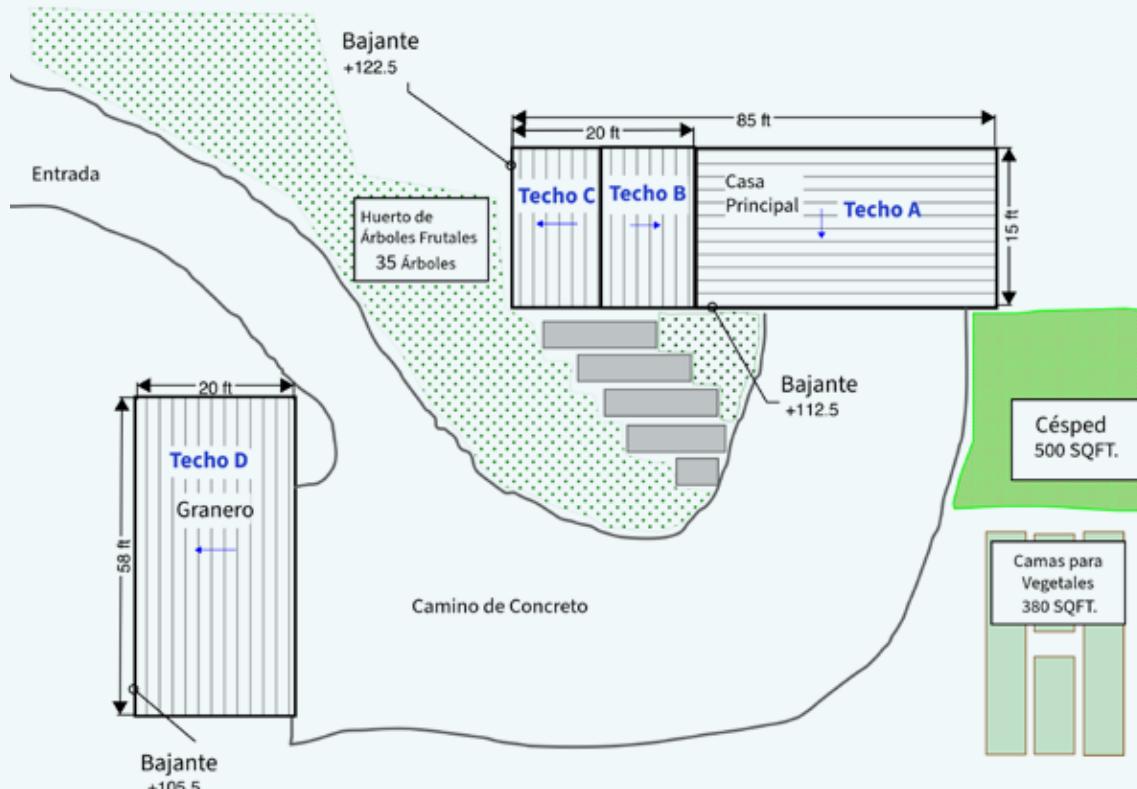


Tabla de resumen:

### Solución:

Volumen de captación (gal) = Área de superficie del techo (pies cuadrados) × Precip. año seco. (pulgadas) × Coeficiente de escorrentía × 0.62

Precipitación en año seco = 16 pulgadas para Santa Rosa

Coeficiente de escorrentía para techo metálico = 0.9

Potencial de captación del techo A:

$$\text{Volumen de captación (gal)} = 975 \text{ sq ft} \times 16 \text{ in} \times 0.9 \times 0.62 = 8,705 \text{ gal}$$

Potencial de captación del techo B o C:

$$\text{Volumen de captación (gal)} = 150 \text{ sq ft} \times 16 \text{ in} \times 0.9 \times 0.62 = 1,339 \text{ gal}$$

Potencial de captación del techo D:

$$\text{Volumen de captación (galones)} = 1,160 \text{ sq ft} \times 16 \text{ pulgadas} \times 0.9 \times 0.62 = 10,356 \text{ galones}$$

Nombre de la superficie del techo	Área de superficie (ft <sup>2</sup> )	Volumen de captación (galones)
Superficie A	975	8,705
Superficie B o C	150	1,339
Superficie D	1,160	10,356

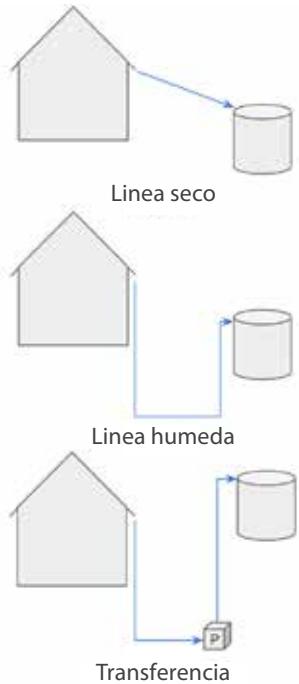
El césped usa una cantidad de agua considerable y necesitaría un tanque un 50 % mayor que el del huerto o de las camas de verduras, que podría regarse con dos tanques de 5,000. El techo A de la casa y el techo C del segundo piso llenarían los dos tanques de 5,000 galones, o el techo D del granero podría hacerlo con un solo bajante.

## CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO DEL LUGAR

Una vez determinados el volumen deseado, el potencial de captación y la capacidad de almacenamiento del sistema, el siguiente paso en el diseño es ubicar los distintos componentes del sistema. Hay que tener en cuenta varios aspectos a la hora de diseñar un sistema típico de captación de agua de lluvia.

- Elevaciones relativas. Una consideración fundamental a la hora de planificar un sistema es la diferencia de elevación entre las superficies de captación y la entrada del tanque o tanques de agua. Los sistemas que se llenan con agua de lluvia que fluye por gravedad desde las superficies de captación hasta el almacenamiento son los más fiables, ya que no requieren bombeo para transportar el agua a los tanques de almacenamiento. Los sistemas bombeados por transferencia requieren al menos un tanque adicional (para recolectar el agua que se va a bombear) y necesitan energía eléctrica fiable durante las lluvias, cuando se pueden producir cortes de electricidad. Dependiendo de una bomba para transportar el agua al tanque añade una complejidad innecesaria al sistema e introduce puntos de falla adicionales (Figura 3-4).

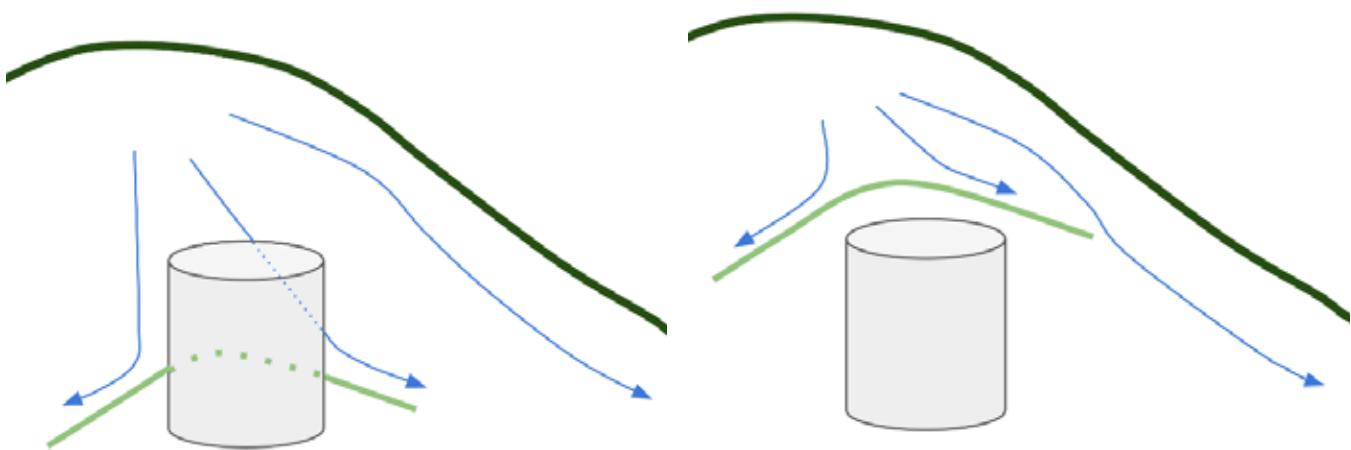
*Figura 3-4: Tipos de conducción en relación con la elevación de la captación (Fuente: Sherwood Design Engineers)*



*Figura 3-5: Plataforma de tierra nivelada (Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)*



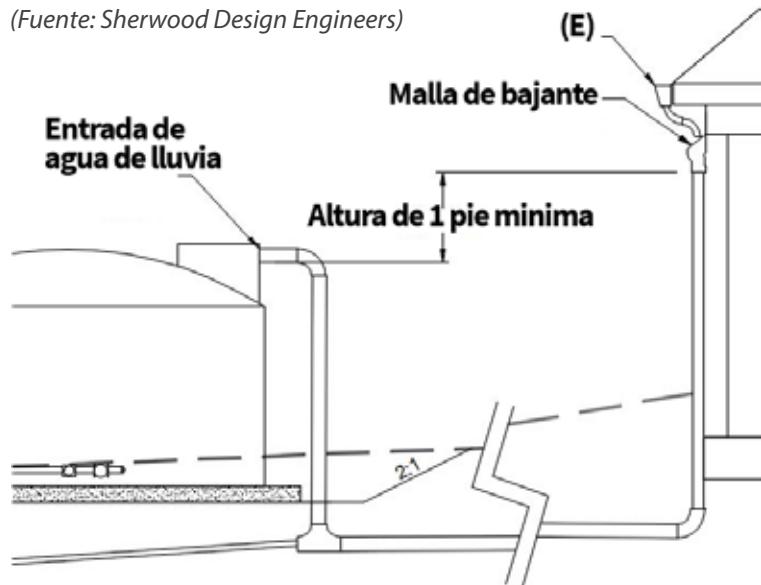
*Figura 3-6: Consideraciones sobre el drenaje del tanque (Fuente: Sherwood Design Engineers)*



- Debe haber una diferencia de elevación suficiente para garantizar que el agua fluya desde la superficie de captación hasta el tanque de almacenamiento (normalmente 1 pie o más desde la parte superior de la tubería de conducción sellada hasta la rasante (elevación inferior) de la entrada del tanque). Esta diferencia se denomina carga hidráulica y también determinará el tamaño de la tubería necesaria para transportar el agua al tanque (consulte la sección 4: Sistema de llenar más adelante, para obtener información detallada).
- Tome nota de la ubicación del tanque propuesto en relación con los árboles y haga los ajustes necesarios. Evite situar los tanques en la línea de goteo de los árboles cercanos, ya que las raíces pueden elevar el nivel del suelo a medida que crece el árbol y la preparación del terreno para los cimientos del tanque puede dañar las raíces y, potencialmente, el árbol.
- Asegúrese de que no haya servicios públicos bajo el emplazamiento de la cisterna, especialmente sistemas sépticos y campos de lixiviación. El número de teléfono 811 "Llame antes de excavar" se usa en todo el país para solicitar que se marque con pintura o banderas la ubicación de los servicios públicos enterrados, con el fin de evitar excavar involuntariamente en una línea subterránea de servicios públicos. De este modo no se descubrirán todos enterrados que hay en el sitio.

- Aunque los tanques de agua de lluvia con una capacidad inferior o igual a 5,000 galones no suelen tener retranqueos de líneas los límites de la propiedad o de los edificios, considere la posibilidad de dejar suficiente espacio entre el tanque y el edificio para permitir las tareas de mantenimiento y pintura.
- Es necesario dejar un retranqueo respecto a las líneas eléctricas aéreas. Confirme con el proveedor del servicio eléctrico cuál es el retranqueo si el trabajo se realiza cerca de líneas eléctricas aéreas.
- Si se requiere nivelar el terreno, toda la tierra tiene que ser excavada o “cortada”. No coloque un tanque sobre relleno, ya que es inestable sin mejoras de ingeniería geotécnica. El terreno sobre el que se coloque el tanque debe estar bien compactado, sin materia orgánica, escombros y rocas de más de  $\frac{3}{4}$ " (Figura 3-5).
- Es posible que los tanques de más de 5,000 galones requieran una investigación geotécnica de suelos y un informe según lo determine la autoridad que emite el permiso de edificación requerido para los sistemas de esta categoría de tamaño. Se puede solicitar una aclaración a la autoridad de edificación que expide los permisos si no se sabe si se requerirá una investigación y un informe geotécnicos. El objetivo de la investigación geotécnica es ayudar al diseñador de la cimentación o del tanque (en el caso de tanques metálicos o de hormigón) a diseñar el tanque o tanques de forma adecuada para tener en cuenta el tipo de suelo y las especificaciones asociadas del permiso. Se recomienda consultar a un ingeniero geotécnico lo antes posible en el proceso de diseño de estos grandes sistemas. Esto es especialmente importante en el caso de tanques situados en pendientes, encima de estructuras o en zonas con riesgo de inundación o erosión.
- Asegúrese de que la escorrentía del agua de lluvia se aleje del tanque. Si el tanque se instala en una pendiente con una plataforma cortada, se puede hacer al instalar una zanja en V (biocanales de drenaje) en la parte inferior de la pendiente del corte que rodea la base del tanque. De este modo se garantiza que la escorrentía fluya alrededor y lejos del tanque. Si la pendiente del corte es significativa ( $>10$  ft verticales) y hay más de 10 ft de ladera inclinada por encima del tanque, o la escorrentía drena hacia la base del tanque, entonces también se recomienda una zanja en V (zanja de ceja) en la parte superior de la pendiente del corte (Figura 3-6). Este proceso de nivelación de tierra para proporcionar una plataforma para el tanque es significativo y probablemente requerirían un permiso de nivelación de tierra.
- Se deben tener en cuenta las alturas relativas de la canaleta y el tanque, ya que los tanques pueden tener muchas dimensiones. Asegúrese de que hay al menos 1 pie de diferencia de elevación vertical entre la parte superior de la tubería de conducción sellada y el invertido (elevación inferior) de la tubería de relleno (Figura 3-7). Si la diferencia es menor, en situaciones de gran caudal la tubería de conducción se puede rebosar por debajo de la canaleta en lugar de fluir hacia el tanque. Si se dispone de menos de 1 pie, se debe tener cuidado al dimensionar la tubería de conducción para permitir el caudal máximo.
- Si se usan varios tanques, todos se deben instalar a la misma altura para que funcionen como una gran unidad de almacenamiento interconectada (Figura 3-8 y Figura 3-9). Con varios tanques conectados por la parte inferior, el nivel de agua será el mismo en todos llenándose y vaciándose juntos aunque solo uno de ellos reciba la lluvia. Si los tanques se colocan a diferentes elevaciones, se requiere una conexión y tuberías de rebose más complicadas para que se utilice todo el volumen de almacenamiento.

*Figura 3-7: Línea de conducción húmeda que muestra elevación mínima  
(Fuente: Sherwood Design Engineers)*



- Se debe determinar una ubicación estable para el rebose del tanque. Cuando el tanque esté lleno, cualquier recolección adicional de lluvia hará que se desborde, y ese rebose debe ser mandado a un lugar donde no cause la inundación de estructuras o la erosión de los suelos. Los signos de una ubicación estable incluyen: ausencia de erosión activa, pendiente poco pronunciada (menos de 2:1) y un área que drene lejos del tanque y otras estructuras (Figura 3-10). Recuerde que el rebose representa la escorrentía de toda la zona de captación que se transporta a un único punto del jardín. Es muy importante que la ubicación del rebosadero pueda manejar ese volumen y caudal de agua.
- Es posible que un sistema de drenaje existente no sea adecuado para recibir el agua de rebose sin un rediseño hidráulico adicional si el proyecto de agua de lluvia combinó caudales hacia el almacenamiento desde múltiples bajantes y salidas hacia un drenaje que fue diseñado para uno solo. Se debería rediseñar este rebose concentrado si este caudal añadido puede causar erosión o inundaciones, en particular si el caudal concentrado sale ahora de la propiedad por un lugar diferente o atraviesa pendientes superiores a 2:1. El rebosadero debe estar situado lo suficientemente lejos del tanque para no saturar ni erosionar la base del tanque.
- Los tanques se pueden instalar adyacentes al edificio y, por tanto, las tuberías de llenar estarían secas y por encima del suelo, o más alejadas, donde las tuberías de llenado serían subterráneas y húmedas, como se describe con más detalle en la Sección 4: Sistema de llenar. Esta decisión depende del espacio disponible y de la estética de la propiedad.



*Figura 3-9: Ejemplo de múltiples tanques en la misma elevación (Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)*

*Figura 3-8: Tanques múltiples en la misma elevación  
(Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)*



*Figura 3-10: Disipador de rebose estable, protegido por roca  
(Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)*

## NOTAS



## Sección 4: **Sistema de llenar**

## SECCIÓN 4: SISTEMA DE LLENAR

### Objetivos de aprendizaje

1. Comprender qué materiales para techos son adecuados para los sistemas de captación de agua de lluvia.
2. Comprender la diferencia entre sistemas de llenar húmedo y seco.
3. Conocimiento básico de canaletas, bajantes y tuberías de transporte horizontal y el calculo de su tamano apropiado.
4. Conocimiento de la eliminación de residuos del agua de lluvia capturada.
5. Comprender las ventajas de un deflector de hojas y de la descarga de primeras aguas y cómo dimensionar uno.

## SUPERFICIE DE CAPTACIÓN: TECHO

- Se puede usar casi cualquier material duro o impermeable de la superficie del techo para capturar agua para sistemas de agua de lluvia no potables.
- Hay muchos tipos de materiales para techos, como los metálicos, los compuestos o las tejas de madera, los techos de tejas, los paneles solares, los revestimientos acrílicos, las láminas de PVC o los techos de polietileno (Figura 4-1).
- Los techos metálicos son el tipo de material preferido para la captación de agua de lluvia porque absorben poca lluvia, no generan escombros como las tejas y son los más rápidos en eliminar los contaminantes (Figura 4-2).
- Los techos de tejas absorben más agua y, por lo tanto, se transporta menos lluvia al tanque.
- Evite instalar sistemas de agua de lluvia en techos con madera tratada con retardantes del fuego, cobre, plomo o techos tratados con biocidas.
- El techo de tejas compuestas es una superficie de captación habitual, pero como acumula más residuos y algas, y desprende arena/agregados de forma natural, es importante instalar un filtro de primeras aguas y un deflector de hojas.
- Normalmente, la mayoría de los sistemas de agua de lluvia se basan en el techo existente sin cambiar su material.
- Si se acaba de instalar un techo, sería aconsejable permitir que las primeras lluvias están excluidos del sistema de captación para eliminar cualquier posible sustancia química nociva.
- Las superficies de techos debajo de árboles aumentarán significativamente la cantidad de residuos y la contaminación del agua de lluvia. En la medida de lo posible, se debe evitar si no se necesita el volumen de captación. De ser necesario, es fundamental disponer de una descarga de primeras aguas y de deflectores de hojas eficaces.
- Los grandes tanques de acero pueden usar la superficie del techo del tanque como superficie de captación adicional si se instalan canaletas o respiraderos en el perímetro del techo del tanque (Figura 4-3).

Figura 4-1: Tipos de superficie de techo (Fuente: Garner Roofing)



Figura 4-2: Ejemplo de techo metálico (Fuente: metalsales.us.com)



Figura 4-3: Respiraderos de la recolección de agua de lluvia en el techo del tanque (Fuente: Pioneer Water Tanks)



## CANALETAS

Las canaletas proporcionan el sistema inicial de control y conducción del agua de lluvia. Capturan la escorrentía difusa de los techos y la conducen a los bajantes en lugares idóneos para su recolección en una tubería. La mayoría de los sistemas de agua de lluvia usan las canaletas existentes, pero en el caso de nuevas construcciones o cuando se instalan canaletas específicamente para un sistema de agua de lluvia, se debe consultar el capítulo 11 del Código de Fontanería de California para conocer el tamaño y las normas de diseño. Muchos profesionales de diseño y contratistas, incluidos arquitectos, diseñadores de casas o contratistas de techos, pueden dimensionar las canaletas y los bajantes. Las canaletas y los bajantes pueden estar hechas de muchos materiales diferentes sin problemas de diseño significativos, lo que incluye al vinilo, aluminio, acero galvanizado, acero inoxidable, cobre o PVC. En el [Anexo C](#) se explica el determinación del tamaño de las canaletas con el CPC. Para una referencia rápida, la Tabla 4-1 a continuación incluye tamaños típicos de canaletas basados en área de techos para el Condado de Sonoma.

**Tabla 4-1. Tamaños de canaleta para superficies de techos en el condado de Sonoma  
Condado (Basado en 2022 CPC Tabla 1103.3)**

Tamaño de la canaleta con forma de K (pulg.)	Superficie del techo (ft <sup>2</sup> )
3	720
4	1,250
5	1,920
6	2,760

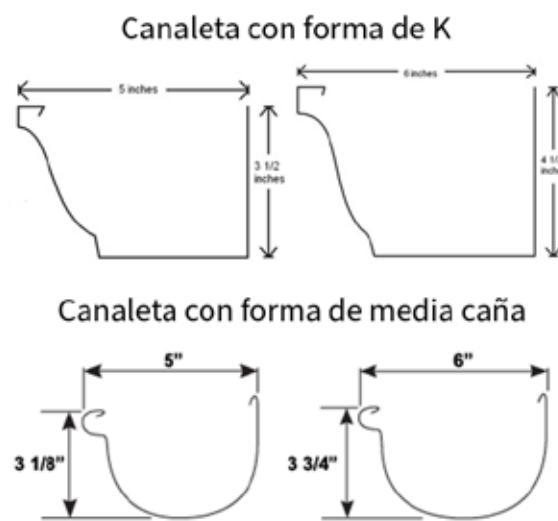
\*Dimensión de la abertura superior

Las canaletas suelen tener forma de K (Figura 4-4), aunque existen otras formas, como media caña, trapezoidal o rectangular.

## BAJANTES

Los bajantes son los tubos verticales que drenan las canaletas. Normalmente desembocan en el suelo o se conectan a un desagüe de lluvia que desemboca en un desagüe emergente cerca de la acera, la canaleta de la calle o un sistema de desagüe de escorrentía de lluvia abajo de la carretera. Los bajantes pueden ser redondos o rectangulares. La mayoría de los bajantes residenciales son rectangulares de 2 x 3 pulgadas. El tamaño de los bajantes se describe en el CPC y en el [Anexo C](#). La mayoría de los sistemas de captación de agua de lluvia están conectados a un bajante existente con un tubo circular. Para una referencia rápida, la Tabla 4-2 a continuación incluye los tamaños típicos de los bajantes según las superficies de techos de los condados de Sonoma y Marin.

*Figura 4-4: Formas típicas de canaletas  
(Fuente: stormmaster.com)*



**Tabla 4-2: Tamaños de bajantes para áreas de techos en el condado de Sonoma (Basado en 2022 CPC Tabla 1103.1)**

Diámetro de bajante circular (pulg.)	Áreas del techo (ft <sup>2</sup> )
2	1,440
3	4,400
4	9,200
6	7,000

*Nota: Asuma una intensidad de 2 pulgadas/hora, consulte el [Anexo C](#)*

- Los sistemas de captación de agua de lluvia recolectan el agua de uno o varios bajantes. Al bajante se lo suele cortar en la parte superior (cerca de la canaleta) y se desecha para poder instalar el deflector de hojas, el sistema de primeras aguas y la tubería de transporte.
- En la mayoría de los proyectos se recomienda usar un bajante circular con un diámetro mínimo de 3 pulgadas debido a su facilidad para conectarse con los deflectores de hojas disponibles en el mercado, los sistemas de primeras aguas y las tuberías horizontales, que deben ser más grandes que los bajantes verticales. Es posible que se necesiten bajantes más grandes para grandes áreas de techo.

## TUBERÍA DE TRANSPORTE HORIZONTAL

Los tanques de agua de lluvia rara vez se sitúan directamente debajo del bajante. En la mayoría de los casos, las tuberías horizontales transportarán el agua desde el bajante hasta la entrada del tanque, y desde el rebosadero del tanque hasta la ubicación del rebosadero. Uno o varios bajantes pueden drenar en una única tubería horizontal enterrada (línea húmeda) o montada contra la pared o suspendida del edificio (línea seca). Cuando varios bajantes desaguan en una tubería horizontal, se deben combinar las superficies de techo que desaguan en cada bajante para calcular el caudal máximo. Esto se aplica tanto a las tuberías de transporte húmedas como a las secas.

