

COSECHAR LA LLUVIA

Manual para instalar un sistema de captación pluvial en tu vivienda

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO | SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE

CIUDAD INNOVADORA Y DE DERECHOS

Dra. Claudia Sheinbaum Pardo
Jefa de Gobierno de la Ciudad de México

Dra. Marina Robles García
Secretaria del Medio Ambiente

M. en C. Leticia Gutiérrez Lorandi
Directora General de Coordinación
de Políticas y Cultura Ambiental

Mtra. Alejandra López Rodríguez
Directora de Planeación
y Coordinación de Políticas

Mtra. Erika Martínez Macedo
Coordinadora del programa Cosecha de Lluvia

REDACCIÓN
Mtro. Emilio Becerril Laversin[2]

COMPILACIÓN
Mtro. Emilio Becerril Laversin
Mtro. Hiram García Velázquez[2]
Lic. Enrique Lomnitz Climent[2]

DISEÑO
Lic. Elena Gutiérrez Lamadrid[1]
Mtra. Renata Fenton Regan[2]
Lic. Mariana Balderas Marañón[2]
Lic. Óscar Gómez Sánchez[2]
Lic. Nora Ferraro Hernández[2]

1 Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México
2 Isla Urbana

CORRECCIÓN DE ESTILO
Lic. Erika Rivadeneyra Solano[2]
Mtro. Delfín Montañana Palacios[2]
Mtra. Cecilia Vargas Ramírez[2]

COLABORACIONES
Instituto Internacional de Recursos Renovables (IRRI)
Soluciones Hidropluviales
Sistemas Pluviales
Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex)

FORMA DE CITAR
Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (Sedema), Isla Urbana (IU) Instituto Internacional de Recursos Renovables (IRRI). (2020). Cosechar la lluvia, Manual para instalarlo en tu vivienda. Sedema/IU/IRRI. México.

FOTOGRAFÍA
Pixabay
Isla Urbana

D.R. © 2020 Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (Sedema) Tlaxcoaque 8, Centro, Cuauhtémoc, 06080, Ciudad de México
www.sedema.cdmx.gob.mx

COSECHA DE LLUVIA

COSECHAR LA LLUVIA

MANUAL PARA INSTALAR UN SISTEMA DE CAPTACIÓN PLUVIAL EN TU VIVIENDA



ÍNDICE

7 ¿Cosechar la lluvia?
9 Alcance
11 Marco Jurídico de la cosecha de lluvia en la Ciudad de México

15 Capítulo I - ¿Qué es la cosecha o captación de lluvia?
17 1. Beneficios y limitaciones de la cosecha
21 2. ¿Qué es un SCALL?
23 3. Conceptos básicos en Sistemas de Captación de Lluvia

33 Capítulo II - Lineamientos técnicos para el diseño y operación de un SCALL
35 1. ¿En tu localidad hay normas o leyes para regular los SCALL
35 2. ¿Con cuánto dinero cuentas para tu SCALL?
41 3. Diseño del SCALL

83 Recuadro 1: SCALL en vivienda de la Ciudad de México
87 Recuadro 2: SCALL en edificio público
93 Recuadro 3: SCALL en centros deportivos. Ciudad de México, 2017
99 Recuadro 4: SCALL en edificio de oficinas
103 Recuadro 5: SCALL en zonas rurales

107 Listado de empresas con experiencia en la instalación de SCALL en la Ciudad de México
109 Glosario de términos
115 Referencias y bibliografía
117 Índice de figuras



¿COSECHAR LA LLUVIA?

La Ciudad de México ha vivido a lo largo de su existencia una paradoja hidráulica. Ubicada en una zona lacustre ha sufrido inundaciones endémicas que deben ser desalojadas por medio de obras monumentales de ingeniería como el Tajo de Nochistongo y diversos túneles emisores que llevan el agua a Municipios y Estados vecinos.

Las fuentes de agua que abastecen a la Ciudad de México son finitas y presentan serios problemas: los mantos acuíferos han sido sobreexplotados ya que la extracción de manantiales y pozos es mayor que la recarga y los bosques han ido desapareciendo o deteriorándose, disminuyendo así la cantidad de agua que se filtra al subsuelo.

Se estima que por cada hectárea de suelo que se urbaniza al sur de la Ciudad de México la recarga de agua se reduce en 2.5 millones de litros de agua al año. Si bien la población de la Ciudad de México se ha estabilizado, la demanda de agua aumenta y ello se agrava porque la población no cuenta con hábitos de reúso y moderación en su consumo. Por otro lado, existe una alta inequidad en el acceso al vital líquido.

En promedio los ciudadanos consumimos 320 litros por día, pero hay zonas, como la alcaldía Miguel Hidalgo, que recibe 500 litros al día mientras que, en el oriente de la ciudad, donde habitan grupos desfavorecidos socialmente, este volumen puede ser de menos de 20 litros al día.

En la Ciudad de México hay una temporada de copiosas precipitaciones y parecería una buena idea reaprovechar el agua de lluvia que se presenta principalmente entre los meses de junio y noviembre:

cosechar la lluvia, pues. La cosecha de lluvia es una oportunidad para atender parte de las necesidades de las personas que viven en la Ciudad de México, e incluso de quienes viven en otras zonas y tienen temporadas de precipitaciones largas e intensas.

Por ello deseamos presentarte este Manual que pretende aprovechar la oportunidad de recuperar el agua y con ello contribuir a resolver el problema del abasto del agua de uso doméstico entre seis y ocho meses del año.

Este manual ofrece lineamientos técnicos para instalar sistemas de cosecha de lluvia de pequeña escala, principalmente a nivel domiciliario para usos potable y no potable.

Para proyectos de mayor tamaño, los sistemas de cosecha de lluvia deben apegarse a las normas vigentes y a los lineamientos técnicos específicos de su Entidad. En el caso de la Ciudad de México deben atender a la Guía Técnica para la Elaboración de Sistemas Alternativos. Este manual es compatible con esa guía. La Guía estipula los requisitos y lineamientos técnicos en función del tamaño de los edificios, y define los diferentes tipos de usos en función de la calidad de agua colectada.

En la Ciudad de México la cosecha o captación de agua de lluvia es obligatoria desde el año 2003 en todas las nuevas edificaciones de tipo B y C que varían en su superficie de construcción entre 5 000 m^2 y 10 000 m^2.

ALCANCE

Este manual es una referencia a los conceptos vigentes en torno a la captación de agua de lluvia. Ofrece nociones y lineamientos técnicos aplicables a sistemas de captación de escalas diversas. Es una guía práctica para el diseño e implementación de sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) de pequeña escala (principalmente nivel domiciliario) o de contextos no reglamentados, dentro y fuera de la Ciudad de México, para usos potables y no potables.

Para los proyectos de edificación en los que la implementación de un SCALL deba cumplir con alguna reglamentación es necesario referirse y apegarse a las normas vigentes y a sus lineamientos técnicos específicos.

Por ejemplo, nuevas edificaciones de tipo B y C, reglamentadas por la Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua de la Ciudad de México y el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal deben seguir los lineamientos técnicos de la Guía de elaboración de sistemas alternativos.

Este manual es compatible con esa guía.

El presente documento es una referencia conceptual, teórica y técnica muy útil que ayudará a profundizar en la comprensión de las mejores prácticas en materia de cosecha de agua de lluvia.



MARCO JURÍDICO DE LA COSECHA DE LLUVIA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

La Ciudad de México ha sido vanguardista en el tema de la captación de agua de lluvia desde que en 2003 la hizo obligatoria para todas las nuevas edificaciones de tipo B y C. Desde entonces, se formaliza en la Constitución Política de la Ciudad de México y en la Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua de la Ciudad de México, y se hace obligatoria a través del Reglamento de Construcción del Distrito Federal.

El Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex) revisa y aprueba las manifestaciones de construcción a través de un trámite denominado **Trámite de Evaluación y Aprobación del Proyecto del Sistema Alternativo de Captación y Aprovechamiento de las Aguas Pluviales.** La Guía para la Elaboración de Sistemas Alternativos[3] es la que estipula los requisitos y describe los lineamientos técnicos para el diseño y construcción de sistemas alternativos de agua.

Especifica las condiciones técnicas en función del tamaño de los edificios, y define los diferentes tipos de captación en función de la calidad de agua colectada.

3 https://tramites.cdmx.gob.mx/inicio/index.php/ts/274/57
https://hidropluviales.com/2018/01/16/cumplimiento-de-normatividad-2/
https://hidropluviales.com/wp-content/uploads/2018/01/GUIA_TECNICSACMEX-191215.pdf


MANUAL DE MANTENIMIENTO
En esta casa se capta el
#CiudadDeMéxicoCentro



CAPÍTULO I

¿QUÉ ES LA CAPTACIÓN O COSECHA DE LLUVIA?

La captación o cosecha de agua de lluvia es la acción de colectar, conducir, almacenar y tratar el agua que se precipita a la superficie terrestre para su uso o consumo.

Es una práctica empleada en diversas partes del mundo desde tiempos prehistóricos y permite establecer un punto de abasto en cualquier sitio donde llueva.

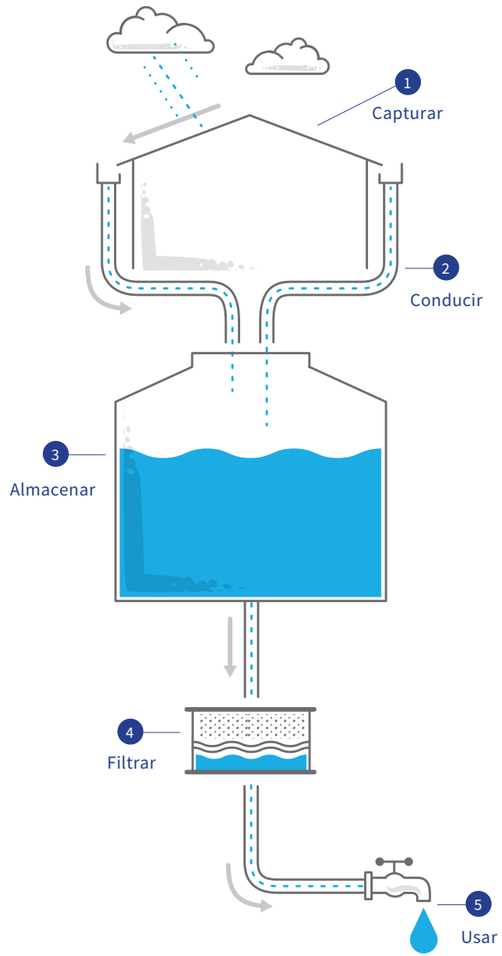


Diagrama 1
¿Qué es la Cosecha?

1. BENEFICIOS Y LIMITACIONES DE LA COSECHA

Como cualquier modelo de abasto de agua, la captación de lluvia presenta beneficios, así como algunas limitaciones. Para obtener resultados favorables, es muy importante entender las condiciones en las que vale la pena instalarlos y aquellas en las que no recomendamos hacerlo.

1.1. Beneficios ambientales

- Aumenta la disponibilidad de agua sin tener que transportarla por grandes distancias y disminuye el bombeo, el uso de pipas y otros medios de distribución

- Disminuye la extracción de agua de los acuíferos y otras fuentes

- Reduce los escurrimientos a drenajes y calles disminuyendo la presión sobre la infraestructura hidráulica y minimiza los riesgos de encharcamientos o inundaciones

1.2. Beneficios económicos

El costo de cosechar el agua de lluvia está concentrado, casi exclusivamente, en la instalación inicial del sistema al que en adelante y por sus siglas llamaremos Sistema de Cosecha de Agua de Lluvia (SCALL).

El retorno de inversión, es decir el tiempo en el que recuperaremos el dinero invertido, puede variar según el costo del sistema y del abastecimiento de agua por otras fuentes. Éste será mayor en casos donde:

- El agua es costosa

- Se aprovechan almacenamientos existentes

- El área de techo es amplia

- Se integra el Sistema a un proyecto de nueva edificación

1.3. Beneficios sociales y de salud

En la mayoría de los casos, el beneficio principal es el aumento de la disponibilidad y de la calidad de agua, lo que impacta favorablemente en la calidad de vida, los niveles de higiene y la salud de las personas.

- La captación de lluvia puede proveer agua de muy alta calidad, en muchos casos mejor que el agua que provee la red, siempre y cuando se utilice un sistema SCALL bien diseñado e instalado y que se opere y dé mantenimiento a las partes del sistema y a los techos

- La captación de lluvia puede fomentar una extensa cultura de uso y cuidado del agua, que nos permita participar en el uso responsable de este recurso

1.4. Limitaciones

- La cantidad de agua captada depende directamente del volumen de lluvia que cae en cada lugar. En sitios con menos de 400 mm de precipitación media anual, la captación no tendrá resultados significativos

- En muchas regiones de nuestro país, la lluvia es estacional, con meses del año lluviosos y otros secos, por lo que la captación no sirve como fuente única y se limitará a brindar agua durante la temporada lluviosa

4 Los sitios con menos de 400 mm de precipitación son considerados áridos o desérticos, en los que la captación tendrá resultados marginales. Cuando hay más de 400 mm de precipitación anual, se considera que es un clima semiárido, propicio para la captación.





2. ¿QUÉ ES UN SCALL?

Un Sistema de Captación/Cosecha de Lluvia, o SCALL, se refiere al mecanismo que utiliza el conjunto de componentes y accesorios como canaletas, tubos, filtros, separadores de agua, tanques, bombas, y otros que sirven para realizar la recolección, almacenamiento y tratamiento del agua de lluvia.

Un SCALL puede ser diseñado para dar agua apta para diferentes tipos de uso divididos en tres categorías de manera general:

- Captación de techos limpios para usos potables (contacto y consumo humano)
- Captación de techos para usos no potables (sanitarios, limpieza, riego, uso industrial)
- Captación de paisaje, calles o pisos para infiltración al subsuelo (recarga de mantos acuíferos) o uso agrícola

Este manual se enfoca en las primeras dos categorías SCALL para usos potables y no potables que usan el techo como área de captación. La calidad del agua captada, y por lo tanto los usos que se le pueden dar, varía según el diseño del SCALL, pero también de acuerdo con las condiciones del sitio de instalación. Un sistema de captación relativamente sencillo podría dar agua apta para contacto o consumo humano si se ubica en zonas rurales poco contaminadas, mientras que el mismo diseño, instalado en la Ciudad de México, o en alguna de las grandes ciudades con problemas de calidad del aire del país, podría dotar de agua apta únicamente para usos no potables.



Fotografía: Matheus Oliveira

3. CONCEPTOS BÁSICOS EN SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE LLUVIA

Un sistema de captación de lluvia integra componentes para la recolección, conducción, almacenamiento, y tratamiento del agua. Un buen diseño puede alternar todos los elementos que se describirán a continuación.

Lo ideal es colocar los necesarios según el caso particular, manteniendo el SCALL de la forma más sencilla y eficaz, en la medida de lo posible, y evitando agregar elementos innecesarios que aumenten el costo y la complejidad de uso.

Por ejemplo, un SCALL diseñado para uso de sanitarios y riego no requiere tratamiento para potabilizar agua para consumo humano.

3.1. Componentes de un SCALL

A continuación, te presentamos los componentes más importantes en el diseño de un SCALL en el diagrama 2.

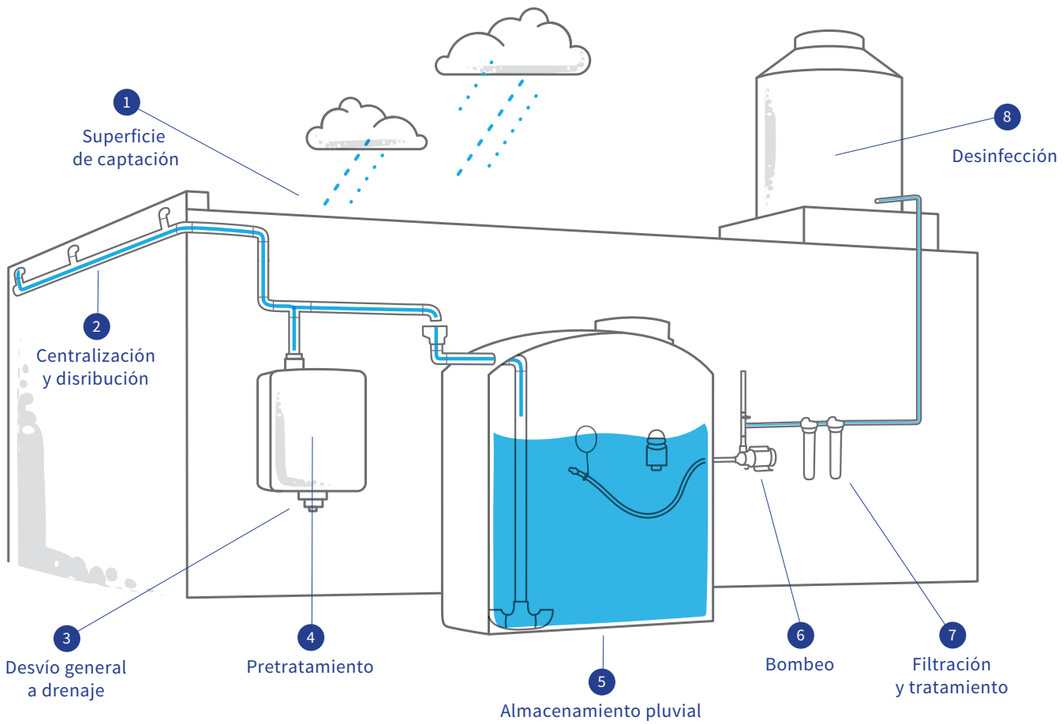
3.1.1. Superficie de captación

La superficie de captación es el área —generalmente un techo o cubierta— sobre la que cae y escurre el agua de lluvia que se desea aprovechar. El tamaño de la superficie de captación, junto con la cantidad de agua que cae, determinan la cantidad de líquido que se puede captar.

El material y limpieza de esta superficie es fundamental para determinar la calidad del agua cosechada.

Una superficie sucia o fabricada con materiales que desprendan algún elemento tóxico o suciedad resultará en una mala calidad del agua cosechada.

Diagrama 2.
Componentes de un SCALL



3.1.2. Centralización y distribución

Para llevar el agua desde la superficie de captación a las etapas de pretratamiento y almacenamiento se requieren canaletas, tubos y otros elementos de conducción.

La idea es conducir el agua desde el techo o techos y juntarla en un solo Bajante de Agua Pluvial (BAP) dirigido hacia el almacenamiento y demás componentes del SCALL.

3.1.3. Desvío general a drenaje

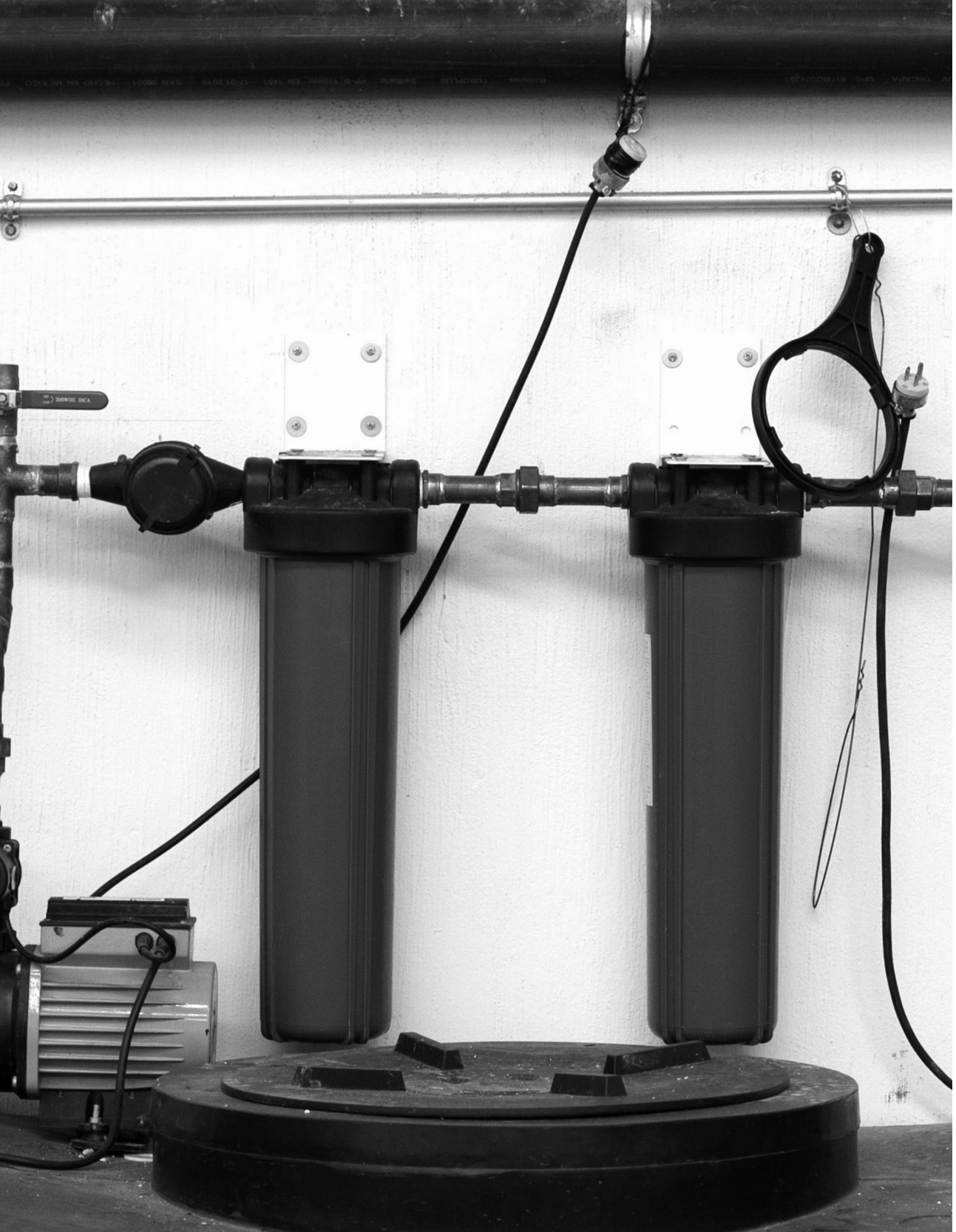
Es absolutamente necesario que el sistema de cosecha de lluvia tenga algún mecanismo para desviar la totalidad del agua que viene del techo hacia el drenaje, la calle o algún otro sitio de desfogue, en caso de que sea necesario.

Esto es porque existen situaciones en las que no se debe captar el agua, como las siguientes:

- Durante los primeros aguaceros de la temporada ya que arrastran más contaminantes
- En un aguacero que ocurra cuando hay contingencia ambiental por mala calidad del aire o presencia de cenizas volcánicas
- Si la superficiede captación está muy sucia
- Si los tanques se encuentran llenos o deshabilitados por mantenimiento

3.1.4. Pre-tratamiento

El pretratamiento se refiere a los procesos de limpieza del agua que ocurren en el trayecto entre el techo y el almacenamiento pluvial —o incluso dentro del almacenamiento mismo—, previo a la extracción, filtración y tratamiento final del agua.



El objetivo del pretratamiento es eliminar contaminantes antes de que lleguen al almacenamiento, para generar las mejores condiciones de limpieza en el tanque y no sobrecargar al tratamiento final con cantidades altas de elementos contaminantes. Hay tres tipos generales de pretratamientos comúnmente empleados que idealmente, aunque hay excepciones, se usarían en conjunto. Estos son:

3.1.4.1. Separación de contaminación de primeras lluvias

Son dispositivos que desvían los primeros minutos de cada aguacero para que esa agua no llegue al almacenamiento. Esto es fundamental porque el primer volumen de agua que cae y escurre disuelve el smog y limpia el techo de los contaminantes depositados, por lo que contiene más partículas nocivas que la que llega después.

La separación de las primeras lluvias es de los métodos más efectivos para lograr una captación de calidad y siempre se debe considerar, especialmente en contextos urbanos donde la contaminación es mayor.

3.1.4.2. Pre-filtración (Mallas o cribas, filtros de arenas)

Se requiere algún tipo de filtro, cedazo o criba previo al almacenamiento para evitar que ingresen hojas, ramas, u otros elementos que puedan generar algún bloqueo. Se recomienda usar filtros de cribas o malla de plástico o acero que sean fáciles de limpiar. Hay quien usa filtros de arenas y gravas para cribar el agua antes que llegue al almacenamiento. **No recomendamos usar filtros de este tipo.**

3.1.4.3. Sedimentación/Asentamiento

Si se almacena el agua en un contenedor de tal forma que permanezca en reposo

durante por lo menos algunas horas, la tierra y los materiales pesados tienden a precipitarse y a acumularse en el fondo, este proceso es conocido como “sedimentación”. Si posteriormente se extrae el agua de la parte superior del contenedor, podremos separar y dejar atrás gran cantidad de elementos no deseables. Este proceso se realiza, generalmente, en el almacenamiento del agua de lluvia.

3.1.5. Almacenamiento del agua cosechada

El almacenamiento de un SCALL puede realizarse en cisternas, aljibes, tanques de plástico, tambos o cualquier tipo de contenedor seguro para guardar agua. Como cualquier almacenamiento de líquidos, independientemente de si es lluvia o no, lo esencial es que no contenga elementos tóxicos, que sea opaco y que no permita la entrada de insectos y otros animales.

Finalmente, que se construya o instale de tal forma que su peso no presente un riesgo estructural al inmueble.

El SCALL en algunos casos puede requerir la integración de un rebosadero para que el agua pueda desbordar de forma controlada cuando la lluvia supere la capacidad del tanque.

El volumen de almacenamiento idealmente se calcula con base en el área de captación, la cantidad de lluvia en la zona y el consumo de agua anticipado. Sin embargo, se recomienda, que el almacenamiento del líquido sea en función del espacio disponible y sea razonable en términos del presupuesto con el que se cuente. En muchos casos puede usarse un tanque ya existente en el inmueble o podrá conectarse tanto al SCALL como a la red de agua potable.

3.1.6. Bombeo

En algunos casos, especialmente en medios rurales, un SCALL se diseñará de forma que no requiera electricidad y la extracción del agua sea por gravedad o bombeo manual. En zonas urbanas, sin embargo, la mayoría de los SCALL pueden integrar una bomba para sacar el agua del almacenamiento, hacerla pasar a presión por uno o más filtros y llevarla al punto de uso o a un tinaco en el techo. Se usan las mismas bombas para un SCALL que las que se utilizarían para un sistema convencional de conexión de cisterna a un punto de uso o tinaco. Es importante considerar que la adición de filtros reduce el flujo de agua por la tubería y puede requerir una bomba un poco más potente.

3.1.7. Filtración y tratamiento

Los filtros se utilizan en la etapa de tratamiento final y de seguridad, colocados para disminuir el riesgo de que persistan contaminantes después del pretratamiento y almacenamiento. La integración de filtros es importante en caso de que se tenga la intención de usar el agua para contacto o consumo humano, especialmente en zonas urbanas.

El propósito de los filtros es eliminar sedimentos finos, sustancias químicas disueltas en el agua, y otros elementos contaminantes que le den algún color, olor o sabor al agua. Hay diversos tipos de filtros para distintos tipos de contaminantes. En muchos casos, un simple filtro contra sedimentos es suficiente para lograr la calidad de agua deseada. Sin embargo, en casos donde se pretende usar el agua para consumo humano puede ser necesario agregar filtros de carbón activado u otros más especializados.

3.1.8. Desinfección

El mayor riesgo para la salud que puede haber en el agua de lluvia captada

es microbiológico es decir por la presencia de bacterias u otros organismos que afectan a los humanos. Esto es porque la superficie de captación está expuesta al exterior.

Si en la vivienda se mantienen mascotas o hay paso de otros animales a través del techo, la contaminación por bacteria de sus heces es más común.
Por ello, si se desea instalar un SCALL habrá que retirar esos animales y limpiar muy bien la superficie del techo, especialmente si se pretende usar el agua para consumo humano.

Los SCALL deben considerar algún método de desinfección del agua. Este proceso se puede realizar dentro de la cisterna, en el punto de uso o en un lugar intermedio (un tinaco en el techo, por ejemplo). Existen diversas opciones de desinfección, cada una con ventajas y desventajas, y estas opciones se pueden combinar. Los métodos más comunes de desinfección son: cloro, ozono, plata coloidal y luz ultravioleta. Todos estos se describirán a detalle en una sección posterior.

3.1.9. Manejo y mantenimiento

Además de la calidad del diseño del SCALL, lograr una buena calidad del agua captada depende de un mantenimiento periódico, acciones esenciales para obtener los mejores resultados.

El diseño mismo del sistema debe prever las acciones de uso y mantenimiento.

Si resulta difícil o incómodo manejarlo y mantenerlo, es probable que su uso no sea eficiente y que no reciba los cuidados necesarios, disminuyendo la calidad del agua que se podría obtener.