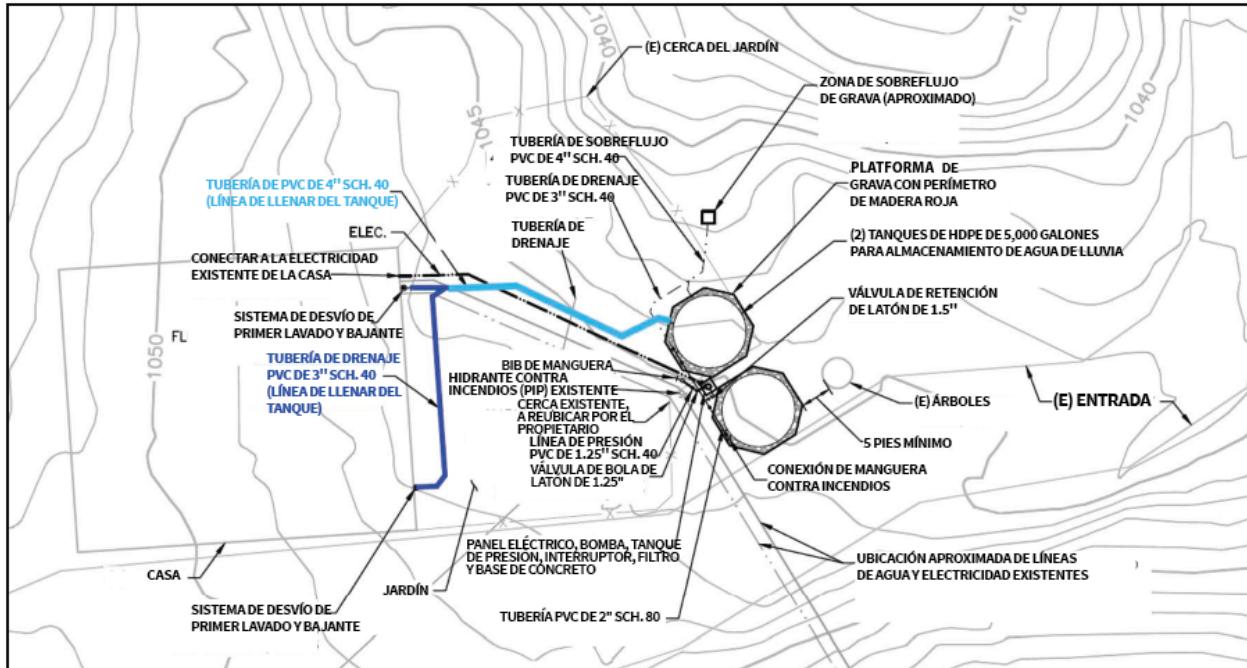
- El cálculo de la talla de la tubería de transporte horizontal se describe en el CPC y se explica con más detalle en el [Anexo D](#). La mayoría de las tuberías horizontales tienen un diámetro de 3 a 4 pulgadas para una vivienda residencial típica. A veces se usa una tubería de 2 pulgadas para líneas secas en sistemas pequeños (<500 galones). Para una referencia rápida, la Tabla 4-3 a continuación incluye los tamaños típicos de las tuberías horizontales típicas según las áreas de techos de los condados de Sonoma y Marin.

**Tabla 4-3. Tamaños de tubería horizontal para áreas de techos en los condados de Sonoma y Marin (Basado en 2022 CPC Tabla 1103.1)**

Tamaño de tubería horizontal (pulg)*	Áreas máxima del techo (ft <sup>2</sup> )
3	1,644
4	3,760
6	10,700

\*Basado en una pendiente de 1/8 de pulgada por pie (1 %) y una intensidad de lluvia de 2 pulgadas/hora.

Figura 4-5: Ejemplo de transporte complejo en línea húmeda (Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)



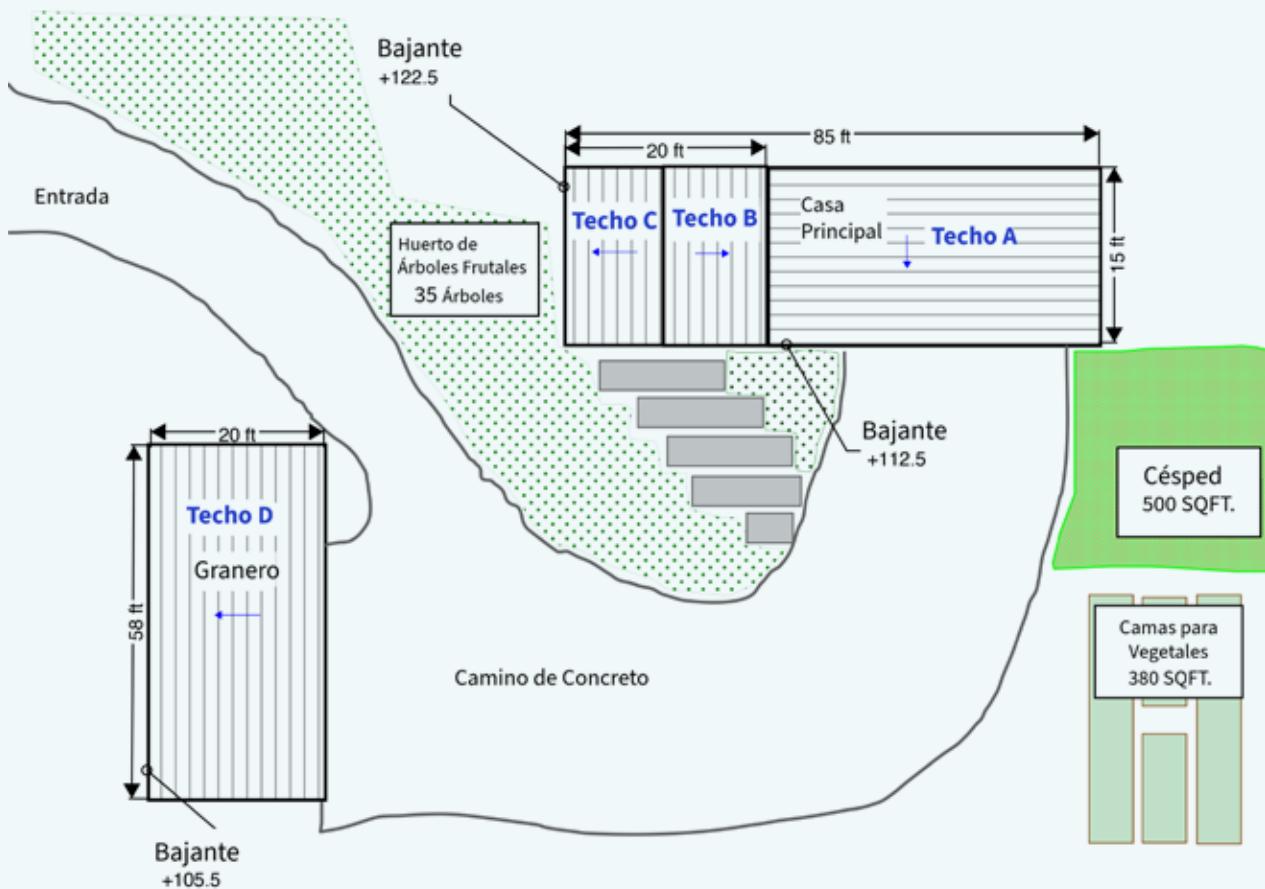
- Para los sistemas de línea húmeda, la diferencia de elevación entre la parte superior de la tubería de conducción sellada (normalmente en la parte superior del deflector de hojas) y el invertido de la tubería en la entrada del tanque debe ser lo suficientemente grande como para crear una “carga hidráulica” o un diferencial de presión, que proporcione la fuerza necesaria para mover el agua a través de la sección vertical de la tubería hacia el tanque. La tubería debe estar sellada estanca en toda su longitud, desde su punto de origen, debajo del bajante, hasta su final, en la entrada del tanque, para preservar esta carga hidráulica. De lo contrario, el agua recolectada se fugará por la tubería de transporte. Como regla general debe de haber un mínimo de 1 pie de diferencia de elevación si los tanques están a menos de 20 pies del edificio.
  - Cuando la tubería horizontal es superior a 20 pies o la diferencia de elevación es inferior a 1 pie, es importante tener en cuenta la pérdida por fricción al dimensionar la tubería. A medida que el agua se desplaza por una tubería, experimenta fricción con la pared de la tubería, lo que disminuye la velocidad del agua. A medida que aumenta el caudal, también lo hace la fricción, lo que puede contribuir a una pérdida de carga hidráulica y hacer que el agua retroceda y rebose en el deflector de hojas en lugar de fluir por la sección vertical hasta el tanque. En el [Anexo D](#) encontrará más información sobre cómo determinar la pérdida por fricción. El aumento del diámetro de la tubería de transporte horizontal al tamaño inmediatamente superior (es decir, de 3 a 4 pulgadas) es una apuesta segura y evita cálculos adicionales.
  - En sistemas complejos de línea húmeda en que los que varios bajantes se unen a una tubería de transporte horizontal, es importante dimensionar la tubería horizontal con la área máxima combinada del techo. Es posible que sea más económico usar bajantes más pequeños y aumentar el tamaño de la tubería horizontal a medida que se conectan más bajantes. La Figura 4-5 muestra un ejemplo en el que los bajantes y la primera sección de la tubería horizontal de la línea húmeda tienen un diámetro de 3 pulgadas (línea azul oscura) y la tubería aumenta a un diámetro de 4 pulgadas cuando recibe el caudal del segundo bajante (línea azul claro). Asegúrese de que todos los bajantes de los sistemas de línea húmeda cumplen el diferencial de elevación descrito anteriormente; de lo contrario, se deberá realizar cálculos de perdida por fricción para varias tuberías de transporte ([Anexo D](#)).

## EJEMPLO DE PROBLEMA 2: CALCULO DEL TAMAÑO DE LAS TUBERÍAS

**Planteamiento del problema:** A partir del problema de ejemplo 1, calcule si una canaleta con forma de K de 4 pulgadas en el granero (Figura 4-6) es lo suficientemente grande. Determinar el tamaño correcto de la tubería necesaria para el bajante y una tubería horizontal de línea húmeda para llevar los caudales recolectados desde el granero.

**Solución:** Con la superficie del techo del granero de 1,160 ft<sup>2</sup> (20 ft x 58 ft):

Figura 4-6: Ejemplo de Plano del Problema 2



**Tamaño de la canaleta:** La tabla de tamaños de canaletas (Tabla 4-1) permite hasta 1,250 ft<sup>2</sup> de superficie de techo para una canaleta con forma de K de 4 pulgadas. Por lo tanto, la canaleta existente es lo suficientemente grande para los 1,160 ft<sup>2</sup> de techo.

**Tamaño del bajante:** Según la tabla 4-2, un bajante de 2 pulgadas se puede ocupar de 1,440 pies cuadrados de superficie de techo. Aunque, en este caso, para facilitar la compra y la instalación, y para mejorar la estética, también es apropiado usar un tubo de 3 pulgadas para el bajante.

**Tamaño de tubería horizontal:** La Tabla 4-3 muestra que una tubería de conducción horizontal de 3 pulgadas puede absorber la lluvia de un techo de 1,644 pies cuadrados.

## ELIMINACIÓN Y FILTRADO DE RESIDUOS

Esta sección trata sobre las estrategias de eliminación de escombros y filtración usadas para remover contaminantes antes del almacenamiento. Filtración y el tratamiento después del almacenamiento del agua se discutirán en la [Sección 6: Sistema de distribución](#). De acuerdo con el capítulo 16 del CPC, todo tipo de uso no potable del agua de lluvia requiere un dispositivo separador de escombros. Un separador de escombros evita que la acumulación de hojas, agujas de pino, otros residuos y sedimentos obstruyan el sistema de transporte o entren en el tanque de almacenamiento y también puede proporcionar la exclusión necesaria de vectores como los mosquitos.

- Los deflectores de hojas son los separadores de escombros más usados. Se instalan fácilmente en un bajante existente al cortar el bajante por debajo de la canaleta al menos 1 pie por encima de el invertido de la entrada del tanque. Los deflectores de hojas (Figura 4-7) se dimensionan en función del tamaño del bajante. La mayoría usan una malla metálica inclinada para desviar los residuos hacia delante y hacia el suelo, al tiempo que dejan pasar el agua al sistema de transporte. Las mallas del deflector de hojas son desmontables para facilitar su limpieza y mantenimiento. Si los tanques de almacenamiento están situados significativamente abajo, también se pueden usar mallas a en la tierra. Asegúrese de que los deflectores de hojas esten instalados a una altura suficiente para proporcionar suficiente altura para drenar en el tanque de un sistema de línea húmeda (normalmente 1 ft por encima de la entrada del tanque). Instálelos según las instrucciones del fabricante.
- La malla para canaletas es otro tipo de separador de escombros. Normalmente requieren más mantenimiento que los deflectores de hojas y muchos son propensos a atascarse o dificultan la limpieza de materiales finos de las canaletas. Algunas mallas para canaletas, como las de alambre o espuma, acumulan desechos, estiércol y excrementos de aves y otros animales que pueden degradar gravemente la calidad del agua almacenada. Muchos sistemas se construyen sin mallas de canaleta y en su lugar usan un deflector de hojas.
- Los techos se pueden contaminar con polvo, polen, musgo, hojarasca y excrementos de pájaros y pequeños animales que no se pueden desviar con una malla. Los techos de tejas de asfalto generan una cantidad considerable de sedimentos y arenilla. Como tratamiento secundario para los residuos que pueden pasar a través de las mallas, se recomiendan los sistemas de "first flush" o de descarga inicial, pero no son obligatorios. Estos separan el torrente inicial de lluvia que escurre por el techo, que suele ser la más sucia. Un sistema de descarga inicial está situado después del separador de escombros y acepta el primer volumen de escorrentía. Una vez lleno, el agua de lluvia que fluye después sera más limpia y fluira hacia el lugar de almacenamiento (Figura 4-8).
- Normalmente se instala un sistema de primeras aguas en cada bajante. En sistemas más grandes o complejos con múltiples superficies de techo o controles automatizados, a veces se usa un único sistema de primeras aguas en el tanque de almacenamiento.

Figura 4-7: Deflector de hojas  
(Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)



Figura 4-8: Sistema de primeras aguas con tubería de transporte a la derecha  
(Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)



- El sistema de primeras aguas se suele construir con tuberías de 4 pulgadas de diámetro o más, con una longitud suficiente para crear el volumen necesario para capturar la mayor parte de los residuos que primero se escurren del techo, con el objetivo de capturar lo peor de los residuos sin desviar una cantidad significativa del agua pluvial del almacenamiento.
- Una guía para un tamaño común para los sistemas de primeras aguas cuando se recolectan de techos poco contaminados es 1 galón por cada 100 pies cuadrados de área del techo. Esta relación de volumen se puede aumentar para un techo más sucio (compuesto/teja/techo plano o cubierta de árboles) si se desea una mayor calidad del agua. Los tamaños típicos para techos poco, medianamente o muy contaminados oscilan entre 1 galón, 5 galones o 12 galones por cada 100 pies cuadrados respectivamente.
- En áreas con lluvias muy frecuentes y consecuentemente baja contaminación y escombros acumulados, es posible que no se necesite un sistema de descarga inicial. Consulte la Tabla 4-4 para recomendaciones de tamaño del sistema de primeras aguas y la Tabla 4-5 para el volumen de almacenamiento de tamaños comunes de tubería.

**Tabla 4-4: Tamaños típicos de sistemas de descarga para techos con baja contaminación**

Área del techo (sq ft)	Volumen de primera descarga (gal)	Longitud requerido de tubo de 3" (ft)	Longitud requerido de tubo de 4" (ft)	Longitud requerido de tubo de 6" (ft)
500	5	14	8	inconveniente
1,000	10	inconveniente	16	7
1,500	15	inconveniente	24	10
2,000	20	inconveniente	inconveniente	14

**Tabla 4-5: Volumen de almacenamiento de tubos regulares**

Tamaño (in.)	Volumen de agua por pie linear (gal)
3	0.367
4	0.653
6	1.47
8	2.61

*Figura 4-9: Kit de colectores del sistema de primeras aguas (Fuente: Rainharvest.com)*



- Cuando las tuberías verticales individuales no son prácticas, existen kits que reúnen múltiples tramos de tubería de 4 pulgadas para proporcionar el volumen de retención deseado (Figura 4-9). Los sistemas también se pueden colocar en posición horizontal e incluso enterrarse.
- Se debe vaciar los sistemas de primeras aguas entre eventos de lluvia que ocurran con dos o más semanas de diferencia para desviar el caudal contaminado inicial creado por los desechos recién acumulados. La mejor forma de hacerlo manualmente es instalar un tapón roscado no pegado en la parte inferior de la tubería de que se pueda desenroscar y volver a instalar entre tormentas.

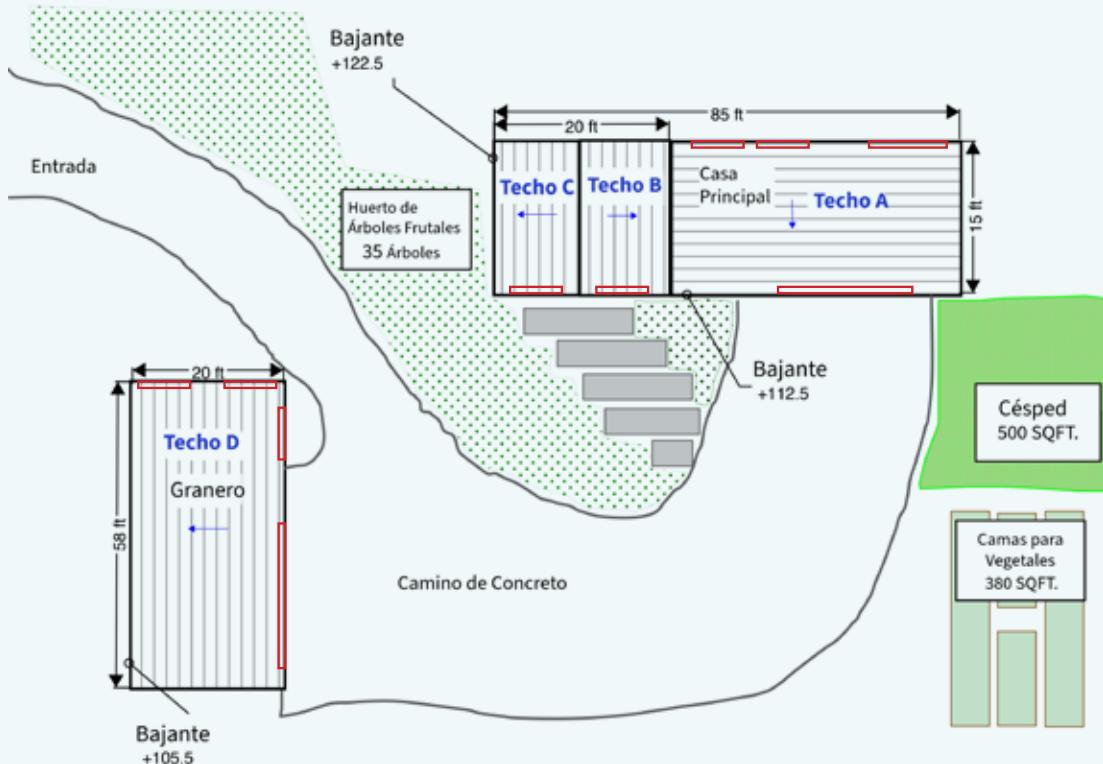
- Para automatizar el drenaje, algunos sistemas de primeras aguas usan una pequeña válvula de  $\frac{1}{4}$  de pulgada que se deja parcialmente abierta para permitir que se purgue o drene entre tormentas (Figura 4-10).
- Hay muchos otros sistemas de drenaje de primeras aguas que se venden en línea, tanto manuales como automatizados, o se puede construir uno desde cero. Cualquier sea el método usado, es importante tener en cuenta el importante volumen de residuos que se pueden acumular, lo que puede provocar atascos que causen que el sistema no funcione. También es importante tener en cuenta las necesidades del cliente y el nivel deseado de implicación en el mantenimiento de un sistema de primeras aguas.
- Algunos diseñadores no usan sistemas de descarga de primeras aguas y, en su lugar, optan por lidiar con la reducción de la calidad del agua y la acumulación de sedimentos en el tanque con otras estrategias o eligen desviar la primera cantidad de lluvia con desagües (manuales o automáticos). Los sistemas de primeras aguas se recomiendan cuando son prácticos y se va a realizar el mantenimiento, ya que reducen significativamente la cantidad de sedimentos y contaminantes dentro de los tanques de almacenamiento.

*Figura 4-10: Válvula de drenaje manual en el sistema de primeras aguas, se puede dejar abierta para que gotee lentamente  
(Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)*



## EJEMPLO DE PROBLEMA 3: DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE UN

*Figura 4-11: Ejemplo de Plano del Problema 3*



*Continuacion del problema de ejemplo.*

## SISTEMA DE PRIMERAS AGUAS PARA EL GRANERO

**Planteamiento del problema:** A partir de los problemas del ejemplo 1 y 2, la huella del techo del granero (Figura 4-11) es de 1,160 pies cuadrados de material para techos de metal sin cubierta vegetal. El techo tiene muy poca acumulación de polvo o escombros, y el agua de lluvia capturada se usará para el riego por goteo. Calcule el volumen necesario de primeras aguas y el tamaño y la longitud de la tubería necesarios para retener el volumen de las primeras aguas.

**Solución:** Para este techo poco contaminado, calcule un volumen de un 1 galón de aguas de descarga inicial por cada 100 pies cuadrados de superficie de techo.

$$1,160 \text{ sq ft} \times \frac{1 \text{ gal}}{100 \text{ sq ft}} = \text{se necesitan } 11.6 \text{ galones de volumen de primeras aguas}$$

$$\text{Si se usan tubos de 4 pulgadas: } 11.6 \text{ gal} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.653 \text{ gal}} = 17.8 \text{ ft de tubos de 4 pulgadas (usar kit de colector)}$$

Si se usan tubos de 6 pulgadas:

$$11.6 \text{ gal} \times \frac{1 \text{ ft}}{1.47 \text{ gal}} = 7.9 \text{ ft de tubos de 6 pulgadas (usar una sola longitud de tubo)}$$

## SISTEMA DE TRANSPORTE

La tubería de llenar se debe dimensionar con la información de la sección Tubería de transporte horizontal anterior y explicada con más detalle en el [Anexo D](#).

- La tubería de llenar del sistema de línea húmeda se entierra bajo tierra entre el bajante y el tanque. Una vez llena, cualquier agua nueva que entre en la tubería desde la canaleta/separador de escombros cae en el tanque debido a la carga hidráulica. Asegúrese de que hay al menos 1 pie de diferencia de elevación vertical entre la parte superior de la tubería de transporte y la entrada al tanque (rasante de la tubería de llenar) para permitir suficiente altura para empujar el agua al tanque por gravedad (Figura 4-12).
- El agua permanecerá en la sección enterrada de la línea húmeda de conducción durante todo el año.
- Las tuberías de la línea húmeda siempre deben estar inclinadas hacia un punto bajo, sin "jorobas" donde el aire pueda quedar atrapado en una elevación sellada de la tubería. No es crítico que se mantenga una pendiente determinada.
- Se recomienda encarecidamente añadir una válvula y una línea de drenaje en el punto más bajo de la tubería de conducción de línea húmeda enterrada, de modo que pueda drenarse una vez finalizada la temporada de lluvias y antes de cualquier helada prevista, para evitar daños en la tubería. También puede ser beneficioso para eliminar cualquier residuo acumulado antes de la temporada de lluvias. Con una válvula manual o automatizada, este desagüe de la línea húmeda puede actuar como sistema de primeras aguas. Sin embargo, se trata de una práctica arriesgada, ya que si se deja abierto el desagüe, no se transportará agua de lluvia al tanque. Además, este desagüe tendría que estar dimensionado para manejar el caudal máximo de agua previsto.