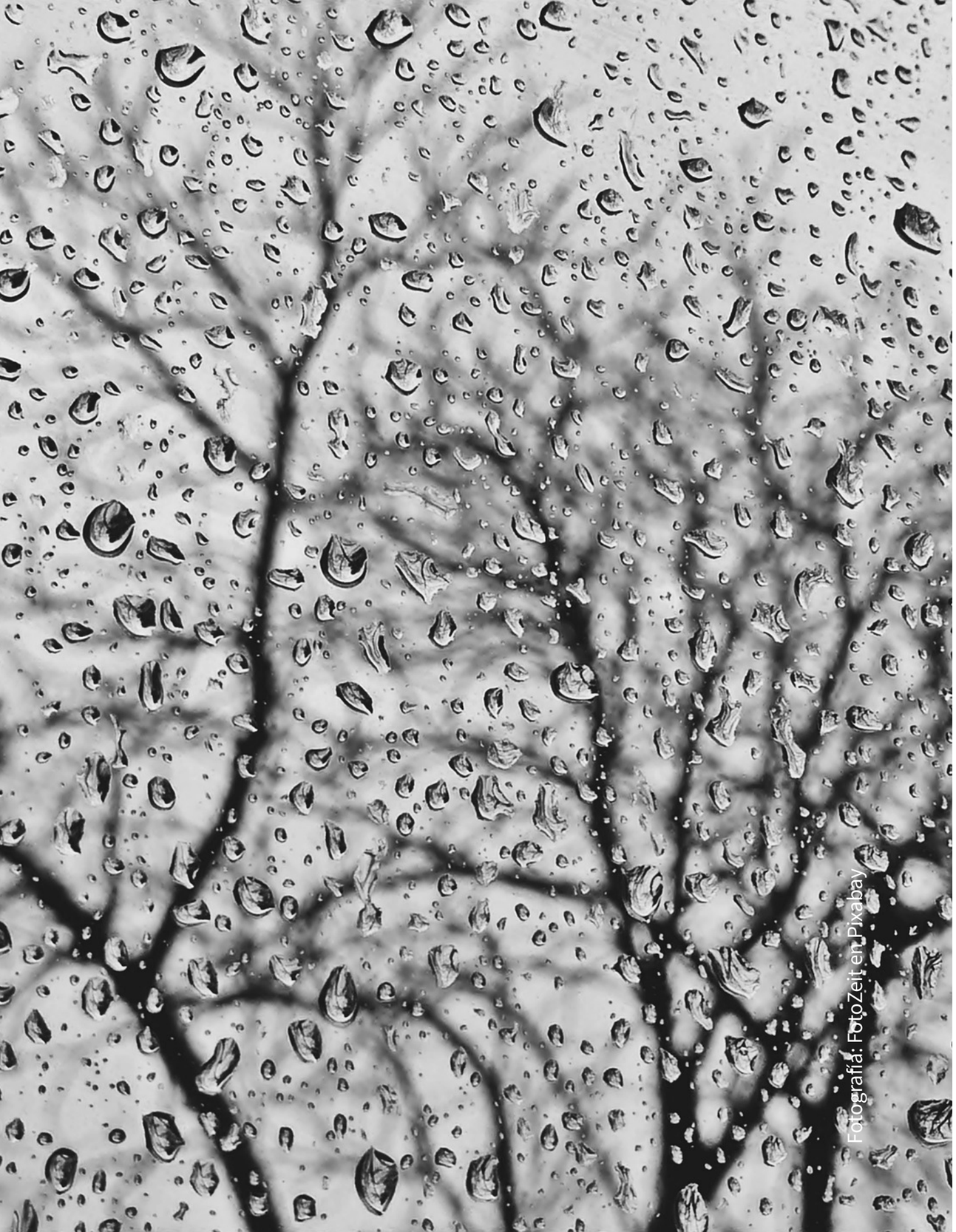
Algunos de los puntos esenciales a considerar son:

- Todos los componentes deben poder mantenerse limpios y en buen estado, esto incluye la superficie de captación y las canaletas
- El separador de primeras lluvias debe poder drenarse por completo después de cada aguacero
- Los filtros deben poder limpiarse frecuentemente
- El almacenamiento debe poder vaciarse y lavar por lo menos una vez al año
- Los cartuchos de filtros y elementos activos del sistema de desinfección deben poder cambiarse de acuerdo con su vida útil



CAPÍTULO II

LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO Y OPERACIÓN DE UN SCALL



Fotografía: FotoZeit en Pixabay

ANTES DE DISEÑAR TU SCALL

Hay diversos factores que deben tomarse en cuenta antes de diseñar un sistema de captación de agua de lluvia.
A continuación, los presentamos:

1. ¿En tu localidad hay normas o leyes para regular los SCALL?

Dependiendo del sitio del país en que se planee instalar un SCALL puede existir un marco jurídico que permita, facilite, obligue, reglamente o limite la práctica de la cosecha de agua de lluvia. Pregunta y revísalo.

Puede haber alguna ley, normas, estándares u otros documentos oficiales que hagan referencia a la captación de agua de lluvia, a los lineamientos en cuanto a: usos y calidades de agua, procesos de tratamiento, diseño e instalación.

2. ¿Con cuánto dinero cuentas para tu SCALL?

Revisa las condiciones de tu techo, los espacios de tu vivienda y el presupuesto con el que cuentas para instalar tu SCALL. Recuerda que, uno de los beneficios de estos sistemas, es el ahorro económico que puedas tener por disminuir la compra o pago del agua que consumen en tu vivienda.

Para hacer esa valoración de costos y la viabilidad de instalar un SCALL en tu casa conviene evalúes lo siguiente:

2.1. Características de la superficie de captación

Para obtener una alta calidad de agua para uso potable de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana en la materia cuyas siglas son: NOM-127- SSA1-1994, el requisito fundamental es tener

un techo lo más limpio y liso posible. No debe albergar mascotas, tampoco ser utilizado como bodega, y el agua debe correr sin obstáculos ni estancamientos. En caso de que el agua que se utilizará no sea para consumo humano, es decir, riego, limpieza y uso sanitario, los requisitos son de menor exigencia, como se observa a continuación en el cuadro 1.

Cuadro 1.
Tipos de superficies: No apta, aceptable, ideal para cosecha de lluvia

Descripción	Sistema para usos no potables	Sistema para usos potables
Requisitos de la superficie de captación	Se sugiere un techo limpio, pero no es limitante. No debe tener mascotas, ni se debe usar como espacio de almacenamiento	Es necesario tener un techo lo más limpio y liso posible. No debe tener mascotas, ni almacenamiento. El agua debe correr sin obstáculos ni estancamientos. Lo ideal son los materiales que no agregarán contaminación al agua
Superficies aceptables	• Lámina de asbesto • Teja de barro sin sellar • Impermeabilizante en rollo con terminado en gravilla	• Losa de concreto con terminado liso o pulido • Losa de concreto con enladrillado y/o lechareado • Losa de concreto con impermeabilizante acrílico
Superficies ideales	• Lámina plástica (policarbonato, polipropileno, etc.) • Fibrocemento o similar • Membranas plásticas de HDPE • Tejas cerámicas o similares • Loseta cerámica, porcelanato o similar • Losa de concreto con terminado liso o pulido • Losa de concreto con enladrillado y/o lechareado • Losa de concreto con impermeabilizante acrílico	• Cristal/vidrio • Lámina metálica • Lámina plástica (policarbonato, polipropileno, etc.) • Fibrocemento o similar • Membranas plásticas de HDPE • Tejas cerámicas o similares • Loseta cerámica, porcelanato o similar

Las superficies ideales para captar lluvia son los techos de material que no contribuyen a la contaminación al agua. Superficies limpias, lisas y con buena pendiente de escurrimiento

2.2. Pendientes del techo

Un techo debe tener una pendiente que el agua corra o escurra por gravedad y se pueda dirigir el flujo hacia el punto de recolección. Se debe asegurar el desalojo de toda el agua que caiga sobre el techo. Entre mayor sea la pendiente, mejor será la cosecha de lluvia. Se debe considerar la pendiente para ubicar el SCALL. Estos son los requisitos y recomendaciones principales:

- Una pendiente de, por lo menos, 2% (2 cm de caída por cada metro lineal)
- Encauzar el agua hacia el lado de la construcción en donde se instalará el SCALL para minimizar las distancias de conducción
- En edificaciones ya construidas, se debe analizar el escurrimiento y localizar las zonas irregulares para corregirlas. Pueden identificarse porque generalmente producen manchas, sedimentos y moho visibles
- Si la pendiente no es idónea (techo plano o con irregularidades), se recomienda invertir en un nuevo material que permita solucionar este problema. La loseta, por ejemplo, puede permitir agregar o generar una pendiente en techos existentes

2.3. Bajadas pluviales

Las bajadas pluviales o BAP (Bajante de Agua Pluvial), junto con la canaleta o sardinel (hilera de tabique o ladrillo), son los elementos del sistema que se encargan de centralizar y conducir el agua de lluvia hacia el resto de los elementos del sistema. Muchas construcciones ya cuentan con instalaciones para canalizar el agua de lluvia, ya sea con tuberías, bajadas o canaletas. Es necesario intervenirlas para centralizar el cauce y dirigirlo hacia un sitio adecuado para instalar el resto del sistema, incluido el tanque o cisterna.

Hay dos condiciones a considerar en una construcción o techumbre:

a) Para una construcción nueva o existente que no cuente con bajantes se deben diseñar algunas, pensando en centralizar el escurrimiento

y dirigirlo hacia la zona donde estará el resto del sistema, principalmente la cisterna o el tanque

Se debe revisar hacia dónde escurre el agua para colocar un sardinel (o hilada de tabique) en el perímetro, junto con disparos o tubos. En el caso de un techo de lámina se debeinstalar una canaleta para la conducción del agua hacia una bajada única.

b) Cuando las bajadas ya existan, se deben poder intervenir para centralizar sus escurrimientos hacia el área deseada (ver 4. Centralización y distribución) y dirigirla al resto del sistema

Diagrama 3.
Disparos con hilada de tabiques

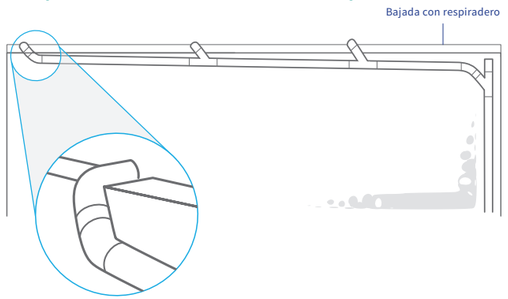
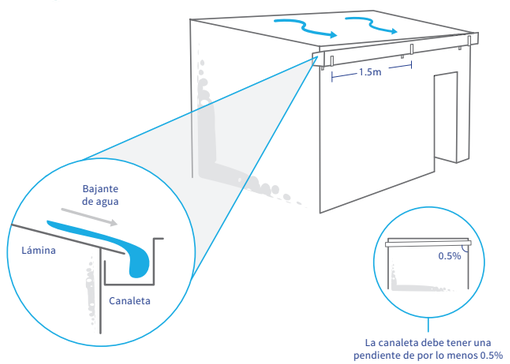


Diagrama 4. Canaleta



En algunos casos, no es posible instalar el Sistema porque no es recomendable intervenir las tuberías. Es el caso de construcciones con bajadas internas

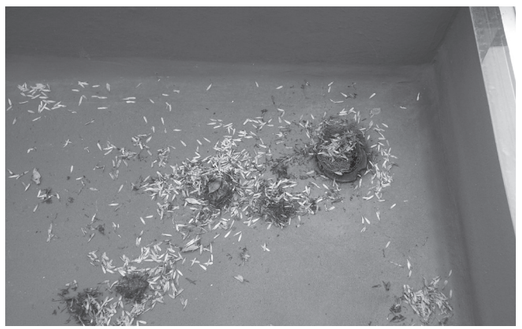
Bajantes adecuadas





Bajantes no adecuadas





2.4. Espacio para un tanque o cisterna

Los sistemas de captación de lluvia requieren de un lugar para recibir el agua, ya sea una cisterna, tanque o contenedor. Debe ser un lugar seguro ubicado al exterior o donde no existan riesgos de inundación cuando rebase su capacidad y siga lloviendo (ver 7.2 “Condiciones y componentes esenciales del almacenamiento”).

a) Rebosadero

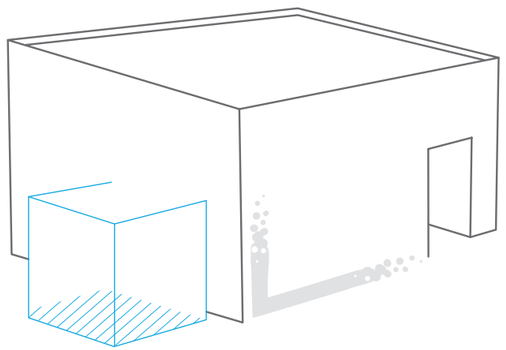
2.5. Mano de obra capacitada/ instalación adecuada

El éxito de la cosecha de lluvia depende en gran medida de la calidad de los componentes y la instalación de los sistemas. Dicha instalación se basa en principios de plomería y albañilería. Sin embargo, es primordial contar con mano de obra capacitada que comprenda los conceptos básicos del sistema.

2.6. Operación y mantenimiento del Sistema

Otra condición primordial es la correcta operación y mantenimiento del SCALL que, si bien es sencillo, depende directamente del cuidado, entrenamiento y disposición del usuario.

Diagrama 5.
Espacio para tanque o cisterna



3. Diseño del SCALL

3.1. Superficie de captación/área de techo

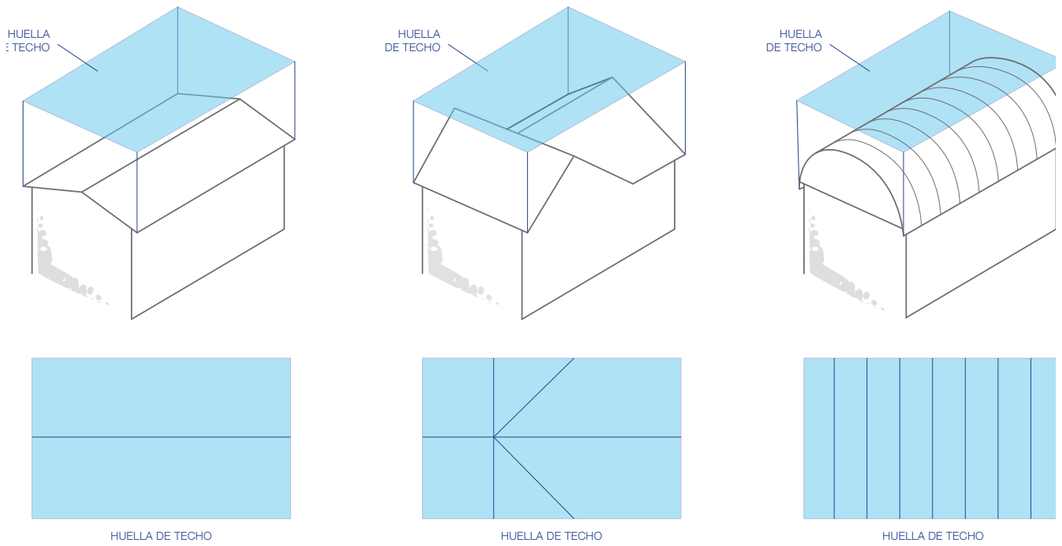
Una vez elegida una superficie adecuada de acuerdo con el uso que se le dará al agua (ver cuadro 1), es necesario calcular el área del techo. Se tomará cualquier superficie como área plana, huella o desplante como se muestra en el diagrama 6.

Una vez medidas las distancias lineales (en metros como unidad) de los lados que forman el techo, se procede a calcular el área o superficie (en m^2) según la fórmula correspondiente. (En caso de tener una figura de techo diferente se puede revisar otras formas de cálculo de área de figuras geométricas[5]).

Los casos más comúnes son:

5 https://www.profesorenlinea.cl/geometria/AreasCalculode.htm

Diagrama 6.
Huella de techo



Cuadro 2.
Cálculo del área de techo

Figura relacionada	Fórmula para calcular el área o superficie
Rectángulo	Largo x Ancho
Cuadrado	Lado x Lado
Círculo	3.1416 x Radio x Radio
Triángulo	Base x Altura entre 2

3.2. Cantidad de lluvia del sitio donde vives. Precipitación pluvial

Es necesario conocer las estadísticas de precipitación pluvial promedio de la zona de estudio. Se recomienda recurrir a una fuente oficial y elegir el periodo indicado de acuerdo con el estudio (anual, mensual o diario). Esto te permitirá saber la cantidad de agua que puedes cosechar cada temporada de lluvias.

Algunas fuentes recomendadas son las siguientes:

- Servicio Meteorológico Nacional/ Conagua [6]
- Calculadora para el aprovechamiento de lluvia[7]

Conviene también que analices el tipo de material del que está construido tu techo y así puedas decidir correctamente qué tipo de uso puedes dar al agua que cosechas. El cuadro 3 te da información sobre ello.

3.3. Centralización y distribución

El tipo de techo determina la canalización que se utilizará para recolectar el agua y mandarla al sistema de distribución (ver cuadro 4). Se pueden dividir en techos de lámina o similar que requieren canaleta, y techos de losa o similar que requieren sardinel (o hilada de tabiques) y disparos.

3.4. Dimensionmiento de las bajadas pluviales

Los siguientes cuadros se muestran como referencia para la correcta elección del diámetro de la tubería horizontal, vertical y canaleta.

El número contenido en el cruce de la fila y la columna representa el área de techo máxima recomendada,

6 https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologi- cas-por-estado

7 https://capitalsustentable.shinya- pps.io/calculadora/

de acuerdo con la pendiente, el diámetro y la intensidad de lluvia.

La intensidad de lluvia de tu región es una medida que representa el volumen de agua que se precipita en un determinado tiempo.

Dado que la lluvia no es constante durante un aguacero, este factor se utiliza para calcular la intensidad máxima y para que la cosecha pueda conducirse hacia el sistema de almacenamiento sin riesgos.

La intensidad máxima ocurre durante poco tiempo, generalmente algunos minutos, por lo que se recomienda utilizar el promedio de 100 mm/h (milímetros por hora) para áreas de captación de hasta 100 metros cuadrados para no sobredimensionar las tuberías[8].

Cuadro 4.
Centralización y distribución

Tipo de techo	Centralización	Conducción
Lámina	Canaleta (generalmente de lámina)	Tubería bajante (BAP): puede ser horizontal y vertical
Losa	Sardinel (hilada de tabique)	Tubería bajante (BAP): disparos, tubería horizontal y vertical

8 https://www.tiempo.com/ram/447/analisis-de-la-intensidad-de-precipitacion-metodo-de-la-intensidad-contigua/

Cuadro 3.
Toxicidad y coeficiente de cosecha de los materiales

Material	Toxicidad	Textura	Coeficiente de captación
Vidrio	Nula	Lisa	0.95
Lámina de metal		Lisa	0.95
Lámina de fibras de plástico	Baja	Lisa	0.95
Teja*		Medianamente rugosa	0.85
Fibrocemento	Baja	Rugosa	0.85
Losa de concreto		Rugosa	0.80
Impermeabilizantes derivados del plástico	Media	Medianamente rugosa	0.75
Impermeabilizantes de gravilla		Muy rugosa	0.75
Carpeta asfáltica	Alta	Muy rugosa	0.70
Asbesto		Rugosa	0.75

Dependiendo si está en buen estado, puede ser toxicidad alta[9].

Por ejemplo

Con una intensidad de lluvia de 100 mm/h (valor recomendado para hacer el cálculo, como un promedio de diseño en la mayoría de los casos), una pendiente de 2% (recomendada), un tubo horizontal de 100 mm de diámetro se puede centralizar y conducir el agua de un techo de hasta 246 m^2

9 https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Ingenieria%20y%20Tecnologia%20T-IV/Articulo_3.pdf

Cuadro 5. Dimensionamiento de las bajadas horizontales

Área del techo dedicada a la captación en Proyección Horizontal m²															
Precipitaciones de diseño (mm/h)	Según diámetro de la tubería (mm)														
	Pendiente 1%					Pendiente 1.5%					Pendiente 2%				
	75	100	150	200	250	75	100	150	200	250	75	100	150	200	250
50	152	348	990	2128	3828	186	426	1212	2604	4688	214	492	1396	3008	5414
60	127	290	825	1773	3190	155	355	1010	2170	3907	178	410	1163	2507	4512
70	109	249	707	1520	2734	133	304	866	1860	3349	153	351	997	2149	3867
80	95	217	619	1330	2392	116	266	757	1627	2930	134	307	872	1880	3384
90	84	193	550	1182	2127	103	237	673	1447	2604	119	273	776	1671	3008
100	76	174	495	1064	1914	93	213	606	1302	2344	107	246	698	1504	2707
110	69	158	450	967	1740	85	194	551	1184	2131	97	224	636	1367	2461
120	63	145	412	887	1595	77	177	505	1085	1953	89	205	582	1253	2256
130	58	134	381	818	1472	72	164	466	1002	1803	82	189	537	1157	2082
140	54	124	354	760	1367	66	152	433	930	1674	76	176	499	1074	1934
150	51	116	330	709	1276	62	142	404	888	1563	71	164	465	1003	1805
160	47	109	309	665	1196	58	133	379	814	1465	67	154	436	940	1692
170	45	102	291	626	1126	55	125	356	766	1379	63	145	411	885	1592
180	42	97	275	591	1063	52	118	337	723	1302	59	137	388	836	1504
190	42	92	261	560	1007	49	112	319	685	1234	56	129	367	792	1425
200	38	87	247	532	967	46	106	303	651	1172	53	123	349	752	1353

Cuando la intensidad de diseño se encuentre entre dos filas se deberá emplear la intensidad mayor inmediata.

Adaptado de la **Guía para la elaboración de sistemas alternativos.**

Cuadro 6. Dimensionamiento de las bajadas verticales

Área del techo dedicada a la captación en Proyección Horizontal m²					
Precipitaciones de diseño (mm/h)	Según diámetro de la tubería (mm)				
	75	100	150	200	250
50	136	416	868		
60	113	347	723		
70	97	297	620	1820	
80	85	260	619	1592	
90	76	231	550	1416	
100	68	208	495	1274	2737
110	62	189	450	1158	2488
120	57	173	412	1062	2281
130	52	160	381	980	2105
140	49	149	354	910	1955
150	45	139	330	849	1825
160	42	130	309	796	1711
170	40	122	291	749	1610
180	38	116	275	708	1521
190	36	109	261	671	1441
200	34	104	247	639	1368

Cuando la intensidad de diseño se encuentre entre dos filas se deberá emplear la intensidad mayor inmediata.

Adaptado de la **Guía para la elaboración de sistemas alternativos.**

10 https://tramites.cdmx.gob.mx/inicio/index.php/ts/274/57
https://hidropluviales.com/2018/01/16/cumplimiento-de-normatividad-2/
https://hidropluviales.com/wp-content/uploads/2018/01/GUIA_TECNICSACMEX-191215.pdf

Cuadro 7.

Dimensionamiento de canaletas

Pendiente de inclinación canaleta	Ancho de canaleta “	Máxima área de captación admisible para diferente intensidad (m^2)				
		Intensidad 50 mm/h	Intensidad 75 mm/h	Intensidad 100 mm/h	Intensidad 125 mm/h	Intensidad 150 mm/h
1%	3	45	30	22	18	15
	4	95	63	47	38	32
	6	253	169	126	101	84
	8	521	348	260	208	174
2%	3	63	42	32	25	21
	4	134	89	67	54	45
	6	357	238	179	143	119
	8	740	494	370	296	247
4%	3	89	60	45	36	30
	4	190	126	95	76	63
	6	515	344	258	206	172
	8	1042	694	521	417	347

Fuente: Mechell et al. (2010)

Por ejemplo

Con una intensidad de lluvia de 100 mm/h (recomendada como un promedio de diseño en la mayoría de los casos), un tubo vertical de 100 mm de diámetro puede centralizar y conducir el agua de un techo de hasta 208m^2

Por ejemplo

Con una intensidad de lluvia de 100 mm/h (recomendada como un promedio de diseño en la mayoría de los casos), una canaleta de 8” (200 mm) con pendiente de 2% puede canalizar el agua de un techo de hasta 370 m^2

Los tubos, canaletas, codos y demás componentes utilizados para la canalización y distribución deben ser de un material aprobado para su uso, en conformidad con los estándares vigentes[11]

3.4.1 Características deseables de la tubería y canaleta

- Minimizar distancias del traslado de agua
- Evitar cruzar puertas, ventanas o interferir con cualquier elemento de los edificios
- Para la tubería horizontal se recomienda una pendiente de 2%
- Para la canaleta se recomienda una pendiente mínima de 1% o incluso 0.5%, dado que una inclinación mayor puede provocar que la canaleta se despegue de la lámina, lo que puede causar pérdida de agua

3.5. Desvío a drenaje

Todo sistema de captación de lluvia debe contar con un método de desvío de las aguas que le permita al usuario decidir si se requiere captar la lluvia o no. Para ello, es necesario un dispositivo que permita desviar la lluvia en su totalidad hacia un lugar seguro, generalmente al drenaje, el patio, el jardín o la calle. La alternativa

11 https://hidropluviales.com/2018/01/16/cumplimiento-de-normatividad-2/

de desvío debe usarse cuando se identifiquen condiciones ambientales que contaminen el agua o cuando el sistema esté en mantenimiento o sobrepasado en su capacidad de almacenamiento.

Es recomendable hacer estos desvíos en las siguientes circunstancias:

1. Para evitar problemas relacionados con la calidad del agua:

a) Al inicio de la temporada de lluvias o después de varios días de sequía ya que la concentración de contaminantes después de un periodo de sequía es alta; desviar esas lluvias permite limpiar la superficie de captación evitando cosechar el agua contaminada

b) Al momento de limpiar y desinfectar el techo, ya que los productos utilizados para estas tareas son dañinos para la salud

c) En situaciones de contingencia ambiental o situaciones extraordinarias como lluvia de cenizas o contaminación atmosférica

2. Para evitar la entrada de la lluvia al almacenamiento cuando se encuentre inhabilitado por reparación o mantenimiento. El desvío a drenaje se puede hacer de dos maneras (diagramas 7 y 8):

1. Antes del separador de primeras lluvias
2. Integrado al separador de primeras lluvias

Diagrama 7.
Desvío a drenaje previo al separador de primeras lluvias

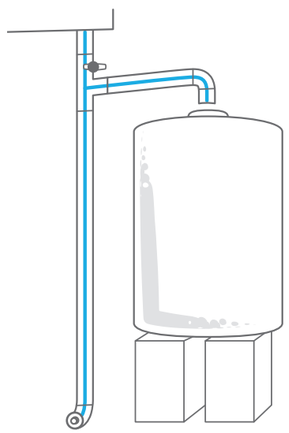
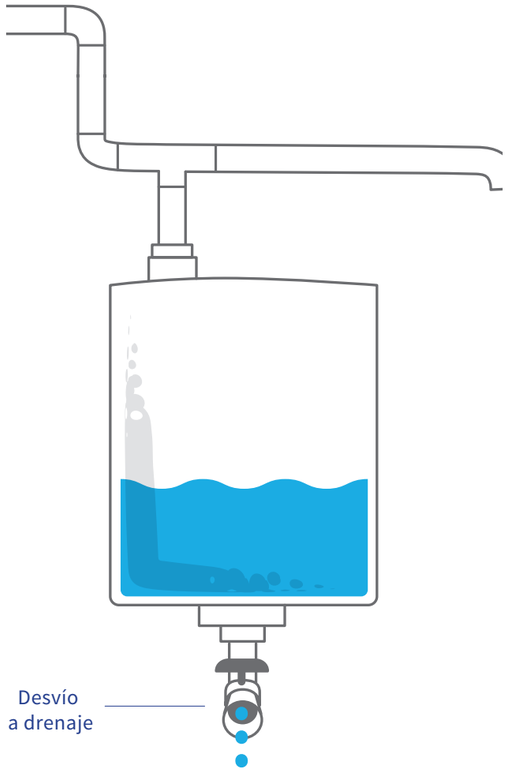


Diagrama 8.
Desvío a drenaje integrado al separador de primeras lluvias



El desvío a drenaje se tiene que planear para enviar el agua a un lugar seguro en el que no ocasione problemas de inundaciones, encharcamiento y humedad en el drenaje, zona de infiltración o espacio público

La válvula utilizada para el desvío debe tener la capacidad de evacuar la lluvia en tiempo real, considerando las temporadas de lluvia más intensas y la capacidad de la superficie de captación

Se recomienda dejar pasar de 3 a 5 lluvias al inicio de la temporada de acuerdo con el nivel de limpieza del techo

3.6. Pretratamiento

El pretratamiento describe los procesos de limpieza del agua de lluvia entre el techo y el sitio de almacenamiento. Es esencial ya que la contaminación del aire o depositada sobre el techo o la superficie de captación es disuelta o arrastrada por la lluvia, y, por lo tanto, suele contener concentraciones mucho más altas de contaminantes durante los primeros minutos del aguacero. El paso esencial consiste en separar el agua de la primera lluvia para no

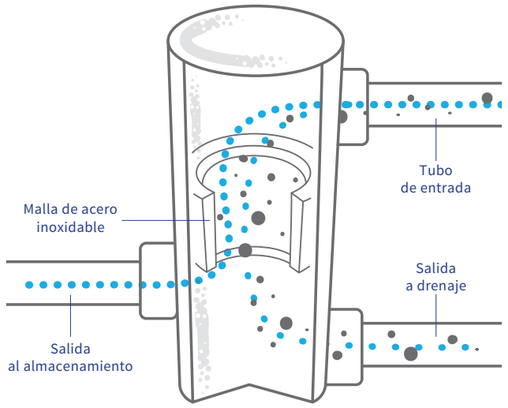
cosecharlo; esto se puede hacer por desviación o por acumulación. El segundo paso es la prefiltración que impide la entrada de residuos o basuras al tanque. Ambos pasos requieren componentes y mecanismos que puedan activarse sin la intervención de una persona. El pretratamiento es muy importantemsi se quiere asegurar una buena calidad de agua.