Figura 4-12: Tubería de transporte de línea húmeda con deflector de hojas (Fuente: Permaculture Artisans)



- Los sistemas de conducción en seco tienen tuberías suspendidas por encima del suelo entre el bajante y el tanque (Figura 4-13).
- Las tuberías de transporte en seco se usan normalmente cuando el tanque está cerca del bajante o bajante(s) de captación. De lo contrario, se debe añadir un soporte estructural adicional a la tubería suspendida (Figura 4-14).
- La tubería en seco debe tener una pendiente mínima de  $\frac{1}{4}$  de pulgada por pie para evitar la acumulación de desechos.
- Un sistema puede usar estrategias de línea húmeda y seca. Por ejemplo, dos bajantes cercanos se pueden conectar con una línea seca a un sistema compartido de primeras aguas y luego convertirse en una línea húmeda para transportar el caudal a un tanque distante.
- Las tuberías aéreas deben ser resistentes a la intemperie. Pueden ser de PVC SCH 40 pintado o también de PVC SCH 80.
- Las tuberías enterradas pueden ser de PVC SCH 40 o 20, SDR 35, ABS o HDPE. Se pueden usar tuberías metálicas, pero pueden presentar problemas de corrosión, sobre todo en la conexión de metales distintos. Hay que tener en cuenta que no se pueden unir tuberías de distintos materiales/clasificaciones sin adaptadores o pegamentos especiales. Las presiones en los sistemas de transporte agua de lluvia suelen ser muy bajas, por lo que las clasificaciones de presión no son relevantes.
- Es preferible usar adaptadores de Drain-Waste-Vent (DWV) para reducir la pérdida por fricción, los bloqueos y permitir una inspección/limpieza posterior (Figura 4-15).
- Las tuberías de llenar se dimensionan con la Tabla 1103.2 del CPC (consulte la Tabla 4-3). Aunque se usa la tubería de 2 pulgadas con frecuencia para los sistemas de recolección del agua de lluvia más pequeños, no funciona bien con muchos componentes de deflexión de hojas, por lo que muchos sistemas usan en su lugar tuberías de 3 pulgadas.
- El tamaño mínimo de la tubería de llenar suele ser de 3 pulgadas para los sistemas de tanques grandes, pero puede ser menor cuando se usan sistemas patentados como BlueBarrel. Las tuberías de rebose se tratarán en la [Sección 5: Almacenamiento de agua](#).

*Figura 4-13: Línea seca y sistema de primeras aguas (Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)*



*Figura 4-14: Tubería horizontal de transporte de línea seca soportada a tanque (Fuente: Sebastian Bertsch)*

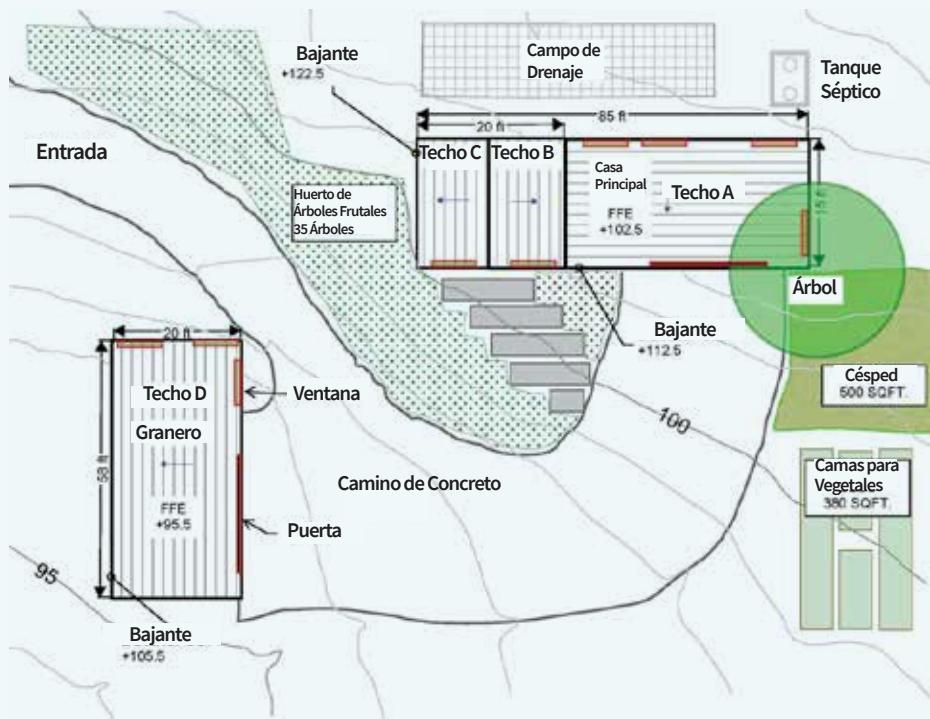


*Figura 4-15: Codo de barrido DWV (Fuente: Westhardware.com)*



## EJEMPLO DE PROBLEMA 4: SELECCIÓN DEL TECHO, TAMAÑO Y UBICACIÓN DEL TANQUE Y SELECCIÓN DEL MÉTODO DE TRANSPORTE.

Figura 4-16: Ejemplo de Plano del Problema 4



**Planteamiento del problema:** A partir de los problemas de ejemplo anteriores, el cliente desea un sistema de agua de lluvia de 10,000 galones y quiere regar uno de los tres espacios verdes de la figura 4-16 (huerto, césped o cama de verduras). La persona no quiere dañar su nuevo camino de entrada ni que los tanques y los sistemas de agua de lluvia sean muy visibles desde ventanas y puertas (en amarillo/rojo).

**Solución:** Un sistema de 10,000 galones podría regar el huerto (9,556 galones) o los lechos de vegetales (9,443 galones), pero la demanda de riego del césped (15,360 galones) es demasiado elevada. Recolección de la casa principal (potencial de captación techo A: 8,747 gal y techo B y C: 1,346 galones cada uno) no es ideal porque hay que capturar dos techos (A y B), lo que requiere más trabajo, la cubierta arbórea y el techo de asfalto hacen que la calidad del agua sea inferior, y no hay ubicaciones ideales para los tanques cerca de la casa (debido al paisaje, muchas ventanas y puertas, y el campo de lixiviación donde no se pueden colocar los tanques).

El granero (potencial de captación de 10,407 galones) puede llenar el sistema de 10,000 galones con un bajante y una canaleta de 5 pulgadas. El área detrás del granero es más plana, no bloquea las ventanas y podría ser alimentada por una línea seca de conducción. La canaleta se encuentra a 10.5 pies del suelo en esta ubicación. Esto deja 2.7 pies de caída a la parte superior de un tanque de 8 pies de altura, por lo que hay suficiente altura. Para simplificar la lista de materiales, se usarán tubos de tres pulgadas de diámetro para el bajante, la conducción horizontal de la línea seca y el rebosadero.

La irrigación se podría canalizar hasta el huerto sin cruzar ninguna superficie dura u otros servicios. El huerto está a mayor altitud que el granero, por lo que el agua de lluvia tendría que presurizarse con una bomba para regar el huerto.

## NOTAS



## Sección 5: **Almacenamiento de agua**

## SECCIÓN 5: ALMACENAMIENTO DE AGUA

### Objetivos de aprendizaje

1. Las diferencias entre tipos, formas, tamaños y materiales de tanques.
2. Los fundamentos de la cimentación de tanques.
3. De cómo instalar una tubería de entrada//llenar de tanques.
4. Diseñar un sistema de rebosadero.
5. Los medidores de nivel de agua.
6. La señalización necesaria para los sistemas de captación de agua de lluvia no potable.

# TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Existen tanques de almacenamiento de muchos tamaños, formas y materiales.

- Los tanques pueden ser tan pequeños como un barril de plástico de 50 galones (a menudo barriles azules reusados de grado alimenticio, Figura 5-1), tamaños medianos de 1,000 galones a 5,000 galones (Figura 5-2), o tamaños grandes de más de 5,000 galones, incluyendo tanques de acero de 100,000 galones o más grandes. Los tamaños típicos de los tanques residenciales oscilan entre 50 galones y 5,000 galones, ya que los tanques de 5,000 galones o menos no requieren permiso de construcción.
- Hay muchos tipos y formas diferentes de tanques.
  - » La más común es un cilindro.
  - » Hay tanques rectangulares u ovalados que ocupan menos espacio.
  - » Los tanques pueden ser vejigas flexibles tipo “almohada” que deben reposar sobre una plataforma nivelada.
- Los materiales de los tanques varían.
  - » El material más común y a menudo más asequible es el plástico de polietileno de alta densidad, o HDPE. Es resistente a la intemperie y apto para agua potable. Se recomienda usar un color más oscuro para evitar el crecimiento de algas debido a la exposición al sol.
  - » Los tanques metálicos también son comunes y se suelen usar para tanques de más de 5,000 galones. Estos incluyen acero atornillado, acero corrugado, y muchas otras variaciones. Algunos tanques metálicos tienen un revestimiento sintético que puede ser apto tanto para usos potables como no potables. Los tanques metálicos de más de 5,000 galones requieren un diseño de ingeniería tanto para el tanque como para los cimientos. Los tanques metálicos pueden pintarse o galvanizarse para protegerlos de la intemperie o, por un costo más elevado, se pueden fabricar en acero inoxidable resistente a la corrosión.
  - » Los tanques de hormigón son más comunes en las parcelas más grandes de las zonas rurales que en las pequeñas parcelas urbanas, debido a la mayor superficie que ocupan. Se pueden verter de forma que los cimientos formen parte integral del tanque. Se suelen moldear en el lugar y verterse con encofrados. Los tamaños más habituales son 5,000, 8,000 y 10,000 galones.

Figura 5-1: Sistema BlueBarrel de 100 galones  
(Fuente: [bluebarrelsystems.com](http://bluebarrelsystems.com))



Figura 5-2: Tanques de HDPE de diferentes tamaños  
(Fuente: [plastic-watertanks.com](http://plastic-watertanks.com))



- El hormigón puede plantear un reto de mantenimiento y durabilidad para el almacenamiento de agua de lluvia, ya que la mayoría de los tanques de hormigón funcionan mejor cuando se mantienen llenos de agua para evitar que el hormigón se seque y se agriete. Los tanques de agua de lluvia se suelen vaciar por completo al final de la estación seca, lo que puede agrietar el hormigón.
  - » Los tanques también pueden ser de fibra de vidrio, lo que es más habitual en los tanques subterráneos.
  - » Otros materiales son la madera, menos habitual, y las vejigas de plástico flexible para los tanques-almohada.
  - » Existen sistemas modulares para almacenar agua en espacios excavados, construidos debajo de espacios parquizados o duros. Estos sistemas incluyen estrategias como alcantarillas de gran diámetro, revestimientos de plástico llenos de grava o cajas modulares de plástico para proporcionar un espacio de almacenamiento sellado para el agua de lluvia que pueda soportar estructuralmente la carga del suelo y de los vehículos. El diseño de estos sistemas está fuera del alcance de esta formación.
- Los tanques nunca deben estar sujetos a la pared de un edificio, debido a problemas sísmicos.
  - Los tanques pueden estar en la superficie o enterrados bajo tierra.
  - Los enterrados:
    - » Son mucho más complejos y costosos.
    - » A menudo requieren un estudio de ingeniería geotécnica.
    - » Son problemáticos si se producen fugas, ya que pueden no ser visibles.
    - » Todas las tuberías conectadas a tanques enterrados deben ser flexibles para tener en cuenta el movimiento del suelo.
    - » También deben tener en cuenta el nivel de las aguas subterráneas y la flotabilidad. Si el nivel de las aguas subterráneas es alto, el tanque debe tener un lastre lo suficientemente pesado como para contrarrestar las fuerzas de flotación cuando el tanque esté vacío, a fin de garantizar que no se eleve fuera del suelo.
    - » Tiene requisitos especiales de llenado para garantizar que el tanque no sufra daños. El fabricante del tanque suele especificar estos requisitos.

A veces, los sistemas se diseñan con un pequeño tanque de transferencia en el edificio que bombea el agua (normalmente mediante una bomba sumergible de baja presión y gran caudal) a un tanque más grande situado a mayor altura. Esta configuración se usa cuando no se puede ubicar un tanque grande donde pueda recibir el agua de lluvia por gravedad desde el techo.

*Figura 5-3: Cimentación típica de un tanque*  
(Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)



*Figura 5-4: Brow-Ditch instalado en la parte superior del banco de corte*  
(Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)



## CIMIENTOS DEL TANQUE

Los cimientos de los tanques son un componente fundamental de su diseño. Un cimiento mal instalado puede provocar la falla del tanque y tener consecuencias potencialmente peligrosas. La siguiente información solo se aplica a los cimientos de tanques para sistemas pequeños de hasta 5,000 galones. Los sistemas más grandes (tanques de más de 5,000 galones) requieren un diseño geotécnico, que describa la preparación específica de los cimientos y la subrasante, y la obtención de permisos.

- Los tanques pequeños de menos de 1,000 galones se pueden colocar con frecuencia sobre losas de hormigón existentes u otros materiales duros. Los sistemas BlueBarrel son lo suficientemente ligeros (aproximadamente 430 libras por barril cuando están llenos de agua) como para colocarlos directamente sobre un subrasante de tierra compactada y nivelada, pero su fontanería es más fácil cuando se levantan del suelo con enrejados o bloques de mampostería de hormigón, lo que también eleva la altura de la tubería de desagüe para permitir el acceso (Figura 5-1).
- Preparación del subrasante. Si el tanque se va a colocar directamente sobre el suelo o sobre una plataforma directamente sobre el suelo, es importante que el suelo o "subrasante" se prepare adecuadamente.
  - » Elimine la vegetación y 6 pulgadas cm de la capa superficial del suelo de la zona, así como cualquier material orgánico, raíces, tocones y rocas de más de  $\frac{3}{4}$  de pulgada. El subrasante de la plataforma debe ser al menos 1 ft más ancho que la plataforma final.
  - » Asegúrese de que el área de la plataforma esté completamente nivelada.
  - » Si el suelo está seco, humedezca previamente y compacte el suelo húmedo con un compactador de placa vibratoria (disponible en muchas tiendas de alquiler de equipos).
  - » Las bases de tanques se colocarán siempre sobre una superficie excavada o "cortada". Nunca coloque un tanque sobre "relleno", salvo bajo la supervisión de un ingeniero geotécnico.
- Después de preparar el subrasante siguiendo los pasos anteriores, normalmente se coloca una estructura que contendrá los materiales de la base del tanque. La Figura 5-3 muestra un ejemplo de una base del tanque con estructura de madera en la pendiente del corte. Los diseños alternativos de plataformas de grava omiten el uso de una estructura y extienden la plataforma un mínimo de 3 ft más allá del diámetro del tanque en todas las direcciones.
  - » La estructura puede ser de metal o de madera.
  - » La estructura se debe construir para que se extienda un mínimo de 1 pie más allá del diámetro del tanque en todas las direcciones.
  - » Las estructuras simples se pueden construir en forma de cuadrado, círculo o hexágono.
  - » Para las estructuras de madera, se debe usar madera tratada a presión o de Redwood para evitar que se pudra.
  - » La estructura debe tener 6 pulgadas de altura para contener 6 pulgadas de material.
  - » Compruebe que la estructura está nivelada.
  - » También se puede retener el material de la plataforma (normalmente grava) por otros medios, como rocas grandes o suelo nativo inalterado, si la base del tanque se corta por debajo del nivel circundante.
  - » Una plataforma de grava no necesita un perímetro si es lo suficientemente grande como para extenderse más allá de un tanque de 3 pies en todas las direcciones.
- A continuación, rellene la estructura con el material de la plataforma, normalmente roca base agregada Clase II de  $\frac{3}{4}$ " (o grava angular). También se puede usar grava o arena, aunque estos materiales no se pueden compactar y la superficie superior se puede desplazar con el tráfico peatonal. Si por razones estéticas se requieren estos acabados, coloque el tanque sobre una base como se indica y, a continuación, rellene la superficie alrededor del tanque con el otro material.

- » Compacte la roca base con un pisón manual o un compactador de placa vibratoria.
  - » La grava debe tener un mínimo de 6 pulgadas de espesor y debe estar nivelada con la estructura.
  - » Compruebe una última vez que la plataforma esté nivelada. Aunque los fondos de los tanques de HDPE y metálicos suelen ser muy robustos y no se perforan, sigue siendo una buena práctica retirar cualquier trozo grande y suelto de grava de la plataforma para evitar cargas puntuales en el tanque que puedan provocar una falla. Siga las especificaciones del fabricante del tanque para la preparación de la base, si las hubiera.
  - » Si la grava/base de roca no se compacta bien, es posible que esté demasiado seca, por lo que se deberá añadir un poco de agua. Empiece despacio, ya que poca agua es mejor que demasiada. Si la grava está demasiado húmeda, se endurecerá y no se podrá compactar, además de pegarse a la placa de compactación.
- Asegúrese de que el suelo y el terreno alrededor de la plataforma siguen inclinados en dirección contraria al tanque, de modo que la lluvia se escurra lejos del tanque y no se acumule en un punto localizado en la base del tanque. A veces se instalan zanjas en V para drenar la escorrentía alrededor de la zona del tanque (Figura 5-4).
  - A continuación, coloque el tanque en la plataforma y céntralo. Los tanques más anchos que altos rara vez se anclan al suelo. Se desplazarán durante el primer llenado.

## ENTRADA AL TANQUE

Dependiendo del tipo de tanque y de los componentes específicos del modelo, la tubería de transporte entrará en el tanque con diferentes adaptadores.

- El CPC exige que el agua de lluvia entre en el tanque de forma que se impida la entrada de vectores como los mosquitos, ya sea con mallas que tengan huecos de no más de 1/16 de pulgada, o con adaptadores sellados. Los tanques de agua de lluvia casi siempre se llenan por la parte superior.

*Figura 5-5: Tanque con malla (Fuente: bunnings.com.au)*



*Figura 5-6: Adaptador de mamparo de tanque tipo Banjo (Fuente: zoro.com)*



*Figura 5-7: Adaptador de tanque Uniseal® (Fuente: usplastic.com)*



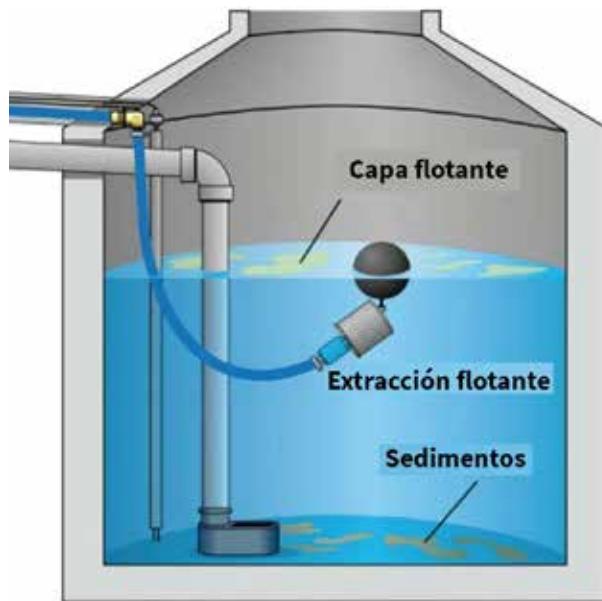
*Figura 5-8: Adaptador de mamparo de tanque atornillado (Fuente: zoro.com)*



En muy raras ocasiones, los diseños complejos de caudal de agua pueden tener un tanque de llenado de un adaptador en la parte inferior del tanque, pero que no está cubierto en este entrenamiento.

- » Algunos tanques están equipados con tapas con mallas, que permiten que la tubería de transporte simplemente vierta a través de la malla dentro del tanque (Figura 5-5). Si la malla impide la entrada de mosquitos, se cumplen los requisitos del CPC, pero también se debe tener en cuenta evitar que entre luz solar en el tanque, ya que esto favorece la formación de algas y la contaminación del agua. El diseño de la tubería de entrada debe permitir el retiro de la malla para su limpieza.
- » Cuando se utiliza un desviador de bajante patentado con una salida de manguera flexible (como el kit BlueBarrel o el filtro y desviador de bajante avanzado Clean Rain®), instálelo en un conector de mamparo de tanque según el manual del producto.
- » Si se usa un tanque de 250 a 5,000 galones, es probable que se deba instalar la entrada del tanque en la lateral del tanque, normalmente lo más alto posible. No es necesario sellar la entrada del tanque para evitar que se desborde, ya que está por encima de la elevación del rebosadero del tanque y, por consiguiente, el nivel de agua del tanque siempre estará por debajo. Lo ideal es que el tamaño de la entrada sea el mismo que el de la tubería de transporte. Los tanques de plástico suelen venir con un adaptador de mamparo tipo Banjo, que es posible que se necesite retirar para permitir un adaptador más grande que coincida con el diámetro de la tubería de conducción. Se pueden usar adaptadores de mamparo tipo Banjo para tanques (Figura 5-6), o un adaptador universal para tanques tipo Uniseal® (Figura 5-7).
- » El adaptador inferior de un tanque debe ser estanco y estructuralmente sólido para evitar fugas. Los adaptadores de mamparo tipo banjo preinstalados en la mayoría de los tanques se aprietan lo suficiente para ser muy fiables. Si se instala un adaptador adicional por debajo del nivel de agua del tanque, considere la posibilidad de usar un adaptador de mamparo atornillado, que es más fácil de apretar y proporciona una conexión segura (Figura 5-8).
- » Las tuberías de rebose deben ser estancas, por lo que se suele usar un adaptador de mamparo tipo Banjo.
- » Una entrada de reducción de velocidad se puede usar como prolongación de la tubería de entrada hasta el fondo del tanque, que sirve para repartir el caudal de entrada sin agitar los sedimentos y mejorar así la calidad del agua cerca de la superficie (Figura 5-9). Esta característica puede ser más crítica para los usos del agua de lluvia que requieren una calidad de agua superior a la del riego. A los efectos de esta formación para el riego de exteriores, no se recomienda una entrada de reducción de velocidad.
- » Existen componentes patentados, pero también se puede conseguir una toma de reducción de velocidad con un simple adaptador en T colocado cerca del fondo del tanque.

Figura 5-9: Entrada con ralentización y recolección flotante (Fuente: aqua-lity.co.uk)



- Si se usa una entrada con reducción de velocidad, hay que tener en cuenta que, en una línea de transporte húmeda, la tubería de conducción se elevaría verticalmente desde el suelo, luego entraría en codo en el tanque y luego bajaría en codo hasta el fondo del tanque. Este punto alto en una tubería sellada puede provocar una esclusa de aire, que se soluciona fácilmente al perforar una serie de orificios de 1/16 pulgadas en la parte superior de la tubería de transporte, dentro del tanque, o con una válvula de purga de aire, fuera del tanque.
- » A medida que el agua entra en el tanque, se debe expulsar el aire. Esto se consigue normalmente a través del rebosadero, pero también se recomienda asegurarse de que la tapa del tanque tenga un respiradero a prueba de mosquitos. Si el respiradero incorporado del tanque no es a prueba de mosquitos, instale una malla para evitar la entrada de mosquitos o selle el respiradero incorporado del tanque e instale un respiradero adicional con malla de 1 pulgada hacia el tanque, por encima de la elevación de entrada.

## REBOSE DEL TANQUE

Una vez que el tanque está lleno, se rebosa toda la lluvia adicional. Todo tanque que tenga una entrada de agua de lluvia necesita una tubería de rebose instalada de forma segura para cuando el tanque esté lleno. Un rebose bien diseñado debe tener en cuenta la mejor oportunidad para mejorar los caudales de agua a través del sitio y beneficiar a la mayor cuenca hidrológica. Se deben construir los rebosaderos para gestionar de forma segura el exceso de escorrentía del techo, pero también para maximizar la desaceleración, la dispersión, el hundimiento y el almacenamiento de la escorrentía en el suelo y en el acuífero subyacente. Nunca permita que los sedimentos o la escorrentía contaminada lleguen a un arroyo de agua.

- La tubería de rebose debe tener como mínimo el mismo diámetro que la tubería de llenar que transporta el agua de lluvia al tanque. Si varias tuberías de llenar entran en el tanque, la tubería de rebose debe tener capacidad para transportar el mismo caudal de agua que entra en el tanque (consulte la Tabla 5-1 a continuación para conocer los diámetros equivalentes de las tuberías de rebose). Normalmente, se recomienda combinar las tuberías de llenar en una sola tubería de conducción antes de entrar en el tanque.

**Tabla 5-1: Diámetro equivalente de la tubería de rebose**

Cantidad y diámetro de los tubos de llenar	Diámetro de la tubería de rebose única
Dos tubos de 3 pulgadas	4 pulgadas
Tres tubos de 3 pulgadas	6 pulgadas
Cuatro tubos de 3 pulgadas	6 pulgadas
Dos tubos de 4 pulgadas	6 pulgadas
Tres tubos de 4 pulgadas	8 pulgadas
Cuatro tubos de 4 pulgadas	8 pulgadas

- El método más sencillo para eliminar el rebose de un sistema de tanque es devolver ese caudal al desagüe al que fluían anteriormente los bajantes, suponiendo que el desagüe existente se diseñó e instaló correctamente. Si se combinaron varios bajantes en el tanque y se diseñó la ubicación del desagüe de rebose para un solo bajante, será necesario evaluar el sistema de desagüe existente y, posiblemente, rediseñarlo y modificarlo para manejar el rebose del sistema de agua de lluvia.
- Coloque el invertido de tubería de rebose 3 pulgadas más abajo que el invertido de la tubería de llenado

*Figura 5-10: Descarga del desbordamiento sobre ripio con malla de desagüe instalada (Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)*



*Figura 5-11: Unidad Bubble Up en un jardín de lluvia (Fuente: stormwater.cob.org)*



para garantizar un drenaje adecuado del rebosadero.