3.6.1 Separación de contaminación de primeras lluvias

Este proceso, conocido como “separación de primeras lluvias” aumenta de manera importante la calidad del agua cosechada. Usualmente se recomienda separar entre 2 y 3.2 litros de lluvia por m^2 de superficie de captación (2 a 3.2 mm) en zonas urbanas y 0.5 a 1 litro en poblados rurales. Entre mayor sea el volumen de agua que se separa de la primera lluvia, mejor será la calidad obtenida a razón de 50% por cada litro (1 litro mejorará 50% la calidad, 2 litros mejorarán 75%, 3 litros mejorarán 87.25% y así sucesivamente).

a) Desviación de primeras lluvias.
Los desviadores se colocan en la BAP

Diagrama 9.
Desviación tipo vortex

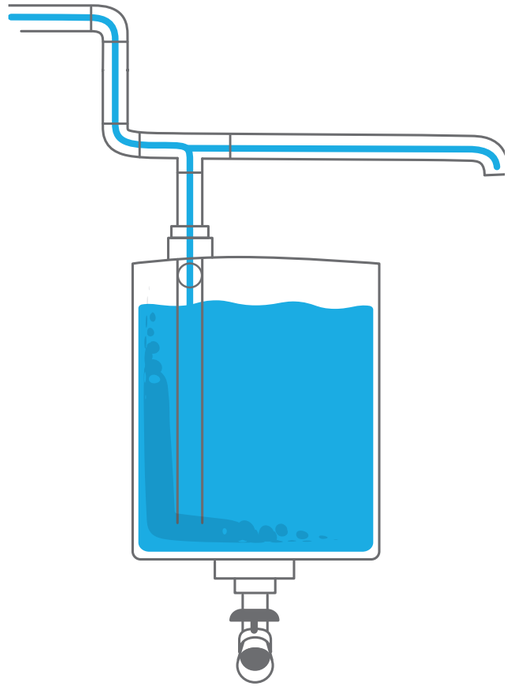


y se pueden combinar con dispositivos de filtración. Su función es desviar una parte del agua que pasa por la bajada durante todo el episodio de lluvia, por lo que suelen generar más pérdida que la separación por acumulación (ver siguiente punto). Requieren poco espacio y un mantenimiento mínimo.

Sin embargo, deben colocarse en lugares en los que el flujo desviado no genere problemas, ya sea dirigiéndolo a una zona infiltrante o conectándolo directamente al drenaje.

Su dimensionamiento se hace en función de la BAP.

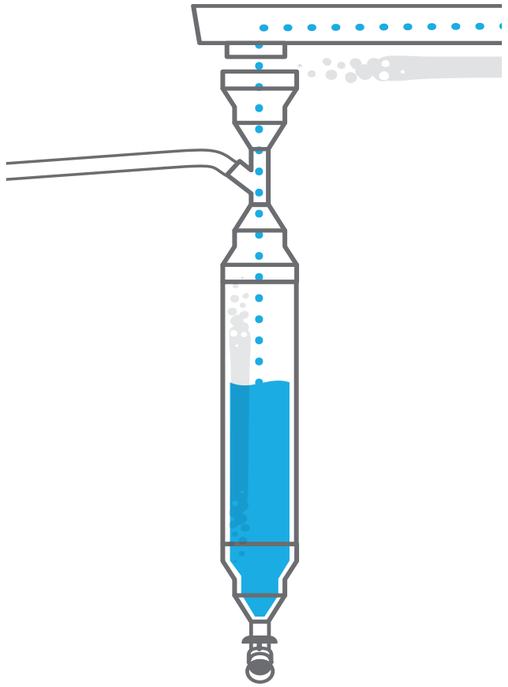
Diagrama 10.
Separación en tanque



Cuando la superficie de captación es grande, la desviación, en términos de espacio, puede ser una mejor opción que la acumulación.

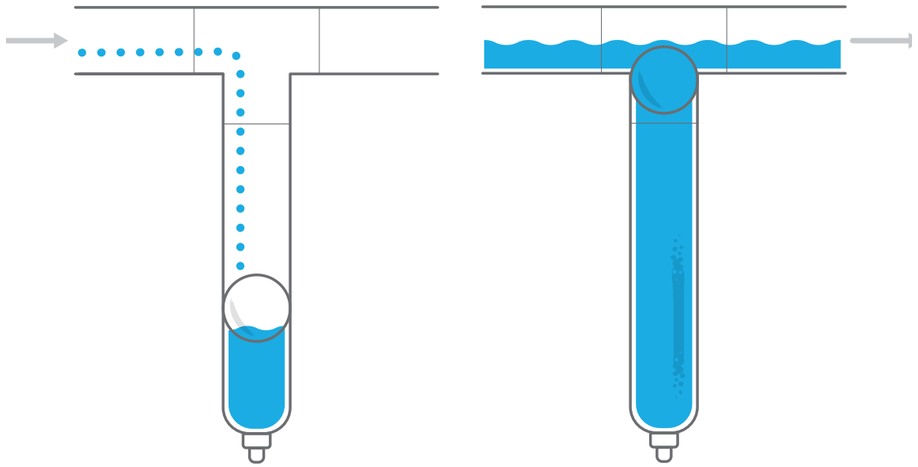
Existen equipos automatizados que, por medio de un sensor y electricidad, determinan el momento para abrir y cerrar una válvula con el fin de desviar dicho volumen de separación.

Diagrama 11.
Separación en tubo



En ciertos casos, la desviación y la prefiltración pueden combinarse en un mismo componente (diagrama 9). Se recomienda investigar cuáles de ellos existen en el mercado y comparar opciones.

Diagrama 12.
Ejemplo de mecanismo de bloqueo



El separador por acumulación debe de estar vacío antes de cada lluvia; de no ser así, el agua que entrará al sistema de captación puede acarrear contaminantes y se pondrá en riesgo su calidad. Se recomiendan mecanismos de vaciado automático, ya que, durante la temporada de lluvias, esta tarea debe realizarse antes de cada lluvia.

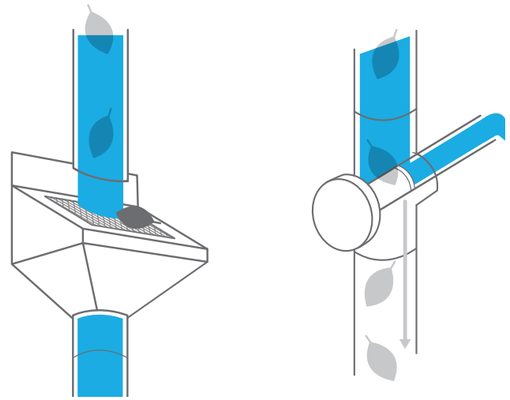
Si el SCALL cuenta con más de una BAP y éstas no se unen antes de llegar al almacenamiento, debe incluirse un mecanismo de separación para cada BAP.

Los separadores se integran a la BAP, por lo que se tiene que tomar en cuenta la altura del tanque de almacenamiento y del separador: la pendiente antes y después del separador tiene que ser continua y de por lo menos 1% para asegurar el flujo del agua por gravedad y el buen funcionamiento del SCALL.

3.6.2. Prefiltración (filtro de hojas; diagrama 13)

Se trata de un mecanismo capaz de retener mecánicamente basura evidente (hojas, ramas, insectos y otras partículas). Puede colocarse antes o después de la separación de primeras lluvias, pero, al instalarlo antes de la separación, el filtro puede saturarse, ya que retendrá todos los elementos arrastrados por los primeros minutos de lluvia.

Diagrama 13. Filtro de hojas



En la prefiltración se recomiendan filtros de malla de acero inoxidable de entre 500 y 300 micras. El cuerpo del filtro debe ser más amplio que las bajadas pluviales para evitar salpicaduras y pérdidas de agua.

3.7. Almacenamiento y dimensiones del sistema

Para un proyecto de captación de agua de lluvia, la elección del tipo de almacenamiento, su dimensión y los complementos necesarios dependen de la combinación de diversos factores:

a) La cantidad de agua que se pueda cosechar

b) La existencia previa de tanques de almacenamiento que puedan ser utilizados o el presupuesto para la construcción de uno

c) El consumo o demanda de agua de acuerdo con el uso que se le dará al agua cosechada

d) La factibilidad de construcción o instalación del almacenamiento deseado

El cuadro 8 compara las opciones más comunes de almacenamiento.

Cuadro 8.
Comparación de materiales y tipos de almacenamiento

Material	Ventajas	Desventajas
Mampostería (Block o concreto armado)	• Ubicados en subsuelo, no ocupan espacio en superficie • El cemento alcaliniza el agua y la mantiene fresca y de buena calidad • Fácil mantenimiento y larga vida útil	• Los costos pueden ser elevados según la capacidad deseada • Requiere una gran disponibilidad de espacio en subsuelo • Se tienen que construir en sitio • Requiere excavación
Rotomoldeado	• Bajo costo comparado con las otras opciones (debajo de 10 000 litros) • Se adquiere ya hecho y listo para usar • Existen muchas marcas, opciones y capacidades, adaptables a cada contexto • Alta disponibilidad	• Poco práctico en términos de transporte (transportan su capacidad en volumen de aire) • Ocupan espacio en superficie por lo que requieren un piso plano que sea capaz de aguantar su peso una vez lleno • Solo se encuentran en tamaños específicos (generalmente 450; 1 100; 2 500; 5 000; 10 000 litros
Ferrocemento	• Muy bajo costo de materiales • Alta disponibilidad de materiales • Materiales disponibles en todos lados • Se pueden hacer en cualquier tamaño	• Ocupan espacio en superficie por lo que requieren un piso plano que sea capaz de aguantar su peso una vez lleno • Un muy alto porcentaje terminan presentando agrietamientos/ fugas que son difíciles o imposibles de reparar • Requiere experiencia y capacidad técnica especifica
Geomembrana	• Capacidades (volumen) adaptables a las necesidades del contexto • Posibilidad de implementación en contextos diversos • Se puede embalar y transportar de forma eficiente • Permite llevar grandes volúmenes de almacenamiento en muy poco espacio, y llegar a lugares de difícil acceso • Es barato en costo por litro a partir de aproximadamente 20 000 litros (se abarata conforme aumenta el volumen)	• Se construye en superficie, por lo que requiere espacio al aire libre • Alto costo para capacidades menores a 20 000 litros • Material frágil que se puede perforar y es difícil de parchar • Requiere materiales y mano de obra especializada

3.7.1. Principios básicos y materiales para el almacenamiento

a. El tanque de almacenamiento no debe permitir la entrada de luz para evitar el crecimiento de algas que son alimento para otros organismos nocivos

b. El almacenamiento tiene que estar cerrados de forma segura, para: Evitar el ingreso de animales y materia orgánica

Hay que asegurar que no representará un peligro, principalmente para los niños

3.7.2. Condiciones y componentes esenciales del almacenamiento

a) Rebosadero

El rebosadero es una tubería que desaloja el excedente de agua cuando el almacenamiento está lleno para no provocar desbordamientos (diagramas 14 y 15) El tipo de rebosadero puede variar según la clase de almacenamiento al que se integra, pero cualquiera debe cumplir con las siguientes condiciones básicas:

- Asegurarse que el agua desalojada se dirija a un lugar seguro, ya sea el drenaje, alguna superficie infiltrante por la que el agua pueda escurrir sin generar problemas de encharcamientos o inundaciones
- Evitar retornos (cuando el rebosadero está conectado a la red de drenaje) e ingresos indeseados (animales, materia orgánica). Esto se puede lograr con una válvula anti-retorno, conocida también como válvula check
- El drenaje debe estar a un nivel más bajo que el rebosadero (pendiente de 2% para asegurar el flujo)
- El diámetro mínimo de tubería debe ser equivalente al de la tubería vertical



Fotografía: patapont en Pixabay

Diagrama 14.
Cisterna con rebosadero a drenaje

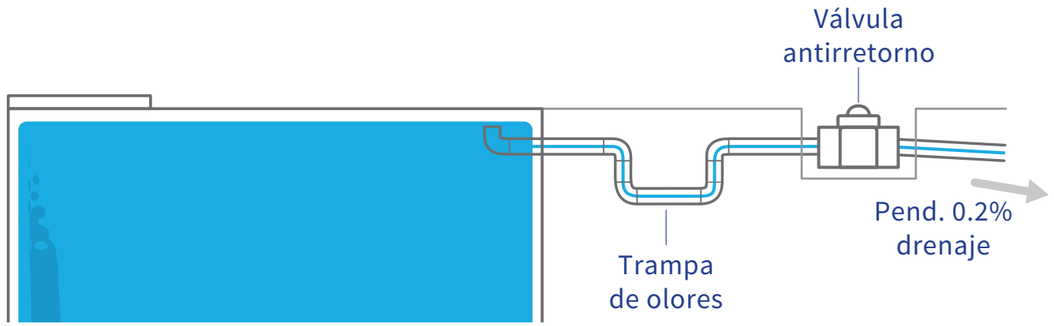
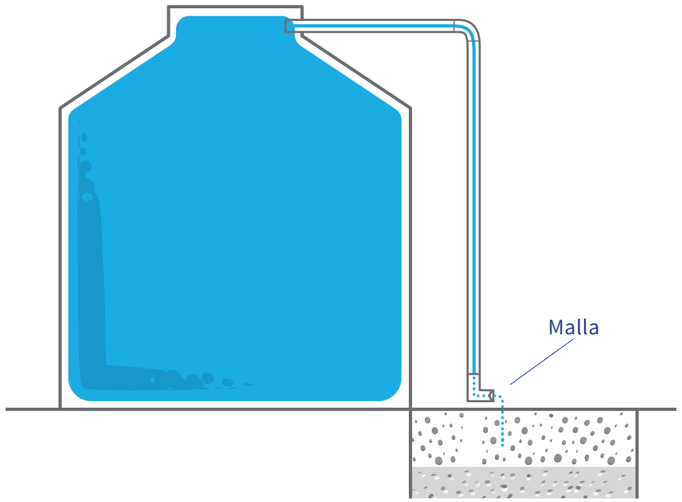


Diagrama 15.
Tinaco con rebosadero a suelo infiltrante



b) Doble flotador para sistemas mixtos
En caso de que el almacenamiento de agua de lluvia sea el mismo que el del agua de la red, los sistemas se vuelven mixtos. En estos casos se tienen que integrar dos flotadores con válvulas respectivas (diagrama 16):

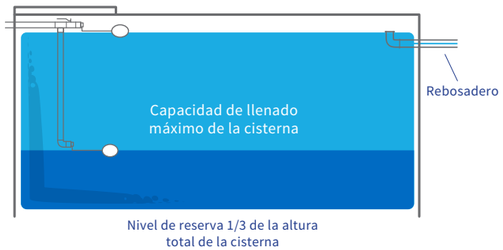
- El flotador más bajo determina un volumen mínimo de reserva y restringe la entrada de agua de la red una vez que se alcanza dicho volumen. De esta manera, el resto del almacenamiento puede llenarse con agua pluvial cosechada

- El flotador más alto tiene la misma función y asegura que el agua de la red que ingrese al almacenamiento no se desperdiciará por el rebosadero

El flotador más bajo debe de ser de un material que soporte la presión sin deformarse ni inundarse, ya que estará sumergido cuando se sobrepase el mínimo de reserva y podría llenarse de agua lo que ocasionaría el rompimiento de la varilla y dejar de funcionar.

Se recomienda flotador de espuma número 4. El tubo y las conexiones que forman dicho arreglo deben ser de material rígido que no se rompa ni deforme con la fuerza de flotación de ambos flotadores. Se recomienda cobre y bronce de alta calidad.

Diagrama 16
Cisterna con doble flotador y rebosadero a drenaje



3.7.3. Sedimentación y decantación en el almacenamiento pluvial

La sedimentación y decantación son los procesos por los cuales los sólidos caen y se acumulan en el fondo del almacenamiento. De esta manera el agua más limpia está en la parte superior de donde debe extraerse para su uso.

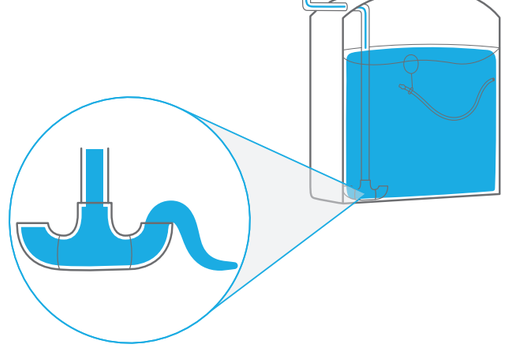
Para un buen funcionamiento del sistema se requiere que el agua no se mueva y que no se perturbe el fondo donde puede haber sedimentos.

Para esto debe reducirse la turbulencia a la entrada del tanque. Esto se logra gracias a los estos componentes:

a) Reducción de turbulencia
Este componente (diagrama 17) permite que el agua entre por el fondo del tanque evitando turbulencia, y no vuelva a levantar los sedimentos acumulados

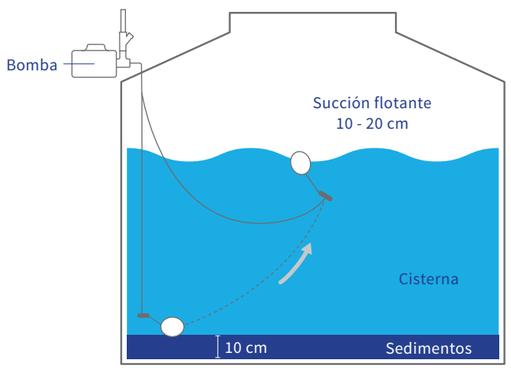
b) Succión flotante
Una vez que los contaminantes se han sedimentado, el agua más limpia se encuentra a unos 10-20 cm por debajo de la superficie, libre de sedimentos y de elementos flotantes. El dispositivo de succión flotante, ilustrado en el diagrama 18, consiste en una manguera sostenida por un flotador, que se mantiene por debajo de la superficie y lejos del fondo del almacenamiento.

Diagrama 17
Reductor de turbulencia



El tanque de almacenamiento debe limpiarse por lo menos una vez al año

Diagrama 18.
Succión flotante



3.7.4. Dimensiones para el almacenamiento ¿Cuánta agua cosechar?

El tamaño de la cisterna, aljibe o tinaco dependerá, antes que nada, del presupuesto y el espacio disponible. El objetivo es volver eficiente la cosecha de lluvia y hacer una buena inversión. Se debe tomar en cuenta el volumen de agua que se puede cosechar. Recuerda que esto se calcula de la siguiente manera:

Superficie de techo multiplicada por los milímetros de lluvia que caen en tu región y multiplicado por el coeficiente de captación. Esto da como resultado el volumen de agua cosechable

Hay dos condiciones que debes considerar cuando hagas este cálculo:

1. Si las condiciones de lluvia de tu región o las características de tu techo no te permiten cosechar toda el agua que necesitas

2. Cuando hay más lluvia que la que puedes consumir

Dos formas de hacer el cálculo

a) Cálculo por aguacero promedio. Puedes calcular la cantidad de agua mediante el “Cálculo por aguacero promedio”. Esto permite dimensionar el volumen de almacenamiento cuando no habrá un excedente de lluvia, debido a que es más alto que el volumen de agua cosechable

Esto reduce la posibilidad de tener una cisterna muy grande que estará llena pocas veces.

Para fines prácticos se recomienda utilizar el valor de 30 a 50 mm como aguacero promedio diario.

Por ejemplo
Consumo de 90 000 litros en 6 meses; potencial de lluvia cosechable de 45 000 litros durante el mismo periodo: el sistema de captación de lluvia abastece solamente 50% de la demanda.

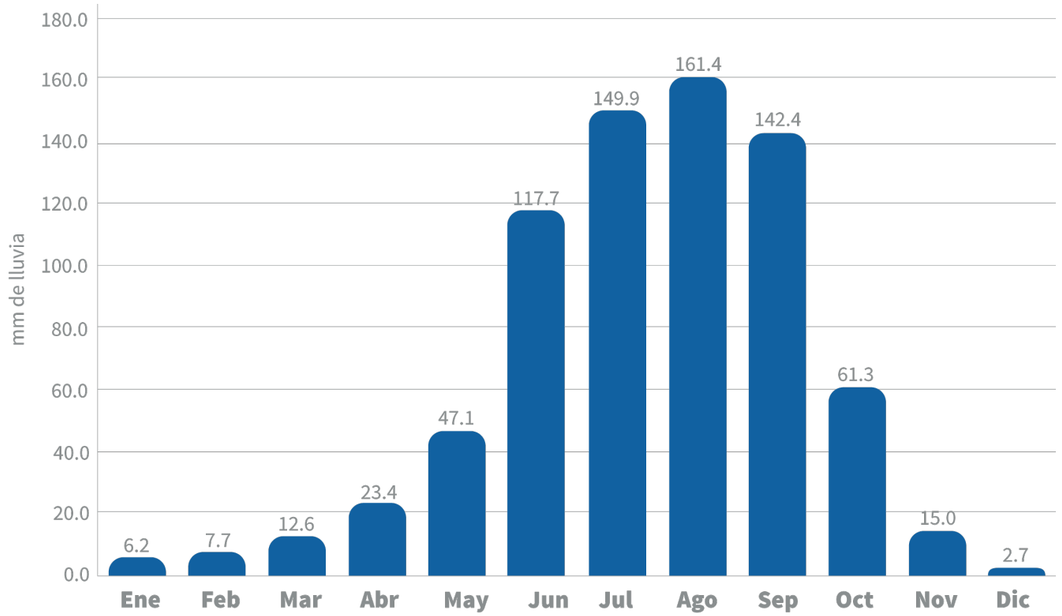
Por ejemplo
Consumo de 90 000 litros en 6 meses, potencial de lluvia cosechable de 135 000 litros. Abastece el total de la demanda y excede 50%.

La demanda se obtiene calculando el consumo de agua de acuerdo con el uso particular o total durante los meses que se consideran temporada de lluvia (en la Ciuda de México de junio a noviembre). En muchos casos ya se cuenta con estadísticas de consumo que puedes consultar en los recibos de consumo de agua. Siempre es altamente recomendable volver eficiente el consumo cotidiano de agua mediante un plan de uso de sistemas ahorradores en regaderas, lavamanos, lava trastes y escusados entre otros. Además de un plan de reparación de fugas. Esto es primordial para reducir la necesidad de almacenamiento, aumentar el beneficio de la captación, ahorrar otros recursos y recuperar más rápido tu inversión.

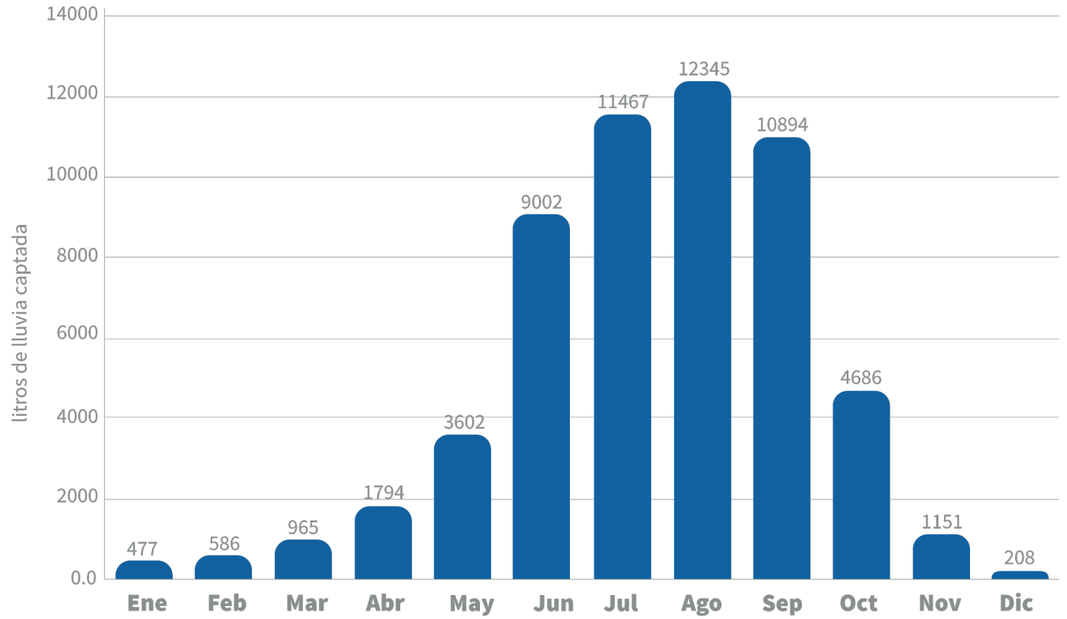
Por ejemplo
Superficie de captación por aguacero promedio diario por coeficiente de captación: 50 m2 x 35 mm x 0.85 = 1 487.5 Litros. Se puede recurrir a un tanque de almacenamiento comercial de 1 100 o 2 500 Litros.

b) Cálculo por promedio mensual de lluvias Permite dimensionar el almacenamiento cuando habrá excedente de lluvia cosechada. Se recomienda calcular el volumen con la máxima diferencia de acumulados mensuales de volumen de lluvia cosechada y consumo o demanda de agua. Este método es adecuado para buscar el máximo aprovechamiento de lluvia de un sistema de captación e incluso permite predecir la autonomía del Sistema (ver gráficas 1 y 2)

Gráfica 1
Precipitaciones mensuales de la Ciudad de México (promedio 2014-2018, Conagua)



Gráfica 2
Volumen mensual de lluvia cosechable - 90cm2



Por ejemplo
(superficie de captación por aguacero mensual promedio) por coeficiente de captación = volumen mensual cosechable. (precipitación anual, mensual, diaria, máxima, mínimo, etc.)

Por ejemplo

Se observa que la diferencia máxima ocurre en septiembre, con un volumen de almacenamiento recomendado de 11 708 litros que será autónomo hasta noviembre ya que en diciembre se presenta una diferencia negativa. De junio a septiembre, la lluvia cubre más del total del consumo o demanda y de octubre a mayo hay un déficit y sólo cubre un porcentaje del total. La gráfica permite identificar el periodo de autonomía. En este caso se observa el cruce entre la línea de demanda y la curva de captación de lluvia en el mes de noviembre.

c) Periodo de autonomía y cálculo por acumulación. A partir del consumo mensual de cada edificio y el cálculo de volumen mensual cosechable se puede determinar el periodo de autonomía de una vivienda o edificación. Solo se puede hablar de autonomía cuando el volumen de agua cosechable sobrepasa el consumo del lugar. Para aumentar el periodo de autonomía es necesario acumular los excedentes no consumidos.

En este caso, es necesario aplicar un cálculo por acumulación.

Los cuadros 9 y 10 y las gráficas 3 y 4 presentan dos ejemplos para ilustrar el cálculo por acumulación con un consumo bajo constante, de 8 000 Litros mensuales, y dos áreas de captación diferentes.