La tubería de rebose se debe sellar con un adaptador de mamparo para evitar fugas.

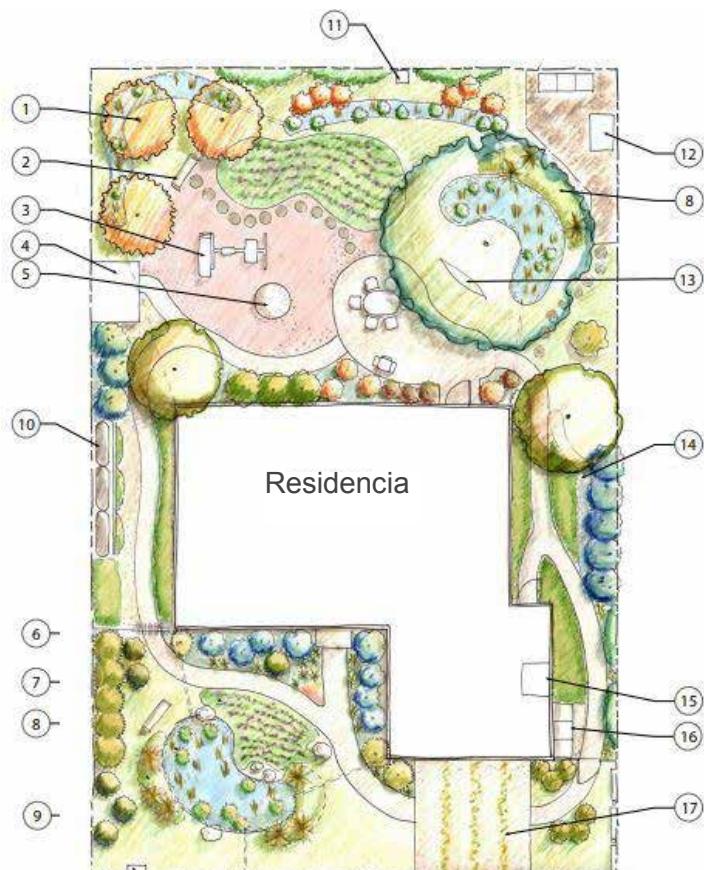
- Si hay varios tanques, la tubería de rebose debe estar situada en el mismo tanque que la tubería de llenado. De lo contrario, el agua tendrá que viajar a través de la tubería del colector del tanque, que a menudo tiene un diámetro más pequeño y puede causar una acumulación de agua en la tubería de llenado y, potencialmente, en el bajante y la canaleta. Si varios tanques tienen entradas de agua de lluvia (poco común y no recomendado), cada uno debe tener una tubería de rebose dedicada.
- La tubería de rebose debe fluir a un lugar a un mínimo de 20 ft de distancia (para tanques de 5,000 galones o más) del tanque para evitar cualquier erosión cerca del tanque o de los cimientos.
- Si el rebose se libera en la superficie del suelo que no es dura, la tubería de rebose debe descargar en algún tipo de base o cuenca que permitirá que la energía se disperse. El tipo más común de disipador es una plataforma de ripio. (Figura 5-10). La plataforma se debe construir con rocas lo suficientemente grandes como para resistir el movimiento cuando el agua de rebose drene sobre ella. Por lo general, los adoquines de 4 a 6 pulgadas son suficientes para la mayoría de los sistemas domésticos. Otros disipadores son los propagadores de nivel o las cuencas de infiltración de grava.
- Instale una trampilla con malla o sólida (consulte la Figura 5-10 anterior) en cualquier tubería de desagüe usada. Esto asegurará que los roedores e insectos no puedan entrar en el tanque cuando la trampilla esté cerrada.
- Si no hay una elevación adecuada para drenar una tubería de rebose sobre la superficie del suelo, lo que se denomina "luz diurna", entonces la tubería se puede guiar a una unidad Bubble Up.
- Una unidad Bubble Up es una pequeña salida de drenaje con agujeros en el fondo y una rejilla en la parte superior que permite que el agua burbuje hacia arriba y salga de la rejilla durante eventos de caudal alto (Figura 5-11).
- Cuando el caudal es bajo, el agua sale por los orificios de la unidad Bubble Up.
- La unidad Bubble Up debe estar rodeada de roca de drenaje para permitir cierta capacidad de almacenamiento alrededor de la estructura.
- Otro método excelente para eliminar el rebose de un sistema de tanque es dirigirlo a un jardín de lluvia, que es un canal o cuenca plantado que ayuda a frenar, esparcir, hundir y almacenar el agua en el suelo y en el acuífero subyacente.

- » Asegúrese de que el jardín de lluvia tenga plantas adaptadas a tolerar períodos de agua estancada, así como condiciones de suelo más seco, con plantas nativas de California como Juncus y Carex (Figura 5-12).
- » Diseñe el jardín de lluvia teniendo en cuenta el tipo de suelo, de modo que el agua estancada se infiltre en un plazo de 72 horas para evitar la proliferación de mosquitos. Como pauta general, se puede construir un jardín de lluvia para estancar el agua a una profundidad de 2 pulgadas para suelos arcillosos, 4 pulgadas para suelos limosos y mayores profundidades para suelos arenosos donde la alta percolación del agua hace que el estancamiento sea raro. Otros factores del suelo pueden afectar los índices de infiltración y percolación, por lo que se recomienda realizar una prueba de percolación para garantizar que se cumple la norma de infiltración de 72 horas.
- » Asegúrese de que el jardín de lluvia tenga un lugar de drenaje dedicado para el exceso del rebose del agua durante los eventos de tormenta pico. Este rebose se podría realizar con una entrada de drenaje o al construir un borde de rebose en el borde del jardín de lluvia para el caudal superficial. La elevación de la entrada de drenaje o del borde de rebose se debe ajustar a la profundidad máxima de estancamiento descrita anteriormente. El borde adyacente de la berma debe ser como mínimo 3 pulgadas más alto que el rebosadero o la entrada de drenaje para evitar reboses accidentales de otras zonas del estanque. El caudal se dirigirá entonces hacia el labio de rebose o la entrada del desagüe durante los eventos de caudal alto.
- » No instale jardines de lluvia donde el rebose durante las tormentas pico podría causar inundaciones o erosión, dentro de los 10 pies de edificios y subdrenajes, o dentro de 25 pies de campos sépticos a menos que sea diseñado y permitido por un profesional calificado.

*Figura 5-12: Jardín de lluvia con rocas y vegetación*  
(Fuente: Permaculture Artisans)

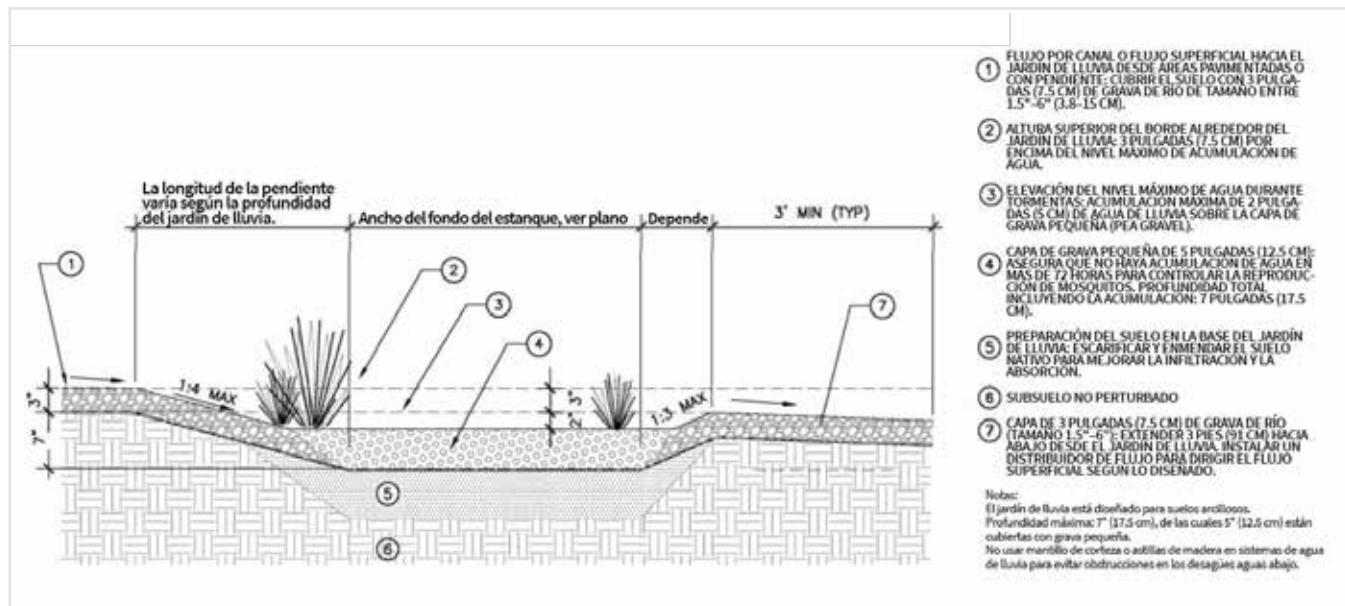


*Figura 5-13: Plantilla de jardín*  
(Fuente: savingwaterpartnership.org)



- » [Daily Acts<sup>1</sup>](https://dailyacts.org/faq-items/rain-gardens-101/) tiene recursos DIY para jardines de lluvia, lo que incluye a la selección de plantas y otras características para frenar, esparcir, hundir y almacenar el agua de rebosé.
- » En el [sitio web de la Sonoma Marin Saving Water Partnership<sup>2</sup>](https://www.savingwaterpartnership.org/programs_list/landscape-design-templates/) (Figura 5-13 y Figura 5-14) se pueden encontrar otros detalles sobre jardines de lluvia y listas de plantas para el condado de Sonoma.

Figura 5-14: Plantilla de jardín de lluvia (Fuente savingwaterpartnership.org)



1 <https://dailyacts.org/faq-items/rain-gardens-101/>

2 [https://www.savingwaterpartnership.org/programs\\_list/landscape-design-templates/](https://www.savingwaterpartnership.org/programs_list/landscape-design-templates/)

## EJEMPLO DE PROBLEMA 5: GESTIÓN DE REBOSES

**Planteamiento del problema:** Demuestre dos ejemplos de métodos de eliminación de reboses en entornos urbanos y rurales.

### Solución Ejemplo A: Jardín urbano de agua de lluvia

La figura 5-15 muestra un sistema urbano de captación de agua de lluvia con un espacio disponible mínimo para la gestión de reboses. Anteriormente, los bajantes drenaban en el suelo y luego desembocaban en una entrada de desagüe.

La adición de un jardín de lluvia entre los bajantes existentes y la entrada de desagüe existente permite la retención y la infiltración sin cambiar el drenaje existente de la propiedad. Una vez lleno, el jardín de lluvia se desborda a la entrada de drenaje existente. Este reboso estaba exento de permiso, ya que no cambiaba la forma en que el agua se desaguaba de la propiedad ni combinaba caudales de múltiples techos y bajantes.

### Solución ejemplo B: Biocanal de drenaje rural

Las figuras 5-16 y 5-17 muestran una vivienda en la que los bajantes existentes liberaban a lo largo de la casa o por debajo de ella. Un nuevo sistema de linea húmeda trasladó el agua de lluvia a un tanque en el patio delantero. Este rebosa en tres biocanales de drenaje con una capacidad combinada de aproximadamente 1,000 galones. Esta zona de infiltración está sobredimensionada y rara vez se llena porque la tasa de infiltración del suelo es muy alta. El reboso final se produce sobre el camino de entrada, donde los bajantes originales solían inundarse. Caudales anteriores en amarillo, nuevos caudales en azul.

Figura 5-16: Ejemplo de biocanal de drenaje rural  
(Fuente: Sebastian Bertsch/Google Earth)



Figura 5-15: Jardín de lluvia urbano (Fuente: Daily Acts)



Figura 5-17: Biocanales de drenaje (Fuente: Sebastian Bertsch)



## MEDIDOR DEL NIVEL DE AGUA

En todos los sistemas de cisternas se debe colocar un indicador del nivel de agua para saber cuánta agua queda en la cisterna.

- Estos medidores pueden ser sencillos, con un flotador, una polea y una cuerda, o más complejos, con varias poleas o sensores electrónicos (Figura 5-18).
- No se recomienda usar un tubo de plástico transparente para ver el nivel del agua, ya que puede introducir algas en el tanque y crear un punto débil para posibles fugas.

Figura 5-18: Indicador del nivel de agua (Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)



## SEÑALIZACIÓN

- El capítulo 16 del CPC contiene requisitos específicos para el etiquetado y la señalización de los sistemas de captación de agua de lluvia con el fin de proteger la salud humana y medioambiental.
- Las tapas de los tanques deben estar señalizadas como espacios confinados peligrosos. Los tanques que almacenen agua no potable deben llevar un letrero que indique que el agua no es potable y que no es segura para beber, con las palabras "PRECAUCIÓN: AGUA de Lluvia NO POTABLE, NO BEBER" (Figura 5-19).
- Se permiten el uso de grifos de manguera exteriores en los sistemas de tuberías de agua de lluvia y deben estar marcados con las palabras "PRECAUCIÓN: AGUA NO POTABLE, NO BEBER" (Figura 5-19) y el símbolo que se muestra en la Figura 5-20.
- Letreros en las salas de equipos: Cada sala de equipos, como un cobertizo para bombas, que contenga equipos de agua de lluvia no potable tendrá un letrero con el siguiente texto en letras de 1 pulgada (25,4 mm):
  - » "PRECAUCIÓN AGUA NO POTABLE, NO BEBER. NO CONECTAR AL SISTEMA DE AGUA POTABLE. AVISO: CONTACTE A LA GERENCIA DEL EDIFICIO ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO EN ESTE SISTEMA DE AGUA".

Figura 5-19: Ejemplo de letrero de agua no potable  
(Fuente: smartsign.com)



Figura 5-20. Señalización de grifo de manguera exterior





## SECCIÓN 6: **SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN**

## SECCIÓN 6: SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

### Objetivos de Aprendizaje

1. Comprender cómo se conectan varios tanques y cómo acceder al agua de un tanque.
2. Comprender los diferentes tipos de bombas y las aplicaciones adecuadas para su uso.
3. Familiarizarse con la determinación del tamaño básico de las bombas.
4. Conocer los conceptos básicos de filtración necesarios para el riego por goteo.
5. Conocimiento del determinación del tamaño de las líneas de distribución.
6. Conocimiento de los requisitos necesarios para el control de las conexiones cruzadas.

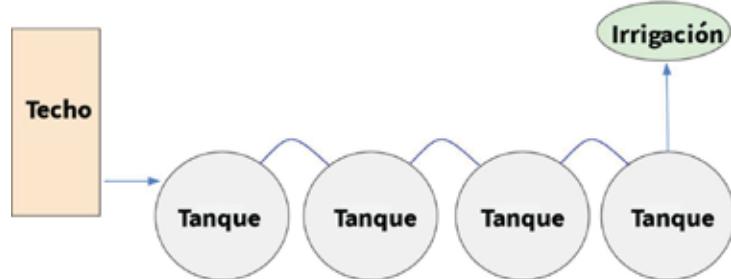
## MANIFOLD DEL TANQUE

- Un manifold es el conjunto de tuberías ubicado en la parte inferior de los tanques. Su función es controlar el flujo de agua desde los tanques hacia una línea de suministro compartida. Luego, el agua de lluvia se transporta por gravedad a las tuberías de distribución, o a una bomba si se necesita una mayor presión para distribuir el agua a una mayor elevación.
- Los tanques se suelen conectar entre sí mediante un manifold de tuberías, en el que la salida de cada tanque se conecta a una tubería de suministro compartida (figura 6-1).
- La conexión en serie de tanques (Figura 6-2), donde cada tanque tiene dos salidas y se conectan en serie solo a los dos tanques contiguos, no se recomienda excepto en sistemas pequeños (como los tanques BlueBarrel o Slimline de menos de 1,000 galones), ya que esto impide que los tanques se llenen de manera eficiente y hace que la operación y el mantenimiento sean más complejos.
- Un manifold bien construido debe permitir el aislamiento de cada tanque para facilitar su reparación. Cuando se usan varios tanques, lo ideal es vaciar uno a la vez, abriendo el siguiente a medida que se vacía el anterior, aunque esto requiere una mayor gestión del sistema. Esto evitará la pérdida de toda el agua almacenada en caso de fuga aguas abajo del manifold.
- Es fundamental que cada salida de tanque esté equipada con una válvula de cierre de alta calidad inmediatamente después del adaptador de mamparo del tanque (Figura 6-1). Esta válvula permite cortar el flujo de agua del tanque para facilitar el mantenimiento del sistema del colector y permite el control independiente de cada manifold. En un tanque de plástico de 1,000 galones o más, el adaptador de mamparo estándar es de 2 pulgadas y debe estar equipado con una válvula de compuerta o una válvula esférica de latón de 2 pulgadas. Es posible que las válvulas de bola requieran una fuerza significativa para funcionar y pueden torcer los adaptadores del tanque y causar fugas.
- La mayoría de los tanques se suministran con un adaptador de mamparo de alta calidad en la parte inferior del tanque. A diferencia de los adaptadores de entrada de los tanques, cuando se instalan adaptadores de mamparo adicionales en la parte inferior de los tanques no puede haber fugas. Aunque los adaptadores de mamparo tipo Banjo roscados de plástico son funcionales, considere un adaptador de mamparo que utilice pernos y tuercas metálicos para proporcionar una conexión segura y a prueba de fugas. Al perforar tanques de plástico, use una broca de sierra de metal del tamaño adecuado, girándola en sentido inverso.

Figura 6-1: Tanques con manifold, conexiones flexibles y válvulas de cierre  
(Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)



Figura 6-2: Diagrama de tanque en cadena, no es un método de fontanería aconsejable (Fuente: Sherwood Design Engineers)



- Cuando se llenan los tanques por primera vez, se asientan y se pueden mover, y se pueden desplazar aún más con el tiempo y durante los terremotos. Por consiguiente, la tubería de salida de cada tanque debe ser flexible, o con una longitud de PVC superior a 5 pies antes de que la tubería se fije al suelo, ya sea con una sección de PVC flexible (manguera de spa) o una tubería metálica trenzada flexible (Figura 6-1). Esto garantiza que los pequeños movimientos del tanque no dañen las tuberías del colector del tanque ni provoquen fugas en los adaptadores del mamparo del tanque.
- Se debe pintar todas las tuberías expuestas a la luz solar o se debe construir con PVC SCH 80 u otro material resistente y estable a los rayos UV. Como alternativa, se puede usar HDPE sin pintar para las tuberías aéreas y subterráneas.
- Todas las tuberías aéreas de 2 pulgadas o menos de diámetro deben estar aisladas para protegerlas de la congelación. En las zonas donde la temperatura suele estar por debajo del punto de congelación, es aconsejable aislar todas las tuberías aéreas, o instalarlas bajo tierra, y considerar qué partes del sistema se deben drenar antes de que lleguen los días más fríos.

*Figura 6-3: Conexión típica de manguera contra incendios (Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma)*



## PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

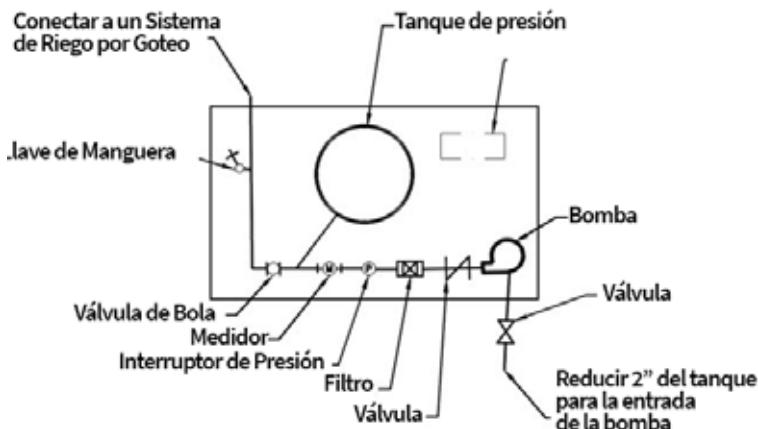
Por su diseño, un sistema de captación de agua de lluvia para riego se vaciará durante está diseñado para vaciarse durante el uso y, por lo tanto, no es un suministro de agua fiable durante todo el año para cumplir el código de incendios para reservas de agua en el lugar. Sin embargo, algunos tanques de sistemas de captación de agua de lluvia tienen un tamaño superior a la demanda de riego con el fin de proporcionar una parte de agua para la extinción de incendios. Además, como la temporada de incendios no se limita a finales de verano y otoño, se puede poner el agua almacenada a disposición de los equipos de bomberos como fuente opcional si está disponible.

Los sistemas con un volumen de 2,500 galones o mas pueden ser valiosos durante una emergencia. Contacte al servicio de bomberos local y informarles el volumen y la ubicación del tanque de agua de lluvia para evaluar su interés en esta fuente de agua y confirme el adaptador de conexión que requieren. El más común es un adaptador NH/NHT macho de 2.5 pulgadas para manguera de incendios (Figura 6-3), con una válvula de compuerta de 2 pulgadas. Este adaptador se puede instalar directamente en el tanque o en las tuberías del manifold. Los adaptadores deben estar equipados con un letrero que indique agua no potable y el volumen disponible del tanque. Dado que un tanque de lluvia puede no estar lleno en el momento del incendio, un indicador de nivel del tanque u otra señalización que indique la capacidad del tanque puede ser útil. Si se fija el adaptador contra incendios al manifold del tanque, se debe montar en un poste resistente. Este adaptador se usa a veces como drenaje del sistema para vaciar y limpiar los tanques. Algunos servicios de bomberos no intentarán bombear desde sistemas de agua de lluvia de calidad de agua desconocida, o desde tanques de plástico de pequeño volumen.

## BOMBAS

Los sistemas de captación de agua de lluvia más sencillos usan un grifo de manguera en el tanque para conectar una o para llenar una regadera si la presión es baja y se puede regar a mano. Al usar la gravedad para suministrar presión, por cada pie de diferencia de elevación se generan 0.43 psi (o 1 psi por cada 2.31 pies de

Figura 6-4: Diagrama del sistema de bomba de refuerzo sobre el suelo  
(Fuente: Sherwood Design Engineers)



diferencia de elevación). Para generar 15 psi con la gravedad (mínimo para la típica tubería de goteo en línea compensadora de presión) los tanques tendrían que estar a 35 pies por encima de la zona de riego.

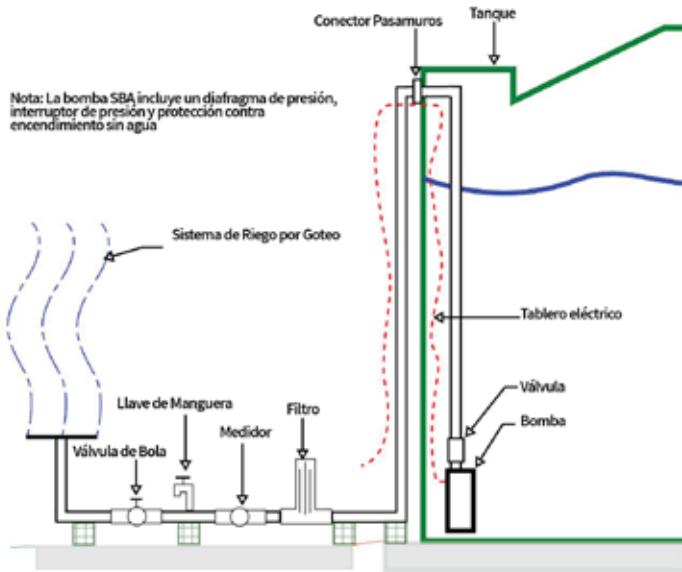
- Aunque hay sistemas de riego por goteo que usan una presión ligeramente inferior, muchos sistemas seguirán necesitando una bomba para poder usar las válvulas de riego automático estándar (que no se pueden cerrar correctamente a baja presión). Si se planea el riego por goteo o el punto de uso del agua de lluvia está cuesta abajo los tanques, es probable que se necesite una bomba.
- Las bombas son necesarias en los sistemas de captación de agua de lluvia cuando se requiere una presión específica (por ejemplo, para un sistema de riego) que no se puede alcanzar con la gravedad. La configuración típica de una bomba de refuerzo de presión incluye una línea de suministro procedente del manifold del tanque, la bomba con interruptor de presión, un tanque de presión, un filtro, un medidor de agua, un grifo de manguera y otros adaptadores, y la conexión final al sistema de riego (figura 6-4).
- Existen varios tipos de bombas, pero las dos más comunes para los sistemas de captación de agua de lluvia son las bombas de refuerzo de presión en superficie y las bombas sumergibles, que están bajo el agua dentro del tanque.
  - » Las bombas de refuerzo suelen ser las preferidas para los sistemas de agua de lluvia, ya que son de fácil acceso para su mantenimiento y reparación (figura 6-5).
  - » Las bombas sumergibles tienen algunas ventajas sobre las bombas de refuerzo porque suelen ser más silenciosas y requieren menos espacio mecánico (figura 6-6).
  - » Se puede usar bombas solares cuando no se dispone de una fuente de energía eléctrica. Los sistemas alimentados por energía solar pueden ser más costosos que otros sistemas de bombeo, ya que se necesita un panel solar y un panel de control para hacerlos funcionar. Son más apropiados para situaciones fuera de la red o cuando la bomba está situada a una distancia considerable de una fuente de alimentación. A menos que estén equipadas con baterías, sólo pueden bombear durante el día.
- Una bomba se dimensiona para proporcionar un caudal (gpm) y una presión (psi) adecuados para el sistema de riego.
  - » El caudal para dimensionar la bomba debe basarse en el caudal máximo que requerirá el sistema de riego en un momento dado.

Figura 6-5: Bomba de refuerzo sobre el suelo y tanque de presión (Fuente: Distrito de Conservación de Recursos de Gold Ridge)



- Este caudal máximo se puede calcular sumando los gpm de todos los emisores o aspersores que funcionarán al mismo tiempo. Se supone que solo habrá una zona de riego en funcionamiento en cada momento, por lo que se usará la zona con mayor caudal. Este será el caudal requerido en gpm de la bomba.
- » La presión necesaria (denominada altura dinámica total) para la bomba se determina al evaluar la presión que se necesita en el punto de uso (sistema de goteo, sistema de aspersión, etc.), así como cuánta pérdida de presión se producirá entre la bomba y el punto de uso.
  - La presión deseada en el punto de uso suele ser de 25 psi para los sistemas de riego por goteo residenciales, aunque 15-20 psi también pueden ser aceptables para ciertos tipos de riego por goteo.
  - La bomba también debe tener en cuenta las pérdidas de presión que se producen entre la bomba y el punto de uso. Estas pérdidas de presión se deben a la diferencia de altitud entre la bomba y el punto de uso (por ejemplo, si el jardín está más elevado que la bomba), así como a la pérdida por fricción que se produce cuando el agua recorre las tuberías y los adaptadores. Los cálculos para determinar estas pérdidas de presión se describen en los Anexos D y E.
  - Una vez conocida la altura dinámica total, se debe dimensionar la bomba para proporcionar la presión del punto de uso más las pérdidas de presión.
- » A menudo, un vendedor de bombas o una tienda de suministros de riego pueden ayudar a dimensionar y seleccionar la bomba adecuada. La información que necesitarán es el tipo de uso, la descripción del sistema de riego, el servicio eléctrico disponible y la presión y caudal deseados.
- » Una bomba de uso común para el riego residencial con agua de lluvia es una bomba de chorro de 110 voltios y caballo de fuerza (como la Goulds J5S) que proporciona un caudal máximo de 16.5 gpm a 30 psi. Es capaz de hasta 63 psi para el servicio de riego que está muy cuesta arriba, pero a un caudal inferior. Se trata de un tipo de bomba comúnmente disponible que puede funcionar con una toma de corriente típica de 15 A. En la Figura 6-5 se muestra un conjunto típico de bomba de riego pequeña.
- » Encontrará información adicional y ejemplos de problemas sobre el Medición y diseño de bombas en el [Anexo E](#).
- Las bombas suelen instalarse junto con un tanque de presión. Un tanque de presión se usa para proporcionar una presión constante a la línea de distribución, evitando que la bomba tenga que funcionar continuamente y no tenga que encenderse cada vez que se usa una pequeña cantidad de agua. Las bombas se encienden cuando la presión alcanza el valor bajo (controlado por un interruptor de presión) y, a continuación, bombean hasta alcanzar una presión de cierre alta. El rango de presión típico para una bomba de riego es de 30 -50 psi.
  - » Algunas bombas, como la Grundfos SBA sumergible<sup>1</sup> o la Grundfos Scala<sup>2</sup>, tienen pequeños diafragmas de presión incorporados y no requieren un tanque de presión adicional.

*Figura 6-6: Diagrama del sistema de bomba sumergible  
(Fuente: Sherwood Design Engineers)*



1 <https://api.grundfos.com/literature/Grundfosliterature-5141099.pdf>

2 <https://product-selection.grundfos.com/us/products/scala/scala2?tab=models>

- » En caso necesario, el tamaño del tanque de presión viene determinado por el caudal deseado, el intervalo de presión y el tiempo de funcionamiento de la bomba. Consulte las especificaciones de la bomba seleccionada, el caudal máximo de riego y la presión deseada.
- » En instalaciones típicas de un sistema de bombeo de 10-20 gpm que proporciona riego por goteo, es suficiente un tanque de presión de 80 galones.
- La bomba debe colocarse a una altura igual o inferior a la base del tanque, pero se puede colocar a una altura de hasta 25 ft por encima del tanque, siempre que la bomba pueda soportar esa cantidad de succión; consulte el manual del producto. Reduzca al mínimo la longitud de la tubería de succión entre la salida del tanque y la bomba.
- La bomba y el tanque a presión se deben instalar en una plataforma de hormigón y atornillarse a la misma, o estabilizarse de otro modo para evitar vibraciones y daños en las tuberías. Recomendaciones a continuación:
  - » La plataforma de hormigón debe ser lo suficientemente grande para que quupa todo el equipo y debe tener un grosor mínimo de 4 pulgadas.
  - » El concreto puede ser hecho con Quikrete 1101, con barras de refuerzo #4 grado 40 espaciadas a 12 pulgadas al centro.
- Si es posible, construya un pequeño cobertizo o cubierta para proteger la bomba, el tanque de presión y los componentes asociados.

## FILTRACIÓN Y SANEAMIENTO

Existen dos tipos de tratamiento para mejorar la calidad del agua: filtración (para eliminar sólidos) y desinfección (para eliminar patógenos). La filtración inicial se realiza con un deflector de hojas y un sistema de primeras aguas. La filtración adicional y la desinfección necesaria se suelen realizar después de la bomba. Un buen diseño de la superficie de captación y un buen mantenimiento del sistema de descarga de primeras aguas ([Sección 4: Sistema de llenar](#)) ayudarán a mejorar la calidad del agua de lluvia que se almacena en los tanques, de modo que los requisitos de tratamiento después del almacenamiento sean menos significativos o requieran menos mantenimiento.

Los sistemas de captación de agua de lluvia de menos de 360 galones de almacenamiento para riego por aspersión, o cualquier tamaño de almacenamiento usado para riego por goteo, tienen unas normas de calidad del agua muy mínimas. Para los sistemas de riego por aspersión de más de 360 galones de capacidad existen requisitos de calidad del agua más estrictos que añaden complejidad, costo y mayor mantenimiento. Por estas razones, se recomienda usar agua de lluvia no potable para el riego por goteo. No requiere desinfección, pero el sistema debe proporcionar lo siguiente:

- Separador de escombros. El sistema de captación debe impedir la entrada de residuos grandes y vectores, como se describió anteriormente en la sección 4. Esto se consigue normalmente con un deflector de hojas. El código no exige un sistema de primeras aguas, pero suele ser útil para mejorar la calidad del agua.
- Filtración. Los filtros para el riego por goteo no potable deben tener un mínimo de 100 micras para cumplir los requisitos del CPC. Esto garantiza que el sistema de goteo no se obstruya.
  - » Los filtros pueden ser las típicas mallas de riego por goteo, discos, bolsas, plisados o cartuchos.
  - » Los filtros típicos de 100 micras son mallas (de aproximadamente 150 mesh) que se pueden retirar y lavar fácilmente para su mantenimiento.
  - » El tamaño de los filtros debe ser suficiente para que no se produzcan pérdidas de presión significativas; por lo general, su tamaño es mayor que la salida de la bomba (para una salida de bomba de 1 pulgada, use un filtro de 1.5 pulgadas)

- Los requisitos mínimos de tratamiento y calidad del agua para los diferentes usos finales del agua de lluvia se encuentran en el CPC (Tabla 6-1).

**Tabla 6-1: CPC Tabla 1603.5 Tratamiento mínimo y calidad del agua (Fuente: 2022 CPC)**

APLICACIÓN	TRATAMIENTO MÍNIMO	CALIDAD MÍNIMA DEL AGUA
Lavado de coches	Sistema de filtrado de escombros u otro medio aprobado de acuerdo con la Sección 1603.14, y 100 micras (100 um) de acuerdo con la Sección 1603.15 para riego por goteo.	N/C
<i>Riego superficie, subsuperficial y por goteo</i>	Sistema de filtrado de escombros u otro medio aprobado de acuerdo con la Sección 1603.14, y 100 micras (100 um) de acuerdo con la Sección 1603.15 para riego por goteo.	N/C
Riego por aspersión cuando el volumen máximo de almacenamiento sea inferior a 360 galones (liters)	Sistema de filtrado de escombros u otro medio aprobado de acuerdo con la Sección 1603.14, y desinfección de acuerdo con la Sección 1603.12.	N/C
Riego por aspersión cuando el volumen máximo de almacenamiento sea igual o superior a 360 galones (liters))	Sistema de filtrado de escombros u otro medio aprobado de acuerdo con la Sección 1603.14	Escherichia coli: < 100 CFU/100 mL, y turbidez: < 10 NTU
Descarga de mingitorios e inodoros, lavado de ropa y cebado de sifones	Sistema de filtrado de escombros u otro medio aprobado de acuerdo con la Sección 1603.14, y 100 micras (100 um) de acuerdo con la Sección 1603.15.	Escherichia coli: < 100 CFU/100 mL, y turbidez: < 10 NTU
Fuentes ornamentales y otros elementos acuáticos	Sistema de filtrado de escombros u otro medio aprobado de acuerdo con la Sección 1603.14.	Escherichia coli: < 100 CFU/100 mL, y turbidez: < 10 NTU
Agua de reposición inferior para refrigeración	Sistema de filtrado de escombros u otro medio aprobado de acuerdo con la Sección 1603.14, y 100 micras (100 um) de acuerdo con la Sección 1603.15.	Escherichia coli: < 100 CFU/100 mL, y turbidez: < 10 NTU

## LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

La tubería entre la bomba (o el tanque en un sistema alimentado por gravedad) y el punto de uso se denomina línea de distribución.

- El PVC SCH 40 o el HDPE es un material común para esta tubería.
  - » Se puede considerar el uso de hierro dúctil o metal galvanizado para cualquier tubería que se extienda por encima del suelo, como la conexión a un grifo de manguera. Son materiales resistentes al fuego. Las tuberías verticales independientes con grifos de manguera se deben estabilizar con un poste u otro tipo de refuerzo para evitar tensar la tubería de distribución.
- El tamaño de la tubería se determina en función del caudal y la presión deseados en el punto de uso, así como de la selección de la bomba. El dimensionamiento de la tubería y la selección de la bomba suele ser un proceso iterativo, ya que una tubería más pequeña tendrá mayor pérdida por fricción, lo que requerirá una bomba más grande. El diámetro de la tubería de distribución se puede aumentar para reducir la pérdida por fricción (consulte la sección anterior sobre determinación de tamaño de bombas o el anexo E). Los tamaños típicos de las tuberías de distribución oscilan entre 1 pulgada para grifos de manguera individuales o zonas de riego pequeñas, 1.5 pulgadas para zonas de riego múltiples o 2 pulgadas para líneas de distribución largas que alimentan muchas o grandes zonas de riego.
  - » En el [Anexo E](#) se incluyen instrucciones detalladas para dimensionar una tubería de distribución.

## CONTROL DE LAS CONEXIONES CRUZADAS

La instalación más sencilla de un sistema de captación de agua de lluvia es la que está dimensionada para satisfacer completamente las necesidades de riego de la zona que se va a regar con agua de lluvia y no requerirá ninguna fuente de agua suplementaria o de reserva, y está completamente desconectada de cualquier fuente de agua existente (pozo, municipal u otra). De este modo se evitará cualquier contaminación accidental de la fuente de agua existente y, a menudo, se evitan los permisos relacionados con la fontanería existente.

Sin embargo, es difícil dimensionar un sistema de captación de agua de lluvia a para satisfacer con precisión las necesidades anuales de riego. Si la demanda real de agua de la superficie de riego seleccionada es inferior a la demanda estimada usada para dimensionar el almacenamiento, quedará agua de lluvia sin usar en el tanque cuando llegue la primera tormenta. Si la demanda real de la superficie de riego es superior a la estimada, o hay fugas de riego o condiciones de sequía, el agua se puede agotar antes de tiempo, antes de que las lluvias estacionales puedan satisfacer las necesidades de riego de las plantas y llenar el tanque. En este último caso, es posible que las plantas necesiten una fuente de agua alternativo para sobrevivir hasta que llueva.

Algunos operadores se limitan a regar manualmente con otra fuente de agua en el lugar que no esté conectada al sistema de captación de lluvia, como un pozo o un suministro municipal.

Una opción alternativa es conectar una fuente de agua de reserva directamente al sistema de riego para continuar usando el sistema de riego automatizado. El CPC permite esta conexión de agua de respaldo únicamente cuando se usa una separación de aire.

Cualquier conexión cruzada del sistema de captación de lluvia a un sistema de agua secundario plantea riesgos para la salud humana, ya que el agua de lluvia no tratada no es potable. El Capítulo 6 del CPC, Sección 603.0 Control de Conexiones Cruzadas, proporciona requisitos críticos para proteger las fuentes de agua potable contra la contaminación resultante de la conexión cruzada a un sistema de captación de agua de lluvia u otras fuentes de agua alternativas. Además, la sección 1605.3 del capítulo 16 del CPC detalla los requisitos de inspección y verificación de las conexiones cruzadas que se deben cumplir. Se debe seguir todos los requisitos de control de conexiones

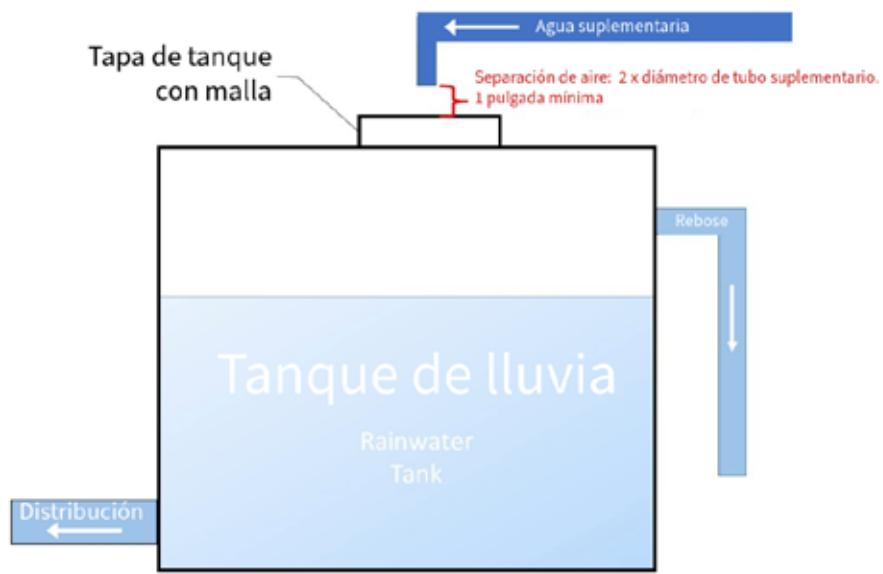
cruzadas del CPC para proteger la salud pública y se extraen en el Anexo F. La conexión de sistemas de captación de agua de lluvia a fuentes no potables, como agua reciclada o pozos de riego, también debe cumplir los requisitos de protección de conexiones cruzadas del CPC.

Si se desea conectar un sistema de captación de agua de lluvia a una fuente de agua de reserva, se puede hacer de dos maneras diferentes (sujeto a los códigos y reglamentos locales):

1) Relleno del tanque protegido por separación de aire.

- También se puede llenar el tanque de agua de lluvia

Figura 6-7. Separación de aire

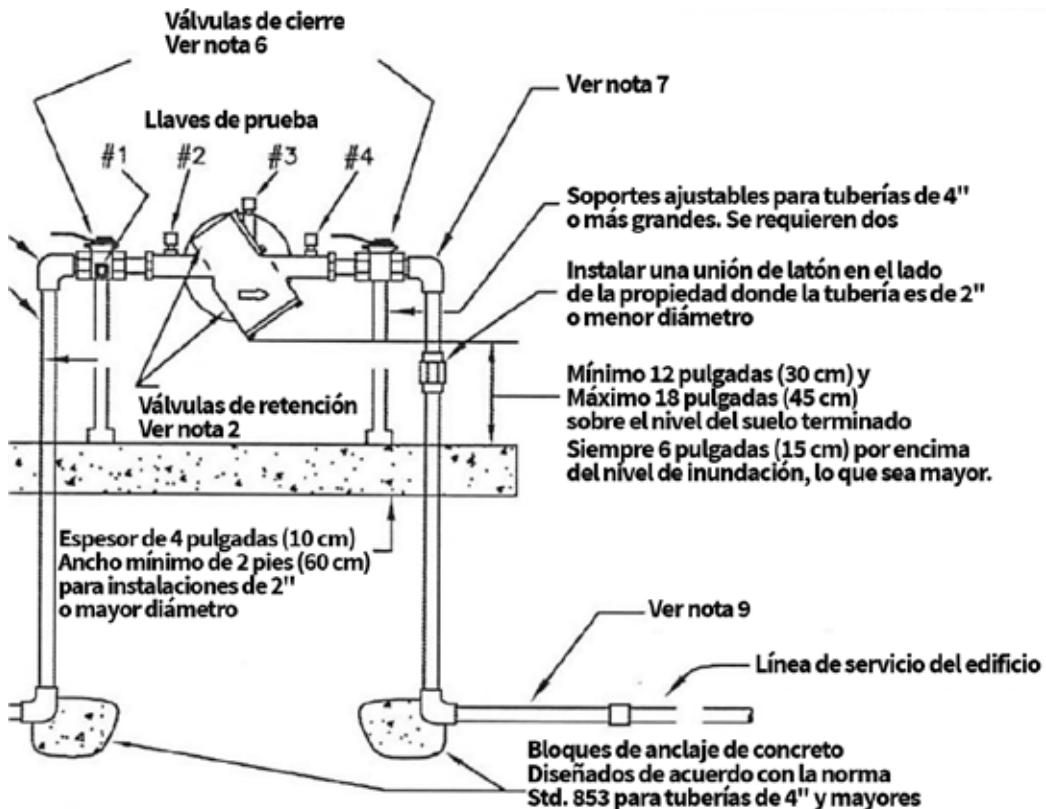


parcialmente con una fuente de agua alternativa siempre que esté protegida por una separación de aire (Figura 6-7). El método de separación de aire es muy seguro, ya que el agua de lluvia nunca entra en contacto con la tubería de suministro de agua alternativa. Tenga en cuenta que algunas jurisdicciones exigen un dispositivo antirretorno en el medidor independientemente de que el agua de reposición esté protegida por una separación de aire.

- » La fuente de agua secundaria se dirige por encima de la parte superior del tanque, a una distancia de al menos dos veces el diámetro de la entrada de la fuente de agua de reserva, no inferior a una pulgada. El agua debe caer al tanque a través de una entrada tamizada. Cuando el tanque está bajo, esta agua de reserva cae a través del aire y dentro del tanque, proporcionando suficiente agua para continuar operando el sistema de riego.
  - » El agua de reserva se puede controlar con una válvula manual en la línea de agua de reserva, o con válvulas mecánicas o automatizadas controladas por flotadores situados dentro del tanque. Los instaladores que usen sistemas de llenar automático deben considerar cómo limitar el agua añadida al tanque para preservar la capacidad de almacenamiento para el inicio de la temporada de lluvias. Existen opciones para usar una válvula de flotador mecánico o un interruptor de flotador y una válvula solenoide en combinación con una tubería de suministro de reserva y una separación de aire para llenar mínimamente el tanque para hacer funcionar el riego sin usar el volumen necesario del tanque para almacenar el agua de lluvia.
  - » Las opciones de llenar automático introducen cierto riesgo de funcionamiento continuo y pérdida de cantidades significativas de agua de reserva si se produce una fuga en el sistema de riego o en el tanque. Para evitarlo, se debe controlar los sistemas de llenar automático con un medidor de agua u otro dispositivo de detección de fugas.
  - » El uso de un sistema de relleno por separación de aire en sistemas de agua de lluvia que también usan una bomba de transferencia para presurizar y trasladar el agua del tanque a la zona de riego no suele ser eficiente. La presión de suministro de reserva se pierde como resultado de la separación de aire, y entonces se debe represurizar con la bomba. Si el tamaño del tanque se ajusta a la demanda de riego estacional, se minimizará la ineficacia al limitar el suministro de reserva necesario.
- Si se usa una opción de suministro de agua potable de reserva, el sistema se deberá someter a una inspección y prueba de conexiones cruzadas, tal como se describe en el capítulo 6 del CPC.
  - Consulte con la autoridad local competente los requisitos de conexión cruzada y el procedimiento de prueba.

2) Conjunto anti-retorno principal de presión reducida (RP, por sus siglas en inglés) conectado a la línea de distribución.

Figura 6-8. Dispositivo anti-retorno de presión reducida (Fuente: Ciudad de Santa Rosa<sup>3</sup>)



- Para proteger un servicio de agua potable contra la contaminación, a veces se usa en el medidor de agua un dispositivo anti-retorno de presión reducida, denominado conjunto anti-retorno principal de presión reducida (RP). Algunas jurisdicciones exigen una válvula anti-retorno en el medidor de agua, independientemente de si el sistema de agua de lluvia está conectada a una otra fuente del agua aunque tengan separación de aire.
  - » Un dispositivo anti-retorno de presión reducida, (figura 6-8) está situado en la línea de riego de agua potable existente, aguas arriba del flujo de la conexión cruzada de la líneas de riego y del agua de lluvia. Durante el funcionamiento normal, la fuente alternativa se cierra con una válvula (normalmente una válvula de bola de 3 vías para que quede claro cuál es la fuente de agua que alimenta el riego), y cuando el tanque de agua de lluvia está vacío, el operario cambia a la fuente alternativa. Para que esto ocurra automáticamente, se podría accionar una válvula solenoide controlada por un interruptor de presión cuando el sistema de agua de lluvia deje de generar presión (por falta de agua o falla de la bomba). Alternativamente, si la bomba está equipada con un interruptor de flotador para evitar el funcionamiento en seco, este interruptor también podría accionar una válvula solenoide.
  - » Los dispositivos anti-retorno de presión reducida prueban, normalmente una vez al año. Muchas jurisdicciones exigen que un profesional autorizado realice una prueba anual y la comunique al regulador local. Consulte el [Anexo F](#) para ver las instrucciones de prueba de conexión cruzada estándar que se encuentra en el Capítulo 16 del CPC.

## **NOTAS**



## Sección 7: **Mantenimiento del sistema**

## SECCIÓN 7: MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

### Objetivos de aprendizaje

1. Conocimiento de los requisitos del código para un manual de mantenimiento y operación.
2. Comprender el mantenimiento básico necesario.