Cuadro 9
Cálculo por acumulación. Superficie de captación de 90 m^2, coeficiente de captación de 0.85

Mes	Precipitación	Litros Captados	Acumulación de lluvia	Demanda	Acumulación de demanda	% de demanda satisfecha	Diferencia
Junio	118	9002	9002	8000	8000	113%	1002
Julio	150	11467	20469	8000	16000	143%	4469
Agosto	161	12345	32815	8000	24000	154%	8815
Septiembre	142	10894	43708	8000	32000	136%	11708
Octubre	61	4686	48394	8000	40000	59%	8394
Noviembre	15	1151	49545	8000	48000	14%	1545
Diciembre	3	208	49753	8000	56000	3%	-6247
Enero	6	477	50230	8000	64000	6%	-13770
Febrero	8	586	50816	8000	72000	7%	-21184
Marzo	13	965	51781	8000	80000	12%	-28219
Abril	23	1794	53575	8000	88000	22%	-34425
Mayo	47	3602	57177	8000	96000	45%	-38823
Total	747	57177			96000	60%	

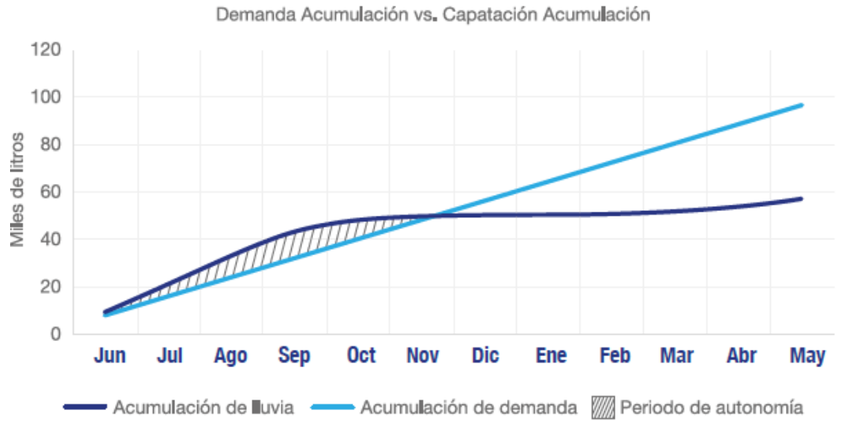
Cuadro 10
Cálculo por acumulación. Superficie de captación de 160 m², coeficiente de captación de 0.85

Mes	Precipitación	Litros Captados	Acumulación de lluvia	Demanda	Acumulación de demanda	% de demanda satisfecha	Diferencia
Junio	118	16004	16004	8000	8000	200%	8004
Julio	150	20386	36390	8000	16000	255%	20390
Agosto	161	21947	58337	8000	24000	274%	34337
Septiembre	142	19367	77704	8000	32000	242%	45704
Octubre	61	8330.6	86034	8000	40000	104%	46034
Noviembre	15	2046	88080	8000	48000	26%	40080
Diciembre	3	369.44	884450	8000	56000	5%	32450
Enero	6	848.64	89299	8000	64000	11%	25299
Febrero	8	1041.7	90340	8000	72000	13%	18340
Marzo	13	1715	92055	8000	80000	21%	12055
Abril	23	3188.9	95244	8000	88000	40%	7244
Mayo	47	6403.3	101647	8000	96000	80%	5647
Total	747	101647			96000	106%	

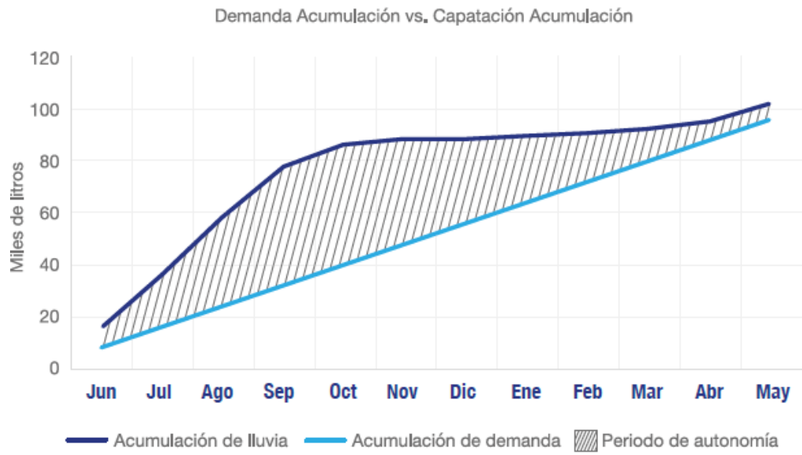
Por ejemplo 2

En el cuadro anterior se muestra el cálculo por acumulación en una edificación de 160 m² de superficie de captación y un consumo de 8 000 litros mensuales. La diferencia máxima ocurre en agosto con un volumen de almacenamiento recomendado de 46 034 litros, será autónomo todo el año.

Gráfica 3
Periódo de autonomía 90 M²



Gráfica 4
Periódo de autonomía 160 M²





3.8. Filtración y tratamiento del agua de lluvia

El tipo y nivel de tratamiento que se le dé al agua de lluvia dependerá de los usos deseados. Se recomienda utilizar una o varias etapas de tratamiento escalonadas para alcanzar la calidad deseada.

3.8.1. Tratamiento primario

Por lo general, la primera etapa se enfoca en el tratamiento físico y comienza a aplicarse después del tanque de almacenamiento, específicamente despuésde la bomba, puesto que los filtros que existen en el mercado requieren presión.

En esta etapa se busca retirar sólidos suspendidos que no fueron retenidos en el pretratamiento dentro de un rango de 30 a 130 micras. Se recomiendan filtros comerciales con esta especificación, uno o más en serie, dependiendo de la calidad deseada. El cuadro 11 presenta una comparación de los principales filtros comerciales. Esta decisión depende del grado de contaminación atmosférica que haya en la zona de instalación del Sistema, así como la que pueda aportar el material de la superficie de captación y la calidad final para el uso deseado.

Los usos recomendados utilizando sólo esta etapa de tratamiento son: riego, lavado de autos, limpieza de pisos, lavado de ropa de color y uso sanitario. El cuadro 11 resume las opciones de tratamiento primario.

3.8.2. Tratamiento secundario

La segunda etapa de tratamiento se concentra en retirar elementos disueltos que generan color, olor y sabor, así como algunos contaminantes físicos más pequeños en el rango de 1 a 20 micras. En este caso también se puede utilizar uno o más filtros comerciales. El cuadro 12 presenta los filtros comerciales más comunes para el tratamiento secundario.

El uso adicion al recomendado con esta etapa de tratamiento es, además de los antes mencionados: lavado de ropa blanca.

Cuadro 11. Tratamiento primario

Tratamiento primaro				
Usos recomendados	Acción	Tipo de cartucho o medio	Filtros comerciales en el mercado	Características
Riego, lavado de autos, pisos, ropa y usos sanitarios	Retención de sólidos suspendidos Con un rango de 30 a 130 micras	Cartuchos comerciales desechables	Polyspun	Fibras de polipropileno en capas
			Hilado	Polipropileno, en forma de hilos que soporta hasta 74º C
			Plisado	Textil de poliéster que soporta algunas lavadas
		Cartuchos comerciales lavables	Anillas / Discos ranurados	Discos plásticos ranurados lavables
			Malla de acero	Acero inoxidable lavable
			Malla plástica	Normalmente Nylon, resistente a químicos y corrosión
		Medio filtrante retrolavable	Arena sílica	También conocida como arena de sílice, es un medio filtrante usado desde la antigüedad*

*No se recomiendan este tipo de filtros dado que la falta o las fallas de mantenimiento pueden convertirse en una fuente de contaminación

Cuadro 12. Tratamiento secundario

Tratamiento secundario				
Usos recomendados	Acción	Tipo de cartucho o medio	Filtros comerciales en el mercado	Características
Lavado de ropa blanca	Retención de contamimantes disueltos y suspendidos Con un rango de 1 a 20 micras	Medio filtrante sólido	Carbón en bloque	El nivel de tratamiendo contra color, olor y sabor es ligero
		Medio filtrante granular	Carbón granular	El nivel de tratamiento contra color, olor y sabor es más profundo
			Zeolita	Medio mineral de aluminiosilicatos microporosos
		Se mezcla con el medio filtrante granular	KDF (Kinetic Desintegration Fluxion)	Reduce o elimina metales pesados, cloro y microorganismos, en combinación con carbón activado granular

La filtración y tratamiento se diseñará para obtener la calidad de agua deseada en un tiempo de operación máximo de 12 horas. Revisa las especificaciones de cada filtro o equipo con el fabricante o proveedor para cubrir el flujo y la demanda diaria y para obtener el volumen de cosecha de lluvia esperado. Es importante tomar en cuenta la disponibilidad y los costos de repuestos y cartuchos de los medios filtrantes utilizados. El tratamiento primario puede ser suficiente en sistemas para usos no potables

Cuadro 13. Tratamiento terciario

Tratamiento terciario				
Usos recomendados	Acción	Tipo de cartucho o medio	Filtros comerciales en el mercado	Características
Uso potable: regaderas, lavamanos, lavatrastes, etc. NOM-127-SSA1-1994	Desinfección	No requiere electricidad para producirse	Cloro	Elimina microorganismos. Se puede utilizar en forma de pastillas o líquido
			Plata coloidal	Reduce y elimina microorganismos, se requiere un dosificador para no comprometer la dosis
		Se genera con ayuda eléctrica	Plata iónica	Forma átomos de Plata cargados electrostáticamente que atraen y eliminan microorganismos en el agua
			Ozono	Genera ozono a partir del oxígeno del aire y lo inyecta al agua de forma controlada

La NOM-127-SSA1-1994 regula los niveles máximos de sólidos, color, sustancias químicas disueltas, metales pesados y microorganismos que son nocivos para la salud (la mayoría arrastrados por el escurrimiento o disueltos en la atmósfera en zonas de alta contaminación). Si se sospecha que alguno de los parámetros que indica la Norma será rebasado, debe recurrirse a un experto en el tema

3.8.3. Tratamiento secundario

Esta etapa requiere incluir los tratamientos anteriormente señalados para reducir al máximo materia orgánica y sólidos y hacer más eficiente el proceso de desinfección del agua de lluvia.

El cuadro 13 presentan las opciones de filtros más comunes. Si se aplican en serie y adecuadamente las etapas de pretratamiento, y las de tratamiento aquí enlistadas, se puede cubrir la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 para uso y consumo de agua potable.

3.8.4. Purificación

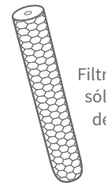
El propósito de la etapa de purificación es alcanzar o sobrepasar la calidad del agua conforme a la NOM-244-SSA1-2008 sobre agua purificada.
La etapa de purificación tiene por objetivo brindar agua para beber y cocinar, principalmente.
En esta etapa, la calidad del agua es superior al agua potable ofrecida en la etapa anterior.La purificación consiste en un último nivel de filtrado y desinfección que garantice la calidad del agua para consumo humano, únicamente en el punto de uso. Reitera mecanismos de la etapa anterior, como filtración y desinfección, en un nivel más preciso y fino. El cuadro 14 presenta los filtros comerciales más comunes en el mercado.

Existe una gran diversidad de filtros purificadores en el mercado.
Dado que la etapa de purificación no es necesariamente parte del sistema de captación, se recomienda dirigirse a los diferentes distribuidores e implementar un purificador en función de la etapa de “Filtración y tratamiento del sistema”, y las necesidades de cada usuario

Cuadro 14. Cuarta etapa: Purificación

Purificación				
Usos recomendados	Acción	Tipo de cartucho o medio	Filtros comerciales en el mercado	Características
Agua purificada: beber y cocinar NOM-244-SSA1-2008	Purificación: filtración fina y desinfección Con un rango de 0.0001 a 1 micra	Bajo o sobre tarja que incluyen varios pasos de filtración además de alguno de los siguientes:	Lámpara UV	Sistema que expone el agua a la luz UV eliminando microorganismos
			Ósmosis inversa	Requieren presión y no permiten el paso a contaminantes más grandes que la molécula de agua. Pueden tener 30% de pérdida o más
			Hiperfiltración (de 0.0001 a 0.001 micras)	
			Microfiltración (de 0.1 a 1 micras)	No permiten el paso a contaminantes más grandes que su tamaño de poro. Requieren presión y retrolavado
			Ultrafiltración (de 0.01 a 0.1 micras)	
			Nanofiltración (de 0.001 a 0.01 micras)	
			Ozono	Ofrece una alta garantía por sus características contra microorganismos así como olor y color
		Pasivo desconectado de la red	Diversos filtros con cartuchos integrados	Requieren de gravedad y llenado manual independiente de la red
			Diversos pasos incluyendo desinfección	

Figura 1. Ejemplo de un tren de filtrado para uso potable + purificación

Ejemplo de un tren de filtrado para uso potable + purificación			
1. Filtro malla de acero inoxidable 50 micras	2. Block de Carbón Activado 5 micras	3. Esferas de Plata Coloidal	4. Filtro pasivo de arcilla impregnada en plata coloidal
 Filtro contra sedimentos de malla de acero inoxidable de 50 micras	 Filtro contra sólidos disueltos de 5 micras	 Eliminación de microorganismos	 Purificación para beber y cocinar
Con estas etapas se considera cumplir para agua potable NOM-127-SSA1-1994			Con esta etapa extra se considera cumplir con agua purificada NOM-244-SSA1-2008

3.9. Bombeo

Se recomienda utilizar bombas centrífugas ya que son compatibles con la succión flotante vista en almacenamiento pluvial o bombas sumergibles con succión flotante integrada. La potencia requerida de la bomba depende de la altura de bombeo deseada y la pérdida de presión debida a los filtros. Revisar con el proveedor o fabricante del equipo.

Los cuadros 15 y 16 son una sugerencia de tipos de bombas que pueden usarse para subir el agua a distintas alturas.

3.10. Manejo y mantenimiento de los sistemas

Aunque la calidad de la instalación (mano de obra) y de los materiales utilizados es de suma importancia para asegurar el funcionamiento

Cuadro 16. Bombas para SCALL con un tren de tratamiento de más de 2 filtros después de la bomba

Altura a donde subirá el agua desde la bomba	Potencia mínima de la bomba
0 (misma planta)	¾ CP (0.75 HP) - 0.55 kw
1 - 2 pisos	1” CP (0.75 HP) - 0.74 kw
3 - 4 pisos	1.5 CP (1 HP) – 1.12 kw
Más de 4 pisos	Consulte al fabricante o vendedor de la bomba

Cuadro 15. Bombas para SCALL con un tren de tratamiento de 2 filtros después de la bomba

Pisos de altura a donde subirá el agua desde la bomba	Potencia mínima de la bomba
0 (misma planta)	½ CP (0.5 HP) - 0.37 kw
1 - 2 pisos	¾” CP (0.75 HP) - 0.55 kw
3 - 4 pisos	1 CP (1 HP) – 0.74 kw
Más de 4 pisos	Consulte al fabricante o vendedor de la bomba

y la durabilidad de los sistemas de captación, el éxito depende del buen manejo, supervisión y mantenimiento de los sistemas. Existen ciertas bases teórico prácticas que deben darse a conocer a los usuarios y personal de mantenimiento para contribuir al éxito de los proyectos:

a) Conocimiento de los SCALL y sus componentes

b) Manejo de los requisitos básicos para alcanzar una buena calidad de agua

c) Comprensión de los procesos y requisitos de mantenimiento del SCALL y su periodicidad

d) Conocimiento de las mejores prácticas de usos y ahorro de agua

Los puntos esenciales para un buen mantenimiento y operación de un SCALL:

a) La superficie de captación se debe de lavar y desinfectar antes de cada temporada de lluvia, y después de varios días de sequía entre lluvias

b) Retirar basura de las canaletas o disparos periódicamente, al menos cada semana. Si hay árboles por encima de la superficie de captación esta tarea debe realizarse diariamente, de preferencia

c) El filtro de hojas debe limpiarse por lo menos cada dos días, y desarmarse para una limpieza profunda por lo menos una vez al mes

d) El separador de primeras lluvias por acumulación debe vaciarse antes de cada lluvia para poder separar el primer volumen de cada aguacero. Se recomienda hacerlo, aunque tenga algún mecanismo que impida el cierre completo de válvula

e) La cisterna, aljibe o tinaco debe limpiarse de forma profunda (a veces es necesario usar una bomba de lodos) por lo menos una vez al año, para retirar los sedimentos depositados en el fondo (de preferencia antes de la temporada de lluvias)

f) Los filtros contra sedimentos lavables se deben revisar y lavar por lo menos cada dos semanas

g) Los medios filtrantes que contengan cartuchos (carbón activado, zeolita, KDF, etc.), cloradores, medios de desinfección (lámparas de luz ultravioleta, ozonificadores) y purificadores de agua, deben cambiarse según su vida útil, por lo que es necesario tener toda la información pertinente de los proveedores y tomar en cuenta estos costos dentro de los presupuestos

Para todas las tareas de mantenimiento mencionadas, es necesario apegarse a los lineamientos específicos de cada proveedor.