## MANTENIMIENTO

- La sección 1601.6 del CPC de 2022 exige que el diseñador o instalador de un sistema de captación de agua de lluvia autorizado proporcione al propietario un manual de mantenimiento y operación. Debe incluir:
  - » Diagrama(s) de todo el sistema y la ubicación de los componentes del sistema.
  - » Instrucciones sobre el funcionamiento y mantenimiento del sistema.
  - » Instrucciones para mantener la calidad del agua requerida para los sistemas de captación de agua de lluvia.
  - » Detalles sobre la puesta en marcha, el apagado y la desactivación del sistema para su mantenimiento, reparación u otros fines.
  - » Frecuencias de prueba, inspección y mantenimiento aplicables según la sección 1601.5 del CCP.
  - » Un método para ponerse en contacto con el instalador o fabricante(s).
  - » Indicaciones al propietario u ocupante de que el manual permanecerá en el edificio durante todo el ciclo de vida de la estructura.
- Mantenimiento típico. Lo siguiente se debe realizar anualmente (consulte el [Anexo G](#) para la lista de verificación).
  - » Inspeccionar todo el sistema en busca de fugas, grietas u otras señales de mal estado.
  - » Inspeccione la tubería de conducción, tanto los sistemas "húmedos" como los "secos". Se puede comprobar la integridad de los sistemas de conducción húmedos que están enterrados mediante una prueba de fugas a baja presión usada para los sistemas de drenaje, o simplemente al llenarlos con agua y observar si baja el nivel en la tubería de conducción.
  - » Compruebe si hay fugas en el grifo de la manguera y sustituya la arandela u otras piezas según sea necesario.
  - » Inspeccione la bomba en busca de fugas al comienzo de la temporada de riego de verano. Una bomba equipada con un tanque de presión exterior no debe funcionar continuamente, y si lo hace, es posible que se necesite ajustar la configuración del tanque de presión. Las instrucciones de los tanques de presión suelen estar dentro de la tapa del interrumpor de presión.
  - » Inspeccione todas las tuberías y adaptadores alrededor de la bomba y compruebe si hay fugas o grietas y sustitúyalas.
  - » Canaletas: Limpie las canaletas antes de que empiece la temporada de lluvias. Las casas con más árboles cerca deben limpiar las canaletas con más frecuencia. Esto es por la calidad del agua y la seguridad contra incendios.
  - » Deflector de hojas: Limpie el deflector de hojas antes de la temporada de lluvias. Revise el deflector de hojas periódicamente durante la temporada de lluvias. Si se observa que sale agua por el bajante, es posible que esté obstruido, sobre todo en techos orientados al norte que acumulan musgo y algas.
  - » Sistema de primeras aguas: Vacíe el sistema de primeras aguas y retire los residuos antes de la primera lluvia. Si hay una válvula de purga instalada, asegúrese de que no esté obstruida. Inspeccione la válvula de purga/goteo entre eventos de lluvia. El goteo debería durar aproximadamente una semana después de una lluvia. En zonas con mucha suciedad, es posible que se necesite limpiar el sistema varias veces al año.
  - » Inspeccione la plataforma de ripio de rebose y verifique que el agua fluya correctamente cuando los tanques están llenos y que no haya erosión ni obstrucciones. Si se observa erosión, estabilice el suelo con rocas, vegetación u otros materiales de control de la erosión. Mantenga las plantas del jardín de lluvia y el mantillo según los planes del jardín.

- » Limpieza de los tanques: Monitoree los tanques para asegurarse de que no se acumulan sedimentos finos, de que no crezcan algas y que los insectos no tengan acceso a ellos. Limpie los tanques cuando haya poca agua almacenada en ellos. Para eliminar los sedimentos acumulados, cuando el tanque esté bajo, mezcle los sedimentos con una varilla introduciéndola por la tapa del tanque y, a continuación, abra el grifo de manguera o el desagüe más cercano al tanque, procurando no hacer pasar los sedimentos por ninguna bomba, filtro o medidor de agua. Para las algas, use agua y jabón para fregar el interior del tanque con un cepillo o una esponja (use una extensión para los tanques más grandes). No use cloro en los sistemas de riego. Enjuague el tanque con agua a través del desagüe del sistema. Use las válvulas de paso de aislamiento para desconectar un tanque cada vez para su limpieza. Asegure bien la tapa después de la limpieza. **Advertencia: nunca entre en un tanque de agua u otro espacio confinado solo o sin el equipo de seguridad y el entrenamiento adecuado, ya que podría sufrir lesiones o incluso la muerte.**
  - » Limpieza del filtro: Inspeccione y limpie el filtro o si se nota baja presión en el sistema de riego. Si el filtro parece obstruido, apague la bomba con el interruptor principal y siga las instrucciones del fabricante para limpiar el filtro. Algunos filtros se pueden lavar sin desmontarlos y otros se deben desmontar para su limpieza. Asegúrese de volver a colocar el filtro en la dirección correcta y vuelva a cerrarlo. Recuerde volver a encender la bomba.
  - » Si se prevén temperaturas bajo cero, drene el sistema de tuberías "húmedas" con la válvula de drenaje. Asegúrese de que la bomba esté protegida contra congelamiento durante cualquier helada invernal, ya sea con mantas aislantes o al construir una pequeña caseta o cobertizo alrededor de la bomba.
- El Distrito de Conservación de Recursos de Sonoma elaboró un video sobre el [funcionamiento y mantenimiento de la captación de lluvia<sup>1</sup>](#) en el que se detallan los pasos anteriores.

---

<sup>1</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=boyUkUTocU&t=2s>

## NOTAS

# Anexo A: Sistema de Información para la Administración de Sistemas de Riego en California



## ZONAS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN (ETO)

- 1** ZONAS COSTERAS CON DENSO BANCO DE NIEBLA: Nivel más bajo de ET0 en California, caracterizado por niebla densa.
- 2** ÁREAS COSTERAS CON NIEBLA MIXTA: Menos niebla y mayor ET0 en comparación con la zona 1.
- 3** VALLES Y LLANURAS COSTERAS, MONTAÑAS DEL NORTE: Más luz solar que en la zona 2.
- 4** LLANURAS Y MONTAÑAS AL INTERIOR DE LA COSTA SUR, AL NORTE DE SAN FRANCISCO: Mayor luz solar y ET0 en verano que en la zona 3.
- 5** VALLES INTERIORES DEL NORTE: Valles al norte de San Francisco.
- 6** ALTIPLANO DE LA COSTA CENTRAL Y CUENCA DE LOS ÁNGELES: Áreas costeras de mayor elevación.
- 7** LLANURAS DEL NORESTE: Áreas interiores con menor influencia marina.
- 8** ÁREA INTERIOR DE LA BAHÍA DE SAN FRANCISCO: Influencia marina moderada.
- 9** TRANSICIÓN DE COSTA SUR A DESIERTO: Zonas intermedias entre clima marino y desértico.
- 10** MESETA CENTRAL NORTE Y CORDILLERA DE LA COSTA CENTRAL: Áreas altas con fuerte luz solar en verano.
- 11** SIERRA NEVADA CENTRAL: Valles montañosos al este de Sacramento con influencia de la brisa delta en verano.
- 12** LADO ESTE DEL VALLE SACRAMENTO-SAN JOAQUÍN: ET0 bajo en invierno y alto en verano.
- 13** SIERRA NEVADA NORTE: Valles montañosos con menos influencia marina que en la zona 11.
- 14** TEHACHAPI Y MONTAÑAS DEL DESIERTO ALTO: Mucha luz solar y viento en verano.
- 15** VALLES DEL NORTE Y SUR DE SAN JOAQUÍN: ET0 ligeramente más bajo en invierno y más alto en verano que en zonas 12 y 14.
- 16** ZONA OESTE DEL VALLE DE SAN JOAQUÍN Y MONTAÑAS AL ESTE Y OESTE DEL VALLE IMPERIAL.
- 17** VALLES DEL DESIERTO ALTO: Áreas del desierto alto cerca de Nevada y Arizona.
- 18** VALLE IMPERIAL, VALLE DE LA MUERTE Y PALO VERDE: Desiertos bajos con alta radiación solar y calor.

## PROMEDIO MENSUAL DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ETO) POR ZONA (PULGADAS/MES)

ZONA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>1</b>	0.93	1.40	2.48	3.30	4.03	4.50	4.65	4.03	3.30	2.48	1.20	0.62	32.9
<b>2</b>	1.24	1.68	3.10	3.90	4.65	5.10	4.96	4.65	3.90	2.79	1.80	1.24	39.0
<b>3</b>	1.86	2.24	3.72	4.80	5.27	5.70	5.58	5.27	4.20	3.41	2.40	1.86	46.3
<b>4</b>	1.86	2.24	3.41	4.50	5.27	5.70	5.89	5.58	4.50	3.41	2.40	1.86	46.6
<b>5</b>	0.93	1.68	2.79	4.20	5.58	6.30	6.51	5.89	4.50	3.10	1.50	0.93	43.9
<b>6</b>	1.86	2.24	3.41	4.80	5.58	6.30	6.51	6.20	4.80	3.72	2.40	1.86	49.7
<b>7</b>	0.62	1.40	2.48	3.90	5.27	6.30	7.44	6.51	4.80	2.79	1.20	0.62	43.3
<b>8</b>	1.24	1.68	3.41	4.80	6.20	6.90	7.44	6.51	5.10	3.41	1.80	0.93	49.4
<b>9</b>	2.17	2.80	4.03	5.10	5.89	6.60	7.44	6.82	5.70	4.03	2.70	1.86	55.1
<b>10</b>	0.93	1.68	3.10	4.50	5.89	7.20	8.06	7.13	5.10	3.10	1.50	0.93	49.1
<b>11</b>	1.55	2.24	3.10	4.50	5.89	7.20	8.06	7.44	5.70	3.72	2.10	1.55	53.1
<b>12</b>	1.24	1.96	3.41	5.10	6.82	7.80	8.06	7.13	5.40	3.72	1.80	0.93	53.4
<b>13</b>	1.24	1.96	3.10	4.80	6.51	7.80	8.99	7.75	5.70	3.72	1.80	0.93	54.3
<b>14</b>	1.55	2.24	3.72	5.10	6.82	7.80	8.68	7.75	5.70	4.03	2.10	1.55	57.0
<b>15</b>	1.24	2.24	3.72	5.70	7.44	8.10	8.68	7.75	5.70	4.03	2.10	1.24	57.9
<b>16</b>	1.55	2.52	4.03	5.70	7.75	8.70	9.30	8.37	6.30	4.34	2.40	1.55	62.5
<b>17</b>	1.86	2.80	4.65	6.00	8.06	9.00	9.92	8.68	6.60	4.34	2.70	1.86	66.5
<b>18</b>	2.48	3.36	5.27	6.90	8.68	9.60	9.61	8.68	6.90	4.96	3.00	2.17	71.6

La variabilidad entre estaciones dentro de una sola zona puede ser de hasta 0.02 pulgadas por día en la zona 1 y durante los meses de invierno en la zona 13. La desviación estándar promedio del ETo entre sitios de estimación dentro de una zona para todos los meses es de aproximadamente 0.01 pulgadas por día, basada en las 200 estaciones utilizadas para desarrollar el mapa.

Source: [wwwcimis.water.ca.gov](http://wwwcimis.water.ca.gov)

## Anexo B: Cálculo del presupuesto de demanda de agua para riego

Se puede estimar la demanda de riego con un cálculo que tenga en cuenta el clima local, el tipo de planta, la eficiencia del sistema de riego y los pies cuadrados de jardín (Ecuación B-1 actualizada a partir de la Sección 3). A los datos meteorológicos locales necesarios se los denomina evapotranspiración de referencia (ET), que es una estimación de la pérdida de agua por evaporación del suelo y las superficies de las plantas, más la pérdida de agua por transpiración de las plantas medida con un cultivo de referencia específico. La ET se mide en pulgadas de pérdida de agua a lo largo de un periodo de tiempo específico, como diario, mensual o anual, y representa la cantidad de agua de la que se depende para mantener la salud de las plantas. Durante la estación seca, se debe reponer esta pérdida de agua con el riego para mantener un jardín sano.

Para estimar la demanda de riego del paisaje, se usa como cultivo de referencia el césped de temporada fría en buen estado y se le asigna un factor de planta (necesidad de agua) de 1.0, ya que tiene la mayor demanda de agua. A las plantas adaptadas para usar menos agua para su salud se les asignan factores de planta inferiores a 1.0 y se incluyen en el cálculo del presupuesto hídrico para reducir la demanda de agua. Para facilitar su uso, los tipos de plantas se agrupan por uso de agua en clasificaciones de uso de agua alto (0.7-0.9), moderado (0.4-0.6), bajo (0.1-0.3) o muy bajo (< 0.1). Según esta convención, las plantas de bajo consumo de agua no necesitan más del 30 % del agua que necesita el césped para mantenerse sanas (un 70 % menos). Las partes finales del cálculo del presupuesto hídrico toma en cuenta el espacio del jardín regado en pies cuadrados y en un factor de conversión de 0.62 para convertir pulgadas de agua en galones. Este cálculo se refina aún más teniendo en cuenta la precipitación efectiva y las diferencias de eficiencia de aplicación entre riegos. El cálculo se puede usar para estimar la demanda anual de agua, o una demanda mensual de agua, basándose en el uso de datos anuales o mensuales de ET y Precipitación. La ecuación es la siguiente:

### Ecuación B-1:

$$\text{Agua de riego (gal)} = [(Clima \times \text{Tipo de planta}) - \text{Lluvia}] \times \frac{\text{Superficie}}{\text{Eficiencia}} \times 0.62$$

$$\text{Agua de riego (gal)} = [(ET \times \text{Factor de la planta \%}) - \text{Precipitación efectiva}] \times \frac{\text{Superficie}}{\text{Eficiencia}} \times 0.62$$

$$\text{Agua de riego (gal)} = [(ET \times FP \%) - PE] \times \frac{LA}{IE} \times 0.62$$

En dónde,

- El factor de planta es el porcentaje de ET que una especie específica necesita para prosperar.
- La Precipitación efectiva es el 25 % de la precipitación total.
- Se estima una eficacia de riego del 55 % para los aspersores y del 90 % para el goteo.
- Los datos meteorológicos (ET) se pueden encontrar en el [Anexo A](#), Sistema de Información para la administración del Riego de California (CIMIS). La información sobre el factor planta puede encontrarse [en línea](#)<sup>1</sup>. Consulte en el anexo A un mapa de ET de California. Los cálculos se pueden realizar para cada zona de riego, lo que da como resultado una lista de estimaciones de la demanda anual de agua para cada válvula de riego. Los cálculos para mascotas y ganado también se pueden desarrollar a partir de su demanda promedio diaria de agua.
- El concepto completo de presupuesto hídrico del jardín del programa QWEL se encuentra en la sección 4 del [manual de referencia del programa QWEL](#)<sup>2</sup>.

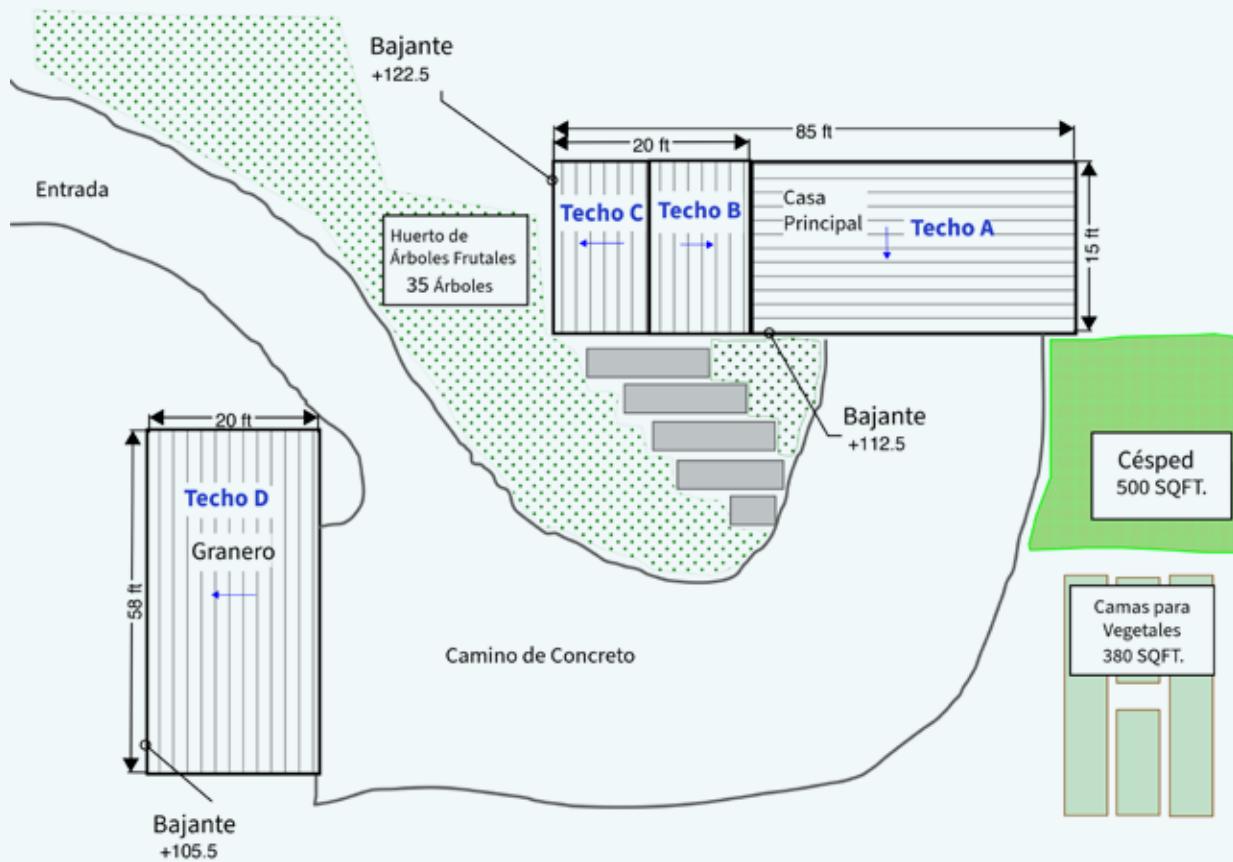
1 <https://ccuh.ucdavis.edu/wucols>

2 [https://qwel.net/files/QWEL\\_Refence\\_Manual\\_SMSWP\\_INTERACTIVE.pdf](https://qwel.net/files/QWEL_Refence_Manual_SMSWP_INTERACTIVE.pdf)

## EJEMPLO DE PROBLEMA 6: DEMANDA DE AGUA

**Planteamiento del problema:** Para una propiedad en Santa Rosa, calcule la demanda de agua de los diferentes espacios verdes (Figura B-1). Cada árbol frutal tiene un radio de 3 ft de superficie de riego por goteo (28.3 pies cuadrados cada árbol) con un factor de planta de 0.5. El huerto se riega por goteo con un factor de planta de 1.0. El césped se riega por aspersión con un factor de planta de 0.8.

Figura B-1: Ejemplo de Plano del Problema 6



### Solución:

Demandas de agua

$$\text{Agua de riego (gal)} = [(ET \times \text{Factor de la planta \%}) - \text{Precipitación efectiva}] \times \frac{\text{Superficie}}{\text{Eficiencia}} \times 0.62$$

ET anual para Santa Rosa = 43.9 pulgadas

Precipitación efectiva para Santa Rosa = 32 pulgadas x 0.25 = 8 pulgadas (consulte la Figura 3-3)

Lechos vegetales:

$$\text{Agua de riego (gal)} = [(43.9 \times 1.0) - 8] \times \frac{380 \text{ ft}^2}{0.9} \times 0.62 = 9,398 \text{ Gal}$$

Continuación del problema de ejemplo

Césped:

$$\text{Agua de riego (gal)} = [(43.9 \times 0.8) - 8] \times \frac{500 \text{ ft}^2}{0.55} \times 0.62 = 15,286 \text{ Gal}$$

Huerto:

$$\text{Agua de riego (gal)} = [(43.9 \times 0.5) - 8] \times \frac{990 \text{ ft}^2}{0.9} \times 0.62 = 9,510 \text{ Gal}$$

Como se describe en la sección 1, el uso previsto de agua de riego se puede calcular al medir el tiempo de riego y el caudal del sistema de riego. A continuación se muestran tres opciones.

### Ecuación B-2: Cálculo del Volumen de Riego Semanal

$$\text{Volumen de riego semanal} = \# \text{ riegos por semana} \times \text{minutos por riego} \times \text{caudal (galones gpm)}$$

- Por ejemplo, jardín regado a mano tres veces por semana durante 10 minutos cada vez con una manguera que fluye a 10 galones por minuto usa 300 galones por semana (3 riegos semanales x 10 minutos x 10 galones por minuto):

$$\text{Riego del arriate} = 3 \frac{\text{veces}}{\text{semana}} \times 10 \text{ minutos} \times 10 \text{ galones por minuto} = 300 \frac{\text{gal}}{\text{semana}}$$

- Los caudales de las mangueras en galones por minuto (gpm) se pueden calcular con una sencilla prueba de cubo que mide los segundos que tarda en llenarse un recipiente. Luego divida el número de galones en el recipiente por el número de segundos para llenarlo y multiplique por 60 para obtener gpm (Ecuación B-3).

### Ecuación B-3: Cálculo del Caudal de una Manguera

$$\text{Caudal de la manguera} = \frac{\text{Volumen del contenedor (galones)}}{\text{Tiempo se tarda en llenar (segundos)}} \times \text{Conversión de segundos a minutos}$$

Por ejemplo, un cubo de 5 galones se llena en 30 segundos:

$$\text{Caudal de la manguera} = \frac{5 \text{ gal}}{30 \text{ seg}} \times 60 \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 10 \text{ gpm}$$

- Se puede usar un método similar para el riego por goteo o micro aspersión al sumar el número de goteros o aspersores (los emisores de goteo suelen estar en el rango de 0.5-2 galones por hora, por lo que la tasa se debe dividir por 60) y multiplicar por el tiempo de riego (Ecuación B-4):

### Ecuación B-4: Volumen de Agua para Riego por Goteo

$$\text{Volumen de goteo} = \# \text{ emisores} \times \frac{\text{Caudal de los emisores (gph)}}{\text{Conversion de minutos a horas}} \times \text{tiempo de funcionamiento (min)}$$

Por ejemplo:

$$\text{Volumen de goteo} = 10 \text{ emisores} \times \frac{0.5 \text{ gph}}{60 \text{ min/hr}} \times 30 \text{ min} = 2.49 \text{ gal}$$

## Anexo C: Determinación de tamaño de canaletas y bajantes

### MEDICIÓN Y DISEÑO DE CANALETAS

Los requisitos de tamaño y diseño de las canaletas vienen dictados por el capítulo 11 del Código de Fontanería de California. La canaleta debe ser lo suficientemente grande como para transportar el pico del agua de lluvia de las secciones del techo que desembocan en él sin rebosar. El código de fontanería exige usar el periodo de retorno de 60 minutos y 100 años (también conocido como frecuencia de tormenta). La frecuencia de las tormentas (o periodo de retorno) es una estimación del tiempo que transcurrirá entre episodios de lluvia de un tamaño determinado. Por ejemplo, una tormenta de 60 minutos que genera 1.27 pulgadas de lluvia en Santa Rosa, tiene un periodo de retorno de 100 años. Tiene una probabilidad del 1 % de producirse cada año. Se usa la tormenta de 60 minutos y 100 años en el Código de Fontanería de California para dimensionar muchos componentes de un sistema de captación de agua de lluvia, como canaletas, bajantes y tuberías. Se trata de la profundidad de la precipitación que tienen una probabilidad del 1 % de caer en cualquier año durante un período de 60 minutos. La Tabla D 101.1 en el anexo D del CPC (Tabla C-1) enumera estos índices para varias ubicaciones en pulgadas de precipitación por hora.

**Tabla C-1: Intensidades de tormentas para ciudades de California (Fuente: CPC Tabla D 101.1 con datos adicionales del norte de la bahía de NOAA Atlas 14)**

CALIFORNIA	DRENAJE DE TORMENTA CON DURACIÓN 60 MINUTOS, 100 AÑOS DE RETORNO	
CIUDAD	pulgadas por hora	galones por minuto por pie cuadrado
Cloverdale	1.48	0.015
Eureka	1.50	0.016
Healdsburg	1.51	0.016
Lake Tahoe	1.30	0.014
Los Angeles	2.00	0.021
Lower Lake	1.20	0.012
Lucerne Valley	2.50	0.026
Napa	1.24	0.013
Needles	2.50	0.016
Occidental	1.92	0.020
Palmdale	1.50	0.031
Petaluma	1.36	0.014
Redding	3.00	0.016
San Diego	1.50	0.016
San Francisco	1.50	0.016
San Luis Obispo	1.50	0.016
San Rafael	1.80	0.019
Santa Rosa	1.27	0.013
Sonoma	1.21	0.013

- También se pueden encontrar estimaciones de intensidad más precisas basadas en la ubicación en el [Atlas 14 de Estimaciones de Frecuencia de Precipitaciones Puntuales de la NOAA](#)<sup>1</sup>. Haga clic en el enlace y, a continuación, seleccione su estado en el mapa o en el menú desplegable para abrir una nueva ventana del navegador con el nombre NOAA Atlas 14. En la parte superior izquierda de la ventana Atlas 14, use el menú desplegable Tipo de datos para seleccionar la intensidad de las precipitación y, a continuación, en 1c, escriba la dirección del emplazamiento del proyecto y haga clic en el ícono de búsqueda. Le aparecerá una tabla de intensidades en pulgadas por hora basada en la duración y eventos típicos de tormenta que puede usar para determinar el tamaño de la canaleta, como se describe a continuación.

Una vez que se conoce la tasa máxima de precipitación, la Tabla 1103.3 del CPC (Tabla C-2) proporciona la superficie máxima del techo que puede ser abastecida por una canaleta semicircular de cierto diámetro, a diferentes tasas máximas de precipitación. Con la superficie del techo que drena a un tramo de canaleta, así como el índice de precipitación, se usa para determinar el tamaño mínimo de la canaleta. Tenga en cuenta que la tasa de precipitación de inicio en la Tabla C-2 es de 2 pulgadas por hora y la mayoría de las áreas en los condados de Sonoma y Marin son menos de 2 pulgadas por hora de la Tabla C-1. Por lo tanto, un mínimo de 2 pulgadas por hora es aceptable para ser usado en la Tabla C-2.

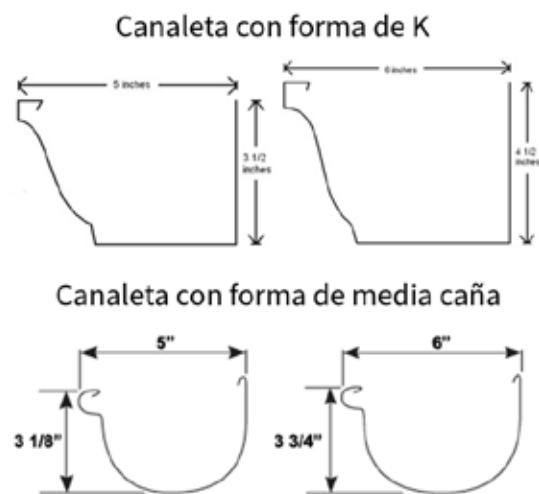
**Tabla C-2: Determinacion de tamano de la canaleta (fuente: 2022 CPC Tabla 1103.3)**

DIÁMETRO DE LA CANALETA (1/16 pulgada por pie de pendiente)	ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS MÁXIMOS SEGÚN LA SUPERFICIE DEL TECHO (pies cuadrados)				
pulgadas	2 (in/h)	3 (in/h)	4 (in/h)	5 (in/h)	6 (in/h)
3	340	226	170	136	113
4	720	480	360	288	240
5	1250	834	625	500	416
6	1920	1280	960	768	640
7	2760	1840	1380	1100	918
8	3980	2655	1990	1590	1325
10	7200	4800	3600	2880	2400

- Las canaletas generalmente se instalan con una pendiente hacia cada bajante, que varía de 1/16 de pulgada por cada pie de pendiente hasta 1/2 pulgada por pie. Si la canaleta es una sección única sin uniones con dos bajantes, puede instalarse nivelada. Cuanto mayor sea la pendiente de la canaleta, mayor será su capacidad de conducción, lo cual permite drenar un área de techo más amplia con un solo bajante. Para obtener más información sobre el diseño de canaletas, consulte el Capítulo 11 del CPC o consulte a un contratista de techos y canaletas con licencia.

La Tabla C-2 ofrece tamaños de canaletas para canaletas semicirculares o de medio círculo; sin embargo, en muchas propiedades residenciales locales se utilizan canaletas de estilo "K". Un tamaño común para canaletas de estilo "K" es de 5 pulgadas (ver Figura C-1).

*Figura C 1: Formas típicas de canaletas  
(Fuente: stormmaster.com)*



1 [https://hdsc.nws.noaa.gov/hdsc/pfds/pfds\\_map\\_cont.html](https://hdsc.nws.noaa.gov/hdsc/pfds/pfds_map_cont.html)

## DETERMINACION DE TAMAÑO DE LOS BAJANTES

El tamaño de los bajantes debe ser suficiente para transportar el caudal máximo en función del índice máximo de precipitaciones y de la superficie del techo que se desagua hacia ellos. Al igual que las canaletas, también se dimensionan en función de la frecuencia de las tormentas de 60 minutos y 100 años. Las recomendaciones de tamaño se pueden encontrar en el Capítulo 11 de la Tabla 1103.1 del CPC (Tabla C-3) que proporciona la superficie máxima del techo que puede ser servida por cada bajante de diámetro según la tasa máxima de precipitación. En la mayoría de los proyectos se recomienda usar un bajante con un diámetro mínimo de 3 pulgadas debido a su facilidad para conectarse con los deflectores de hojas disponibles en el mercado, los sistemas y las tuberías horizontales, que deben ser más grandes que los bajantes verticales. En casos de superficies de techo más grandes, puede ser necesario usar bajantes de mayor tamaño.

**Tabla C-3: Determinacion de tamano de los bajantes (fuente: 2022 CPC Tabla 1103.1)**

TAMAÑO DE LA TUBERIA	FLOW	SUPERFICIES MÁXIMAS DE TECHO PROYECTADAS HORIZONTALMENTE EN VARIOS TIPOS DE PRECIPITACIONES (pies cuadrados)											
		1 (in/h)	2 (in/h)	3 (in/h)	4 (in/h)	5 (in/h)	6 (in/h)	7 (in/h)	8 (in/h)	9 (in/h)	10 (in/h)	11 (in/h)	12 (in/h)
pulgadas	gpm												
2	30	2880	1440	960	720	575	480	410	360	320	290	260	240
3	92	8800	4400	2930	2200	1760	1470	1260	1100	980	880	800	730
4	192	18400	9200	6130	4600	3680	3070	2630	2300	2045	1840	1675	1530
5	360	34600	17300	11530	8650	6920	5765	4945	4325	3845	3450	3145	2880
6	563	54000	27000	17995	13500	10800	9000	7715	6750	6000	5400	4910	4500
8	1208	116000	58000	38660	29000	23200	19315	16570	14500	12890	11600	10545	9600

## Anexo D: Determinacion de tamaño de tubería de conducción horizontal

### DETERMINACION DE TAMAÑO DE TUBERÍA DE CONDUCCIÓN HORIZONTAL

Las tuberías de conducción horizontal deben ser capaces de transportar el caudal máximo de la escorrentía del techo y también se deben dimensionar en función de la frecuencia de la tormenta de 60 minutos y 100 años (como las canaletas y los bajantes). Las recomendaciones de tamaño se pueden encontrar en el Capítulo 11 de la tabla 1103.2 del CPC (Tabla D-1) y también se basan en las superficies de techos para captación y la pendiente de la tubería. Dado que la capacidad de caudal de la tubería aumenta a medida que la pendiente de la tubería es mayor, use la tabla para la sección menos profunda (menos inclinada) de la tubería horizontal que se usará.

**Tabla D-1: Determinacion de tamaño de tuberías horizontales (Fuente: 2022 CPC Tabla 1103.2)** <sup>1,2</sup>

TAMAÑO DE LA TUBERÍA	CAUDAL (1/8 pulgada por pie de pendiente)	SUPERFICIES MÁXIMAS DE TECHO PROYECTADAS HORIZONTALMENTE EN VARIOS TIPOS DE PRECIPITACIONES (pies cuadrados)					
		1 (in/h)	2 (in/h)	3 (in/h)	4 (in/h)	5 (in/h)	6 (in/h)
3	34	3288	1644	1096	822	657	548
4	78	7520	3760	2506	1880	1504	1253
5	139	13360	6680	4453	3340	2672	2227
6	222	21400	10700	7133	5350	4280	3566
8	478	46000	23000	15330	11500	9200	7670
10	860	82800	41400	27600	20700	16580	13800
12	1384	133200	66600	44400	33300	26650	22200
15	2473	238000	119000	79333	59500	47600	39650

Notas:

<sup>1</sup>Los datos de Medición y diseño de las tuberías horizontales se basan en tuberías llenas.

<sup>2</sup>Para índices de precipitación distintos de los indicados, determine la superficie de techo admisible al dividir la superficie indicada en la columna de 1 pulgada por hora (25.5 mm/h) por el índice de precipitación deseado.

- Con la tabla anterior, se puede diseñar fácilmente el tamaño de la tubería de conducción de la línea seca.
- Cuando la tubería de conducción horizontal es superior a 20 ft o la diferencia de elevación es inferior a 1 ft, es importante tener en cuenta la pérdida por fricción al dimensionar la tubería. A medida que el agua se desplaza por una tubería, experimenta fricción con la pared de la tubería, lo que disminuye la velocidad del agua. A medida que aumenta el caudal, también lo hace la fricción, lo que puede contribuir a una pérdida de carga hidráulica y hacer que el agua retroceda y rebose en el deflector de hojas en lugar de fluir por la sección vertical hasta el tanque. A continuación se incluye más información sobre la determinación de la pérdida por fricción.

## PÉRDIDA POR FRICCIÓN

La pérdida por fricción es la pérdida de altura, presión o energía del agua que fluye por una tubería debido a la rugosidad de la tubería o a las restricciones causadas por los adaptadores. La pérdida por fricción se suele usar indistintamente con el término pérdida de carga. Si la superficie de captación propuesta alcanza la superficie máxima admisible para el tamaño de tubería seleccionado (tal como se describe en la tabla 4.3 de la sección 4), si hay menos de 1 ft de diferencia de elevación entre la malla para hojas y la entrada del tanque, o si existe un sistema de conducción húmeda complejo o largo, es aconsejable comprobar la pérdida por fricción que se produce dentro de la tubería de conducción horizontal y evaluar si la tubería es demasiado pequeña para trasladar el caudal máximo de captación de agua de lluvia desde el techo hasta el tanque. El tamaño de la tubería puede comprobarse comparando la pérdida por fricción con la altura disponible (elevación entre la parte superior de la tubería de llenado, normalmente en el deflector de hojas, y la entrada en el tanque). Si la pérdida por fricción supera la altura disponible, el agua de lluvia desbordará el deflector de hojas y será necesario aumentar el tamaño de la tubería de conducción horizontal.

- Para calcular la pérdida por fricción, primero se debe conocer el caudal que circula por la tubería. El caudal, Q, es el volumen de agua que fluye a través de una tubería durante un cierto periodo de tiempo y se suele medir en pies cúbicos por segundo (cfs) o galones por minuto (gpm).
- El caudal se puede calcular de forma sencilla con el método racional<sup>1</sup>:

$$\text{Caudal (gpm)} = \frac{\text{Coeficiente de escorrentía} \times \text{intensidad} \times \text{Superficie}}{97}$$

$$Q = \frac{CiA}{97}$$

en donde

Q = caudal en gpm

C = coeficiente de escorrentía (0.9 para cualquier superficie dura, como un techo, ya que durante las grandes lluvias suponemos que no se pierde agua por evaporación o absorción)

i = intensidad de las precipitaciones en pulgadas/hora (para la tormenta de 60 minutos y 100 años, consulte la tabla D-2)

A = superficie del techo en pies cuadrados

97 es un factor de conversión a galones por minuto.

---

<sup>1</sup> El método racional se modificó para convertir el caudal de cfs a gpm y el área de acres a ft<sup>2</sup>.

**Tabla D-2: CPC Tabla D 101.1 sobre intensidades de tormenta (Fuente: 2022 CPC/Sherwood Design Engineers para North Bay, referencias de NOAA Atlas 14)**

CALIFORNIA	DRENAJE DE TORMENTA CON DURACIÓN 60 MINUTOS, 100 AÑOS DE RETORNO	
CIUDAD	pulgadas por hora	galones por minuto por pie cuadrado
Cloverdale	1.48	0.015
Eureka	1.50	0.016
Healdsburg	1.51	0.016
Lake Tahoe	1.30	0.014
Los Angeles	2.00	0.021
Lower Lake	1.20	0.012
Lucerne Valley	2.50	0.026
Napa	1.24	0.013
Needles	2.50	0.016
Occidental	1.92	0.020
Palmdale	1.50	0.031
Petaluma	1.36	0.014
Redding	3.00	0.016
San Diego	1.50	0.016
San Francisco	1.50	0.016
San Luis Obispo	1.50	0.016
San Rafael	1.80	0.019
Santa Rosa	1.27	0.013
Sonoma	1.21	0.013

- Alternativamente, el caudal se puede determinar con la Tabla D 101.1 del CPC (Tabla D-2). El caudal se puede determinar con los “galones por minuto por pie cuadrado de area de techo” indicados por ubicación.
    - » Por ejemplo, un techo de 2,000 pies cuadrados en San Francisco, una tormenta de 1.5 pulgadas/hr generará 0.016 gpm por pie cuadrado, o 32 gpm en total:
- $$2,000 \text{ sq ft} \times 0.016 \frac{\text{gpm}}{\text{sq ft}} = 32 \text{ gpm}$$
- Una vez determinado el caudal, se debe determinar la pérdida por fricción a lo largo de la tubería de conducción.
    - » La pérdida por fricción es la caída de presión que se produce cuando el agua se desplaza por una tubería con un caudal determinado. La pérdida por fricción se compone de la pérdida creada por las paredes de

la propia tubería, así como de las pérdidas menores causadas cuando el agua fluye a través de diversos adaptadores (es decir, codos y válvulas). Las pérdidas menores se pueden convertir en longitudes equivalentes de tubería, que a su vez pueden usarse para calcular la pérdida total por fricción en toda la longitud de la tubería.

- La pérdida de presión en los adaptadores se puede calcular con esta [calculadora de longitud equivalente](#)<sup>2</sup>.
  - Sume la longitud equivalente de la tubería a la longitud total de la tubería y use la [calculadora de pérdidas por fricción](#)<sup>3</sup>.
- » Compruebe esta pérdida por fricción en pies con la altura disponible: Siempre que esta pérdida por fricción sea inferior a la diferencia de altura entre la parte superior del bajante y el invertido de la tubería de llenado que entra en el tanque, el tamaño de la tubería es correcto. Intente aumentar el tamaño de la tubería si la pérdida de carga es demasiado grande.

## EJEMPLO DE PROBLEMA 7: PÉRDIDA POR FRICTION EN LA CONDUCCIÓN HORIZONTAL

**Planteamiento del problema:** Determine si la tubería de conducción horizontal tiene el tamaño adecuado.

En Santa Rosa, se captura agua de lluvia de un techo de 3,000 pies cuadrados. La diferencia de elevación entre la parte superior del bajante y la entrada del tanque propuesta es de 0.75 pies. La tubería de conducción horizontal propuesta tiene 100 ft de longitud, con cuatro codos de 90 °. Compruebe si una tubería de 3 pulgadas de diámetro es adecuada.

### Solución:

Determine el caudal que sale del techo a partir de la tabla D-1-1:

$$3,000 \text{ sq ft} \times 0.013 \frac{\text{gpm}}{\text{sq ft}} = 39 \text{ gpm}$$

La longitud equivalente del codo de 90 ° para una tubería de 3 pulgadas es de 7.7 pies

$$7.7 \text{ ft} \times 4 \text{ codos} = 30.8 \text{ ft}$$

La longitud total de la tubería más la longitud equivalente de la tubería es:

$$30.8 + 100 \text{ ft} = 130.8 \text{ ft}$$

La pérdida por fricción para una tubería de 3 pulgadas a 40 gpm (redondear 39 gpm hacia arriba) es de: 0.4 ft por 100 ft de tubería:

$$\text{Pérdida por fricción} = \frac{0.4 \text{ ft}}{100 \text{ ft}} \times 130.8 \text{ ft} = 0.52 \text{ ft}$$

Compruebe la altura disponible frente a la pérdida por fricción:

$$\text{Altura disponible} = 0.75 \text{ ft}$$

$$\text{Pérdida por fricción} = 0.52 \text{ ft}$$

$$\text{Pérdida por fricción} < \text{Altura disponible}$$

*Continuación del problema de ejemplo*

2 [https://www.engineeringtoolbox.com/pvc-pipes-equivalent-length-fittings-d\\_801.html](https://www.engineeringtoolbox.com/pvc-pipes-equivalent-length-fittings-d_801.html)

3 [https://www.engineeringtoolbox.com/pressure-loss-plastic-pipes-d\\_404.html](https://www.engineeringtoolbox.com/pressure-loss-plastic-pipes-d_404.html)

Aunque la pérdida por fricción es inferior a la altura disponible y técnicamente es aceptable, la diferencia es de solo unas pulgadas. Por lo tanto, se recomienda dimensionar hasta una tubería de 4 pulgadas.

La longitud equivalente del codo de 90° para una tubería de 4 pulgadas es de 10.1 pies

$$10.1 \text{ ft} \times 4 \text{ codos} = 40.4 \text{ ft}$$

La longitud total de la tubería más la longitud equivalente de la tubería es:

$$40.4 \text{ ft} + 100 \text{ ft} = 140.4 \text{ ft}$$

La pérdida por fricción para una tubería de 4 pulgadas a 40 gpm (redondear 39 gpm hacia arriba) es de: 0.1 ft por 100 ft de tubería:

$$\text{Pérdida por fricción} = \frac{0.1 \text{ ft}}{100 \text{ ft}} \times 140.4 \text{ ft} = 0.14 \text{ ft}$$

Compruebe la altura disponible frente a la pérdida por fricción:

$$\text{Altura disponible} = 0.75 \text{ ft}$$

$$\text{Pérdida por fricción} = 0.14 \text{ ft}$$

$$\text{Pérdida por fricción} < \text{Altura disponible}$$

# Anexo E: Determinación de tamaño de bombas y líneas de distribución

## DETERMINACION DE TAMAÑO DE LA BOMBA

Una bomba se diseña para proporcionar un caudal (gpm) y una presión (psi) adecuados para el sistema de riego.

- El caudal usado para diseñar la bomba debe ser el caudal máximo que requerirá el sistema de riego en un momento dado.
- La presión necesaria (denominada altura dinámica total o TDH, por sus siglas en inglés) para la bomba se determina al evaluar la presión que se necesita en el punto de uso (sistema de goteo, sistema de aspersión, etc.), así como cuánta pérdida de presión se producirá entre la bomba y el punto de uso.
- La TDH es la suma de las tres alturas. Tenga en cuenta que cada una de ellas se calcula en psi, pero a veces en las especificaciones técnicas se expresan como pies de cambio de elevación:

$$\text{Altura dinámica total} = \text{Altura de elevación} + \text{Altura de fricción} + \text{Altura de funcionamiento}$$

- » Altura de elevación: Cambio de elevación vertical (altura estática en psi) entre el fondo del tanque y el punto de uso. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Altura de elevación (pies)} = \text{Elevación del punto de uso (pies)} - \text{Elevación del fondo del tanque (pies)}$$

- » Altura de fricción: La altura requerida para vencer la resistencia al caudal en tuberías, adaptadores y válvulas debido a la fricción. También se denomina pérdida de carga o pérdida por fricción.
  - Los fabricantes de filtros y medidores de agua proporcionan la pérdida por fricción esperada en sus productos a diferentes caudales.
  - Los cálculos de la pérdida por fricción se describen en el [Anexo D](#). Sume la pérdida por fricción de todos los componentes entre la bomba y la válvula de riego.
- » Altura de funcionamiento: Presión deseada en el punto de uso (la presión promedio es de 40 psi, aunque 15 psi-25 psi también pueden ser aceptables para ciertos tipos de riego). Se necesita una presión más alta en la bomba para tener en cuenta las pérdidas a través del medidor de agua, los filtros y las tuberías de distribución. Se puede administrar una presión más alta para imitar la presión de suministro municipal y luego usar un reductor de presión para obtener las presiones de riego óptimas. Consulte las especificaciones del fabricante para los dispositivos de emisión de riego específicos.
  - La presión en psi se puede convertir a pies verticales mediante la siguiente conversión:

$$1 \text{ psi} = 2.31 \text{ ft de altura}$$

- Una vez determinados el caudal y la TDH, se pueden usar las especificaciones del fabricante de la bomba para determinar la bomba adecuada que se debe seleccionar. Seleccione una bomba que pueda proporcionar el caudal y la presión deseados sin estar en los límites superior o inferior de la bomba. Tenga en cuenta que la altura de succión (la altura a la que se encuentra la bomba por encima del nivel del agua del tanque) reduce significativamente la capacidad de la bomba. Algunas bombas no tienen la capacidad de succionar agua y se debe colocar por debajo del nivel del agua. Intente colocar la bomba al nivel de la salida del tanque o por debajo de este y minimice la longitud de la tubería del manifold antes de la bomba. A continuación se muestran las especificaciones de una bomba de refuerzo y una bomba sumergible típicas (Figuras E-1 y E-2).

Figura E-1: Especificaciones de la bomba sumergible Grundfos SBA-3-35  
(Fuente: Goulds)

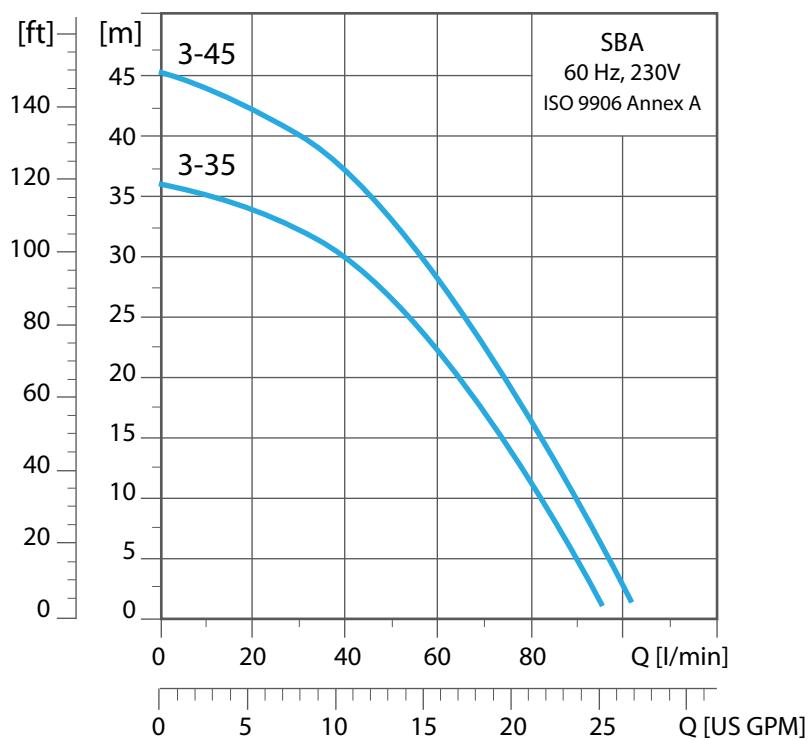


Figura E-2: Ejemplo de la bomba de refuerzo Goulds J5S (Fuente: Goulds)

HP/Modelo	1/2 HP - J5S				
Boquilla	AN017				
Venturi	AD3332				
Presión de descarga - PSI					
Altura total de succión (pies)	20	30	40	50	Cierre Máx. (PSI)
	Galones por minuto				
5	17.5	16.5	10.2	5.0	63
10	15.7	14.4	9.2	4.3	61
15	13.7	12.5	8.0	3.6	59
20	11.5	10.4	7.1	2.3	57
25	8.7	8.6	6.2	1.3	54

## EJEMPLO DE PROBLEMA 8: BOMBA DE REFUERZO

**Planteamiento del problema:** Evalúe si la bomba Goulds J5S (Figura E-2) tiene el tamaño adecuado para el sistema de riego propuesto a continuación.

La zona de riego con el caudal más alto tiene un total de 570 pies lineales de tubería de goteo a través de múltiples filas con emisores en línea de 1 gph con un espaciado de 1 pie. La zona de riego se encuentra a 15 pies (equivalente a 6.5 psi) por encima de la bomba, que está a la misma altura que el tanque de agua de lluvia. El sistema de riego por goteo requiere 25 psi para funcionar. Se calcula que habrá 14 ft (6 psi) de pérdida de presión a través del medidor, el filtro, la línea de distribución de riego y las válvulas. Tenga en cuenta que esta tabla de bombas está en términos de psi y no de pies de altura, por lo que se debe convertir las unidades entre pies y psi.

Determine el caudal de la zona de riego:

$$\text{Caudal} = 1 \frac{\text{gal}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} \times 570 \text{ ft} \times \frac{1 \text{ emisor}}{\text{ft}} = 9.5 \text{ gpm}$$

Determine la altura total dinámica

$$\text{Altura dinámica total} = \text{Altura de elevación} + \text{Altura de fricción} + \text{Altura de funcionamiento}$$

Altura de elevación = cambio de elevación = 15 ft

Altura de fricción: Perdida por fricción = 14 ft desde el medidor, filtro, línea principal y válvulas

Altura de funcionamiento: Presión deseada en el punto de uso: 25 psi

$$\text{Altura operativa} = 25 \text{ psi} \times \frac{2.31 \text{ ft}}{1 \text{ psi}} = 57.75 \text{ ft}$$

$$\text{Presión total (Altura dinámica total)} = 15 \text{ ft} + 14 \text{ ft} + 57.75 \text{ ft} = 86.75 \text{ ft}$$

$$TDH = 86.75 \text{ ft} \times \frac{1 \text{ ft}}{2.31 \text{ psi}} = 37.5 \text{ psi}$$

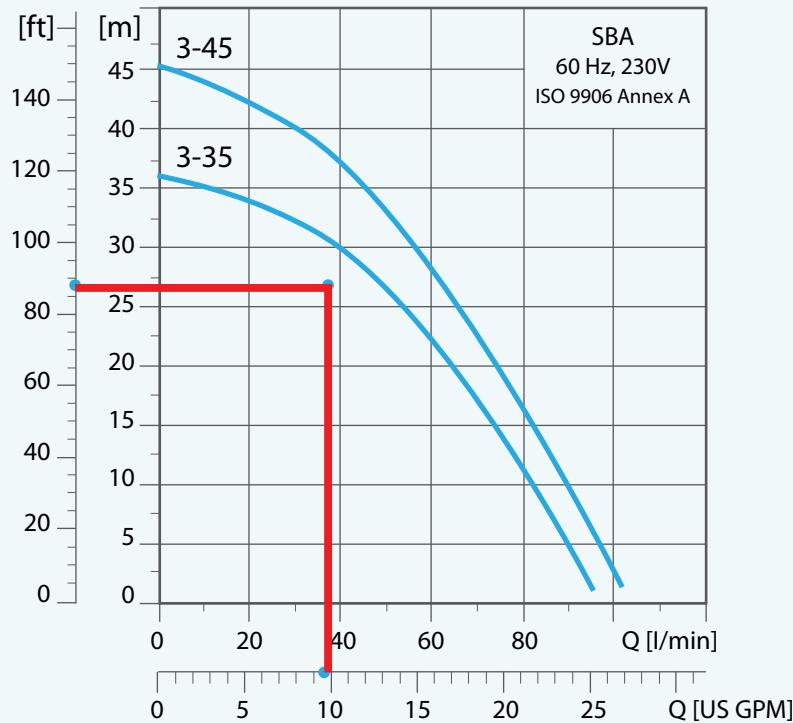
Con el valor de succión total más bajo disponible en la tabla (porque la bomba está nivelada con el fondo del tanque) se alcanza la presión nominal de descarga de 40 psi de la bomba, que proporciona 10.2 gpm. La bomba puede satisfacer el uso propuesto de 9.5 gpm a 37.5 psi. No podrá dar servicio a una zona de riego significativamente mayor.

## EJEMPLO DE PROBLEMA 9: BOMBA SUMERGIBLE

**Planteamiento del problema:** Evalúe si la bomba Grundfos SBA-3-35 (figura E-3) es adecuada para el sistema de riego propuesto a continuación.

La zona de riego con el caudal más alto tiene 570 pies lineales de tubería de goteo con emisores en línea de 1 gph con una separación de 1'. Se encuentra a 15 ft por encima de la bomba, que está situada junto al tanque de agua de lluvia. El sistema de riego por goteo requiere 25 psi para funcionar. Se calcula que habrá una pérdida de presión de 14 ft (6 psi) a través del medidor, el filtro, la línea de distribución de riego y las válvulas. Tenga en cuenta que esta curva de la bomba está en términos de pies de altura, no de PSI, por lo que hay que convertir las unidades.

Figura E-3: Ejemplo de bomba sumergible Grundfos SBA-3-35 (Fuente: Goulds)



**Solución:** La zona de riego tiene un caudal de 9.5 galones por minuto. La zona de riego está a 15 pies por encima de la bomba que se encuentra en el fondo del tanque. El sistema de riego requiere un mínimo de 25 psi.

Determine el caudal de la zona de riego:

$$\text{Caudal} = 1 \frac{\text{gal}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} \times 570 \text{ ft} \times \frac{1 \text{ emisor}}{\text{ft}} = 9.5 \text{ gpm}$$

Determine la altura total dinámica

$$\text{Altura dinámica total} = \text{Altura de elevación} + \text{Altura de fricción} + \text{Altura de funcionamiento}$$

Altura de elevación = cambio de elevación = 15 ft

Altura de fricción: Perdida por fricción = 14 ft desde el medidor, filtro, línea principal y válvulas

Altura de funcionamiento: Presión deseada en el punto de uso: 25 psi

$$\text{Altura operativa} = 25 \text{ psi} \times \frac{2.31 \text{ ft}}{1 \text{ psi}} = 57.75 \text{ ft}$$

$$\text{Altura dinámica total} = 15 \text{ ft} + 14 \text{ ft} + 57.75 \text{ ft} = 86.75 \text{ ft}$$

La altura dinámica total es de 87 pies. Observando el gráfico, la intersección de 87 pies de altura y 9.5 gpm de caudal está por debajo, pero cerca de la curva de funcionamiento de la bomba 3-35. La bomba 3-35 puede satisfacer el uso propuesto. Un sistema de riego más grande puede requerir la bomba 3-45.

## DETERMINACION DE TAMANO DE LA TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN

La tubería de distribución transporta el agua desde el tanque de almacenamiento hasta el punto de conexión, normalmente un manifold de riego. La medición y diseño de una tubería de distribución es un proceso iterativo cuando se dimensiona una bomba o cuando se dimensiona una tubería de distribución por gravedad. El tamaño de la tubería influye en la pérdida por fricción que se produce dentro de la tubería en función de un caudal determinado. Cuanto mayor sea el caudal y más pequeña la tubería, mayor será la pérdida por fricción. Como se describe en el [Anexo C](#) y en la sección anterior cálculo del tamaño de las bombas, la altura de fricción está relacionada con la altura dinámica total, la altura de elevación y la altura de presión de funcionamiento.

$$\text{Altura dinámica total} = \text{Altura de elevación} + \text{Altura de fricción} + \text{Altura de funcionamiento}$$

- Una vez determinados el caudal deseado, la presión (altura de funcionamiento) y la diferencia de elevación (altura de elevación, en pies) entre el punto de uso en la zona de riego y la elevación en el fondo del tanque, se puede evaluar la pérdida por fricción a lo largo de la tubería de distribución.
- La pérdida por fricción es la caída de presión que se produce cuando el agua se desplaza por una tubería con un caudal determinado. La pérdida por fricción se compone de la pérdida creada por las paredes de la propia tubería, así como de las pérdidas menores causadas cuando el agua fluye a través de diversos adaptadores (es decir, codos y válvulas). Las pérdidas menores se pueden convertir en longitudes equivalentes de tubería, que a su vez pueden usarse para calcular la pérdida total por fricción en toda la longitud de la tubería. Los diámetros típicos de las tuberías de riego oscilan entre 1-1/4 pulgadas y 2 pulgadas. Empiece con un diámetro de tubería más pequeño y aumentelo si la pérdida por fricción es demasiado elevada. Una buena regla general es mantener la pérdida de carga por debajo de 20 ft.
  - » La pérdida por fricción en los adaptadores se puede calcular con esta [calculadora de longitud equivalente](#)<sup>1</sup>.
  - » Sume la longitud equivalente de la tubería a la longitud total de la tubería y use la [calculadora de pérdida por fricción](#)<sup>2</sup>.
- Sume la altura de elevación, la altura de fricción y la altura de funcionamiento para calcular la altura dinámica total (TDH) y compruebe si existe una bomba que pueda satisfacer el caudal y la TDH. El aumento del diámetro de la tubería de distribución reducirá la pérdida de carga, lo que se traducirá en una menor TDH.
- Dimensione una línea de distribución por gravedad con el mismo método descrito en el [Anexo D](#).

---

1 [https://www.engineeringtoolbox.com/pvc-pipes-equivalent-length-fittings-d\\_801.html](https://www.engineeringtoolbox.com/pvc-pipes-equivalent-length-fittings-d_801.html)

2 [https://www.engineeringtoolbox.com/pressure-loss-plastic-pipes-d\\_404.html](https://www.engineeringtoolbox.com/pressure-loss-plastic-pipes-d_404.html)

# Anexo F: Control y pruebas de las conexiones cruzadas

**Los siguientes extractos son del Código de Fontanería de California 2022 relacionados con el Control de Conexiones Cruzadas.**

## 603.1 GENERAL

El control de las conexiones cruzadas se debe realizar de acuerdo con las disposiciones de este capítulo.

Ninguna persona instalará un equipo o mecanismo accionado por agua, ni usará un producto químico o sustancia para el tratamiento del agua, cuando se compruebe que dicho equipo, mecanismo, producto químico o sustancia causa polución o contaminación del suministro de agua doméstica. Dicho equipo o mecanismo estará permitido cuando esté equipado con un dispositivo o conjunto anti-retorno aprobado.

## 603.2 APROBACIÓN DE DISPOSITIVOS ANTI-RETORNOS

Antes de instalar un dispositivo o un conjunto anti-retorno, deberá haber sido aprobado por la autoridad competente. Los dispositivos o conjuntos se probarán de acuerdo con normas reconocidas u otras normas aceptables para la autoridad competente. Los dispositivos y conjuntos anti-retorno deben cumplir con la Tabla 603.2, excepto para aplicaciones y disposiciones específicas como se indica en la Sección 603.5.1 hasta la Sección 603.5.21.

Los dispositivos o conjuntos instalados en un sistema de suministro de agua potable para la protección contra el reflujo deben ser mantenidos en buenas condiciones de funcionamiento por la persona o personas que tengan el control de dichos dispositivos o conjuntos. Dichos dispositivos anti-retorno se probarán en el momento de la instalación, reparación o reubicación y, a partir de entonces, al menos una vez al año, o con mayor frecuencia si así lo exige la autoridad competente. Cuando se compruebe que el dispositivo anti-retorno está defectuoso o no funciona, se lo deberá reparar o sustituir. No se retirará del uso ningún dispositivo o conjunto, ni se reubicará o sustituirá por otro dispositivo o conjunto, sin la aprobación de la autoridad competente. Un probador o reparador certificado de dispositivos anti-retorno de acuerdo con la ASSE Serie 5000 o aprobado de otro modo por la autoridad competente deberá realizar las pruebas o el mantenimiento.

### 603.3.1 SEPARACIÓN DE AIRE

La separación de aire mínima para que haya protección anti-retorno debe ser de acuerdo a la Tabla 603.3.1

**Table 603.3.1 Separaciones de aire mínimas para la distribución de agua**

FIJACIONES	DONDE NO AFECTAN LAS PAREDES LATERALES (pulgadas)	DONDE SON AFECTADAS POR PAREDES LATERALES (pulgadas)
Aberturas efectivas no superiores a 1/2 pulgada de diámetro	1	11/2
Aberturas efectivas no superiores a 3/4 pulgada de diámetro	11/2	21/4
Aberturas efectivas no superiores a 1 pulgada de diámetro	2	3
Aberturas efectivas de más de 1 pulgada de diámetro	Dos veces el diámetro de la abertura efectiva	Tres veces el diámetro de la abertura efectiva

Para unidades SI: 1 pulgada = 25.4 mm

Notas:

1. Las paredes laterales, nervaduras u obstrucciones similares no afectan a las separaciones de aire cuando tienen una separación del borde interior del vertedero a una distancia que sea mayor a tres veces el diámetro de la abertura efectiva para una sola pared, o una distancia mayor a cuatro veces la abertura efectiva para dos paredes que se cruzan.
2. Paredes verticales, nervaduras u obstáculos similares que se extiendan desde la superficie del agua hasta el plano horizontal del vertedero o por encima de este, distintos de los especificados en la anterior nota a pie de página 1. No se determinó el efecto de tres o más paredes o nervaduras verticales de este tipo. En tales casos, la separación de aire se medirá desde la parte superior de la pared.
3. La abertura efectiva será la sección transversal mínima en el asiento de la válvula de control o del tubo o tubería de suministro que alimenta el dispositivo o la salida. Cuando dos o más tuberías alimenten una salida, la abertura efectiva será la suma de las áreas transversales de las tuberías de suministro individuales o el área de la salida única, la que sea menor.
4. Las separaciones de aire inferiores a 25.4 mm (1 pulgada) deberán ser aprobados como parte permanente de un conjunto enumerado que haya sido probado en condiciones reales de anti-retorno con vacíos de 0 a 25 pulgadas de mercurio (85 kPa).

### 603.3.7 CONJUNTO ANTI-RETORNO PRINCIPAL DE PRESIÓN REDUCIDA (RP)

Un conjunto anti-retorno principal de presión reducida tiene dos válvulas de retención de carga interna de acción independiente, una válvula de alivio de presión diferencial, cuatro grifos de prueba debidamente ubicados y dos válvulas de aislamiento.

## 603.4 REQUISITOS GENERALES

Los conjuntos deben cumplir con las normas enumeradas y deben ser aceptables para la autoridad competente, con jurisdicción sobre la selección e instalación de conjuntos anti-retorno.

### 603.4.1 VÁLVULA ANTI-RETORNO

Cuando se instale más de una válvula anti-retorno en un solo local, y las válvulas estén instaladas en un solo lugar, el permisionario deberá identificar cada válvula individualmente de manera satisfactoria para la Autoridad Competente.

### 603.4.2 PRUEBAS

El propietario del local o la persona responsable deberá hacer que se un probador certificado en conjuntos anti-retorno pruebe el conjunto anti-retorno en el momento de la instalación, reparación o reubicación y, posteriormente, al menos una vez al año, o con mayor frecuencia si así lo requiere la autoridad competente. Las pruebas periódicas se realizarán de acuerdo con los procedimientos a los que se hace referencia en la serie 5000 de la ASSE por un probador calificado de acuerdo con dichas normas. El equipo de prueba de campo usado deberá cumplir con la norma ASSE 1064.

### 603.4.3 ACCESO Y ESPACIO LIBRE

Se debe proporcionar acceso y espacio libre para las pruebas, mantenimiento y reparaciones requeridas. El acceso y el espacio libre deben estar de acuerdo con las instrucciones del fabricante y no debe haber menos de 12 pulgadas (305 mm) entre la parte más baja del conjunto y el nivel, el piso o la plataforma. Las instalaciones elevadas que superen los 5 pies (1524 mm) por encima del suelo o del nivel del terreno deberán estar provistas de una plataforma capaz de soportar a un probador encargado de las pruebas o del mantenimiento.

### 603.4.4 CONEXIONES

No se permitirá bajo ninguna condición la existencia de conexiones directas entre tuberías de agua potable y desagües conectados al alcantarillado, con o sin protección de contrapresión. Cuando se descargue agua potable al sistema de desagüe, se hará por medio de una separación de aire aprobada de dos diámetros de tubería de la entrada de suministro, pero en ningún caso la cámara será inferior a 1 pulgada (25.4 mm). Se permitirá la conexión al lado de entrada de un sifón siempre que se instale un igualador de presión aprobado a no menos de 6 pulgadas (152 mm), o la distancia de acuerdo con el listado del dispositivo, por encima del borde del nivel de inundación de dicho accesorio atrapado, de modo que en ningún momento dicho dispositivo esté sujeto a contrapresión.

## 603.5 ENTRADAS DE SUMINISTRO DE AGUA

Las entradas de suministro de agua a tanques, cubas, sumideros, piscinas y otros receptores deben estar protegidas por uno de los siguientes medios:

- Una separación de aire aprobada.

- Un igualador de presión listado instalado en el lado de descarga de la última válvula con el nivel crítico no inferior a 6 pulgadas (152 mm) o de acuerdo con su listado.
- Un sistema anti-retorno adecuado para el grado de peligro, instalado de acuerdo con los requisitos para ese tipo de dispositivo o conjunto establecidos en este capítulo.

## 1602.4 CONEXIONES A SISTEMAS DE AGUA POTABLE O REGENERADA (RECICLADA)

Los sistemas de captación de agua de lluvia no deberán tener ninguna conexión directa a un sistema de suministro de agua potable o de fuente de agua alternativa.

Excepciones:

- Se permite el uso de agua potable, aguas grises no potable tratadas en el lugar o agua recuperada (reciclada) como agua de reposición para un sistema de captación de aguas de lluvia siempre que la conexión esté protegida por una separación de aire según este código.
- Se puede conectar temporalmente una fuente de agua potable para la prueba inicial de conexión cruzada del sistema de captación de agua de lluvia, tal como se requiere en la Sección 1605.3.2.

**Los siguientes extractos son del Código de Fontanería de California 2022 relacionados con la Prueba de Conexiones Cruzadas.**

## 1602.5 PRUEBA INICIAL DE CONEXIÓN CRUZADA

Cuando una parte de un sistema de captación de agua de lluvia se instala dentro de un edificio, se requiere una prueba de conexión cruzada de acuerdo con la Sección 1605.3. Antes de que se ocupe el edificio ose active el sistema, el instalador deberá realizar la prueba inicial de conexión cruzada en presencia de la autoridad competente y de otras autoridades competentes. La autoridad competente antes deberá considerar que la prueba es satisfactoria antes de conceder la aprobación fina .

## 1602.9 DESACTIVACIÓN Y DRENAJE PARA LA PRUEBA DE CONEXIÓN CRUZADA

El sistema de captación de agua de lluvia y el sistema de agua potable dentro del edificio debe án estar provistos de los accesorios requeridos (por ejemplo, válvulas, válvulas de alivio de aire o vacío, etc.) para permitir la desactivación o el drenaje según se requiera para una prueba de conexión cruzada de acuerdo con la Sección 1605.3.

## 1605.3 INSPECCIÓN Y PRUEBA DE CONEXIONES CRUZADAS

Se realizará una inspección visual inicial y una prueba inicial de conexión cruzada en los sistemas de agua potable y de captación de agua de lluvia antes del funcionamiento inicial del sistema de captación de aguas pluviales. Durante una prueba inicial o posterior de conexión cruzada, se deberá aislar los sistemas de agua potable y de captación de aguas pluviales entre sí y se inspeccionarán y probarán de forma independiente para garantizar que no existe ninguna conexión cruzada según la sección 1602.5. Las inspecciones o pruebas iniciales o posteriores se realizarán de acuerdo con la Sección 1605.3.1 a la Sección 1605.3.3.

## 1605.3.1 INSPECCIÓN VISUAL DEL SISTEMA

Antes de comenzar las pruebas de conexión cruzada, la autoridad competente y otras autoridades con jurisdicción realizarán una inspección doble del sistema como se indica a continuación:

- Se revisarán las bombas, equipos, letreros del cuarto de equipos y tuberías expuestas en un cuarto de equipos.

## 1605.3.2 PRUEBA DE CONEXIÓN CRUZADA

Se realizará una prueba de conexión cruzada en presencia de la autoridad competente u otras autoridades que tengan jurisdicción para determinar si se produjo una conexión cruzada de la siguiente manera:

1. Se activará y presurizará el sistema de agua potable. El sistema de captación de aguas pluviales se cerrará y se vaciará completamente.
2. El sistema de agua potable permanecerá presurizado durante un período mínimo de tiempo especificado por la autoridad competente mientras el sistema de captación de agua de lluvia esté vacío. El período mínimo durante el cual el sistema de captación de agua de lluvia deberá permanecer despresurizado se determinará caso por caso, teniendo en cuenta el tamaño y la complejidad de los sistemas de distribución de agua potable y de captación de agua de lluvia, pero en ningún caso dicho período será inferior a 1 hora.
3. Se comprobará e inspeccionará el caudal de las instalaciones, del agua potable y del agua de lluvia. El caudal procedente de la salida de un sistema de captación de agua de lluvia indicará la existencia de una conexión cruzada. La ausencia de caudal procedente de una salida de agua potable indicará que está conectada al sistema de aguas pluviales.
4. Se comprobará el caudal del desagüe del sistema de captación de agua de lluvia durante la prueba y al final del período.
5. Entonces se vaciará completamente el sistema de agua potable.
6. A continuación, se activará y presuriza el sistema de captación de agua de lluvia. Cuando no se disponga de agua de lluvia para la prueba inicial de conexión cruzada, se requerirá una conexión temporal a un suministro de agua potable. Al término de la prueba inicial de conexión cruzada, se desconectará la conexión temporal a un suministro de agua potable.
7. El sistema de captación agua de lluvia permanecerá presurizado durante un período mínimo de tiempo especificado por la autoridad competente mientras el sistema de agua potable esté vacío. El período mínimo durante el cual el sistema de agua potable deberá permanecer despresurizado se determinará caso por caso, pero en ningún caso será inferior a 1 hora.
8. Se comprobará e inspeccionará el caudal de las fijaciones, la captación de agua de lluvia y del agua potable. El caudal procedente de la salida de un sistema de agua potable indicará la existencia de una conexión cruzada. La ausencia de caudal procedente de una salida de captación de agua de lluvia indicará que está conectada al sistema de agua de lluvia.
9. Se comprobará si hay caudal en el desagüe del sistema de agua potable durante la prueba y al final del período.
10. Cuando no se detecte caudal en los desagües que indique una conexión cruzada, se represurizará el sistema de agua potable.

### **1605.3.3 DESCUBRIMIENTO DE UNA CONEXIÓN CRUZADA**

En caso de que se descubra una conexión cruzada, se activará inmediatamente el siguiente procedimiento, en presencia de la autoridad competente:

1. Las tuberías de captación de agua de lluvia que van al edificio se errarán en la(s) fuente(s) de suministro y se vaciará el elevador de aguas pluviales.
2. Se cerrarán las tuberías de agua potable del edificio en el medido .
3. Se destapará y desconectará la conexión cruzada.
4. El edificio se someterá a una nueva prueba y se seguirá los procedimientos indicados en las secciones 1605.3.1 y 1605.3.2.
5. El sistema de agua potable se clorará con 50 ppm de cloro durante 24 horas.
6. El sistema de agua potable se lavará después de 24 horas y se realizará una prueba bacteriológica estándar. Cuando los resultados de las pruebas sean aceptables, se permitirá la recarga del sistema de agua potable.

## Anexo G: Lista de mantenimiento anual

- Inspeccione todo el sistema en busca de fugas.
- Inspeccione las tuberías de conducción.
- Compruebe si hay fugas en el grifo de manguera y sustituya la arandela u otras piezas según sea necesario.  
Inspeccione la bomba en busca de fugas al comienzo de la temporada de riego de verano.
- Inspeccione todas las tuberías y adaptadores alrededor de la bomba y compruebe si hay fugas o grietas y sustitúyalas si es necesario.
- Canaletas: limpie las canaletas antes de que empiece la temporada de lluvias.
- Deflector de hojas: limpie el deflector hojas antes de la temporada de lluvias.
- Sistema de descarga de primeras aguas drene el sistema de descarga de y limpie los residuos antes de la primera lluvia.
- Plataforma de rocas para rebose: inspeccione la plataforma de ripio de rebose.
- Limpieza del tanque: vigile los tanques para evitar la acumulación de sedimentos finos, el crecimiento de algas y el acceso de insectos.
- Limpieza del filtro: inspeccione y limpie el filtro,, o con más frecuencia que una vez al año si se observa baja presión en el sistema de riego.

## Appendix H: Useful Formulas

### CONVERSIONES

1 pie cúbico (PC) = 7.48 galones

1 psi = 2.31 ft de altura de elevación

### VOLUMEN DE USO OBJECTIVO DEL AGUA

$$\text{Agua de riego (gal)} = [(\text{ET} \times \text{Factor de la planta \%}) - \text{Precipitación efectiva}] \times \frac{\text{Superficie Eficiente}}{\text{IE}} \times 0.62$$

$$\text{Agua de riego (gal)} = [(\text{ET}_{\text{Ox}} \times \text{PF}) - \text{EP}] \times \frac{\text{LA}}{\text{IE}} \times 0.62$$

### CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

$$\text{Volumen de captación (gal)} = \text{Superficie del techo (pies cuadrados)} \times \text{Precip. año seco. (pulgadas)} \times \text{Coeficiente escorrentía (\%)} \times 0.62$$

$$V = A \times P_{\text{seco}} \times C \times 0.62$$

C = 0.9 (en la mayoría de los casos)

### PROMEDIO DE PRECIPITACION EN EL CONDADO DE SONOMA

Ciudad	Precipitación promedio anual (pulgadas)	Precipitación promedio en un año seco (pulgadas)
Santa Rosa	32	16.0
Healdsburg	43	30.1
Petaluma	27	13.5
Windsor	36	18.0
Rohnert Park	31	15.5
Guerneville	51	35.7
Forestville	44	30.8
Sebastopol	43	30.1
Bodega Bay	38	19
Cloverdale	44	30.8

**Esta página se dejó en blanco intencionalmente.**  
**This page intentionally left blank.**