3.11. Automatización

Existen tecnologías capaces de simplificar la operación y el mantenimiento de los sistemas, gracias a componentes especializados que funcionan de forma automática (válvulas de drenado, desviadores, bombas, desinfectantes, entre otros). Si se instalan este tipo de tecnologías, la operación y mantenimiento de los sistemas podría reducirse a la simple supervisión periódica de su buen funcionamiento, a la limpieza de los filtros y el cambio de cartuchos, según su vida útil.
El cuadro 17 ofrece la periodicidad y necesidades de mantenimiento típico de un SCALL.

Cuadro 17. Requisitos y periodicidad de mantenimiento del SCALL

		Temporada de lluvia			Periodicidad					
Componentes	Requerimiento básico	Antes	Durante	Después	Diaria	Semanal	Quincenal	Mensual	Anual	Según lineamientos del proveedor
Superficie de captación	Limpieza y desinfección	x	x			x			x	
Disparos/ canaletas	Limpieza superficial		x			x				
	Limpieza profunda	x							x	
Separador de primeras lluvias	Drenado		x		x					
Filtro de hojas	Limpieza superficial		x		x					
	Limpieza profunda		x					x		
Almacenamiento pluvial	Limpieza profunda	x							x	
Medios filtrantes lavables	Limpieza profunda		x				x			
Medios filtrantes de cartuchos	Cambio	x							x	x
Dispositivos de desinfección	Cambio	x					x		x	x



Consideraciones: siempre se recomienda realizar el mantenimiento/cambios de los componentes según los lineamientos de cada proveedor. Los datos que se muestran en este cuadro son un ejemplo de la periodicidad de mantenimientopara los componentes de captación pluvial más comunes, con base en los requisitos de mantenimiento de un SCALL residencial manejado por los usuarios mismos

Para el diseño del siguiente sistema se utilizó una precipitación de diseño de 100 mm/h

RECUADRO 1: SCALL EN VIVIENDA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Este sistema de captación fue uno de los 10 000 instalados en el año 2019 por el Gobierno de la Ciudad de México, en el marco del programa de captación de lluvia de la Secretaría del Medio Ambiente. Los SCALL se instalaron sin costo para los usuarios en las colonias más pobres y con escasez de agua.

Este SCALL abastece una casa con dos habitantes, y se instaló para usos potables:

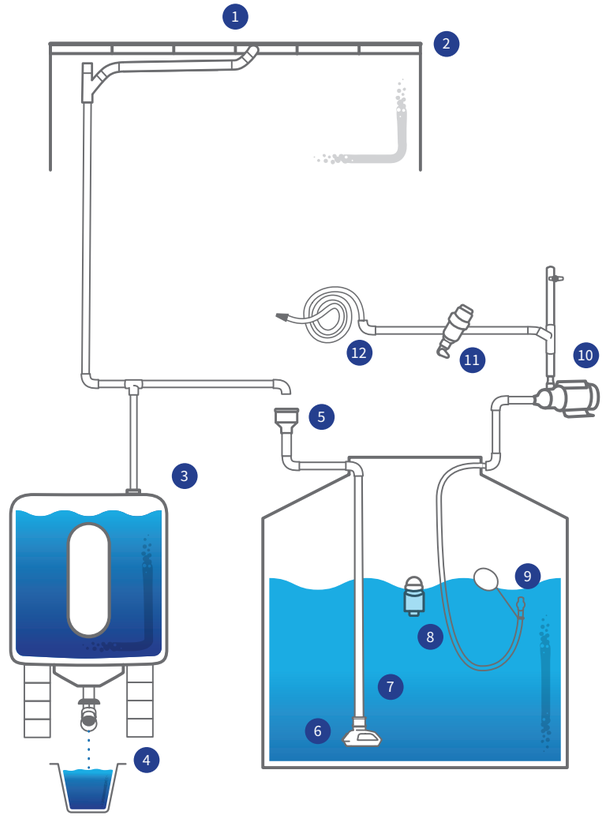
- Superficie de captación: 80 m^2
- Volumen de agua pluvial aprovechable: 80 x 633 x 0.80 = 40 512 L anuales
- Nivel/periodo de autonomía: hasta 7 meses al año
- Uso del agua captada: uso general en el hogar y usos potables (riego, limpieza, sanitarios, lavado de ropa, lavamanos, cocina)

El cuadro 18 muestra las características del Sistema instalado.

Cuadro 18. Componentes del SCALL, caso 1

Concepto	Características	
Superficie de captación	Área del techo dedicada a la captación	80 m² (ver diagrama 19)
	Material	Losa de concreto (coeficiente de captación de 0.80)
Centralización y distribución	Horizontal	Disparos con tubería de polipropileno sanitario de 3" (75 mm), pendiente de 1.5%
	Vertical	Tubo de polipropileno sanitario de 3" (75 mm) y 4" (100 mm)
	Conexiones	Polipropileno sanitario de 3 y 4"; PVC hidráulico de 1" (25 mm) en la conexión a bomba y filtro
Desvío general a drenaje	Integrado al separador de primeras lluvias. Activación manual	
Pretratamiento	Separación de contaminación de primeras lluvias	Separación por acumulación. Mecanimso de bloqueo por aire. Se separan 2 L/m² (160 L). Drenado automático en menos de 12 horas gracias a una pija que evita el cierre completo; se recomienda drenar manualmente para retirar sedimento
	Filtro de hojas	Filtro de malla de acero inoxidable de 400 micras desmontable, integrado a la BAP entre el separador y el almacenamiento
	Sedimentación y decantación	En el almacenamiento preliminar, por reducción de turbulencia y succión flotante (ver diagrama 20)
Almacenamiento pluvial	Capacidad	1) Almacenamiento preliminar de 2.5 m³ 2) Cisterna de 10 m³
	Tipo	1) Rotomoldeado bicapa en superficie, 2) Cisterna de mampostería subterránea
	Rebosadero	Sin rebosadero integrado al tanque; el excedente sale por el filtro de hojas
Bombeo	Bomba hidráulica centrífuga de 1/2 caballo de fuerza	
Filtración y tratamiento (ver diagrama 20)	Primario	Filtro contra sedimentos de 50 micras, de malla de acero inoxidable desmontable y lavable, modelo Amiad
	Secundario	-
	Terciario	-
	Purificación	-

Diagrama 20. Infografía, caso 1



1. Techo de losa de concreto
2. Hilada de tabiques con disparos hacia tubería de polipropileno
3. Separador de contaminación de primeras lluvias por acumulación
4. Desvío a drenaje integrado al separador de primeras lluvias Funciona también como válvula de drenado del separador. Envía el agua separada hacia el patio, y los usuarios tienen la opción de utilizarla para usos no potables
5. Filtro de hojas integrado a la BAP
6. Reductor de turbulencia
7. Almacenamiento pluvial preliminar (los usuarios cuentan con una cisterna de 10 m3 a la que pueden enviar el agua de lluvia cosechada)
8. Dosificador de cloro flotante
9. Pichancha flotante (dispositivo de succión flotante)
10. Bomba centrífuga de 1/2 caballo de fuerza
11. Filtro contra sedimentos de 50 micras
12. Manguera de jardín hacia cisterna o tinaco en el techo



RECUADRO 2:
SCALL EN EDIFICIO PÚBLICO

Este sistema se instaló en un edificio público, donde los usos del agua se limitan a limpieza, sanitarios, y lavamanos; el agua se puede beber en el primer punto de uso, ubicado a un costado del SCALL.

- Área del techo dedicada a la captación: 200 m^2 (A: 121 m2, B: 79 m2; ver diagrama 21)

- Volumen de agua pluvial aprovechable: 200 x 1 289 x 0.95 = 244 910 L

- Nivel de ahorro por dispositivos: hasta 60%

- Usos del agua captada: limpieza, sanitarios, lavamanos, bebida

El sistema está en su mayoría automatizado: el separador de contaminación de primeras lluvias se drena automáticamente todos los días; la bomba se puede activar de forma automática o manual, y ese mismo mecanismo activa el inyector de Ozono durante el tiempo que trabaje la bomba. El único componente que requiere mantenimiento manual es el filtro de hojas. El agua de lluvia cosechada con este sistema cumple con la NOM-127-SSA1-1994 sobre agua potable con la NOM-224-SSA1-2008 sobre agua purificada, si se usa el agua antes de que ingrese a la cisterna y se mezcle con agua de la red (ofrece la opción de usar el agua de lluvia cosechada directamente del almacenamiento preliminar gracias al primer punto de uso).

Se utilizó una precipitación de diseño de 170 mm/h [12].

12 http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Isoyetas/nayarit.pdf

Cuadro 19. SCALL en edificio público

Concepto	Características	
Superficie de captación	Área del techo dedicada a la captación	200 m² (ver diagrama 21)
	Material	Lámina de metal (coeficiente de captación de 0.95)
Centralización y distribución	Horizontal	Canaleta de lámina galvanizada de 8" (200 mm), pendiente de 2% Tubo de polipropileno sanitario de 6" (150 mm) en lado A, y de 4" (100 mm) en lado B (diagrama 21), pendiente de 2%
	Vertical	Tubo de polipropileno sanitario de 6" (150 mm)
	Conexiones	Polipropileno de 4 y 6"; conexión entre tanques preliminaries de PVC hidráulico; tren de filtrado montado en tubo de cobre de 1"; conexión a cisterna en tubo de polipropileno de 1"
Desvío general a drenaje	Integrado al separador de primeras lluvias. Activación manual	
Pretratamiento	Separación de contaminación de primeras lluvias	Separación por acumulación. Mecanimso de bloqueo por aire. Se separa 1 L/m² (200 L). Drenado automático con temporizador conectado al drenaje
	Filtro de hojas	Filtro de malla de acero inoxidable de 400 micras desmontable, integrado a la bajante interna del almacenamiento pluvial (ver diagrama 22)
	Sedimentación y decantación	En el almacenamiento preliminar, por reducción de turbulencia y succión flotante (ver diagrama 22)
Almacenamiento pluvial	Capacidad	1) Almacenamiento preliminar de 5 m³ 2) Cisterna de 12 m³ con sistema de doble flotador 3) 7 tinacos de 1 100 L en techo (7.7 m³)
	Tipo	1) Rotomoldeado bicapa en superficie, 2) Cisterna de mampostería subterránea, 3) Tanques rotomoldeados bicapa
	Rebosadero	En tanque preliminar, conectado directamente al drenaje
Bombeo	Bomba hidráulica centrífuga de 1 caballo de fuerza automatizada por presión	
Filtración y tratamiento (ver diagrama 22)	Primario	Filtro plisado contra sedimentos de 50 micras
	Secundario	Filtro de carbón activado en block de 5 micras
	Terciario	Inyector de ozono automatizado (se activa al mismo tiempo que la bomba)
	Purificación	-



Diagrama 22. Infografía, caso 2

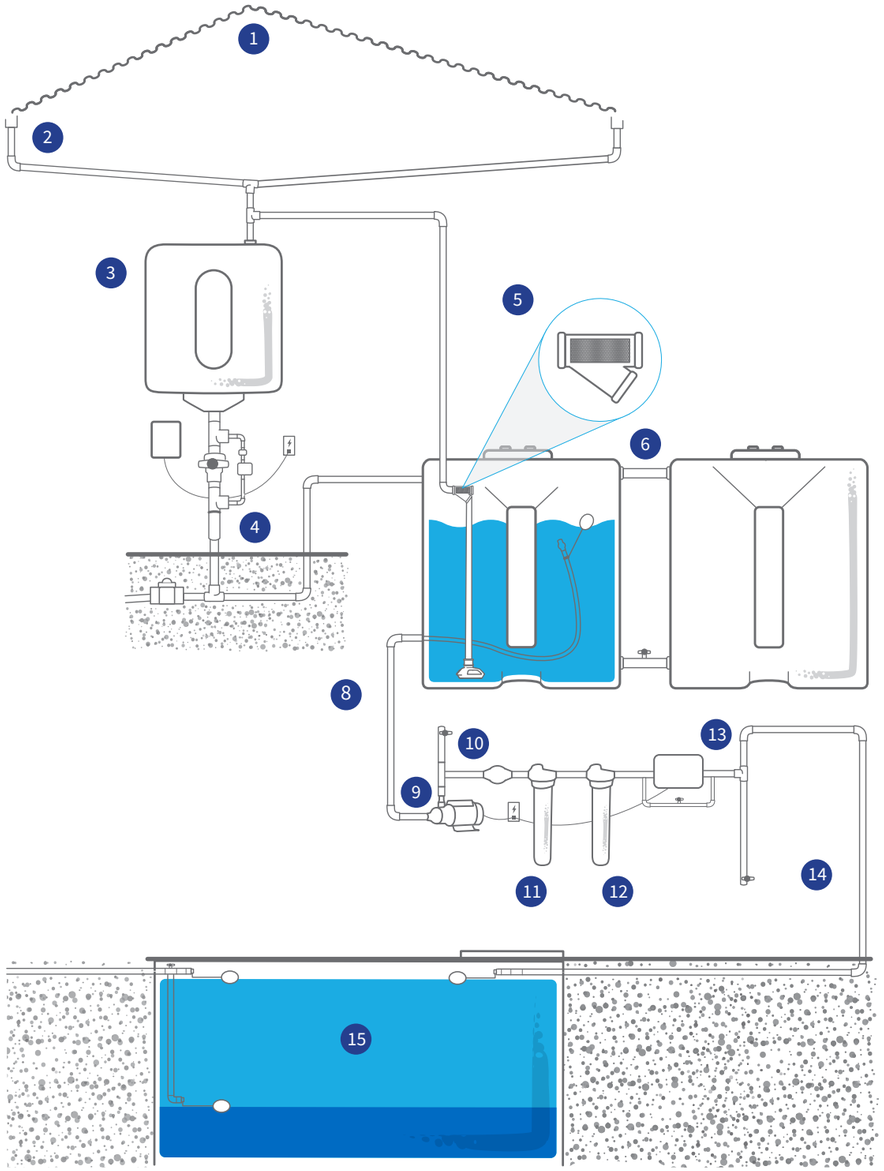


Diagrama 22. Infografía, caso 2

1. Techo de lámina de metal
2. Canaleta de lámina, tubería de polipropileno
3. Separador de primeras lluvias por acumulación
4. Desvío a drenaje integrado al separador de primeras lluvias. Funciona como válvula de drenado automatizada gracias a un temporizador. Envía los flujos directamente al drenaje a través de una válvula antiretorno
5. Filtro de hojas integrado a la bajante interna del almacenamiento pluvial
6. Almacenamiento pluvial preliminar compuesto por los tanques rotomoldeados interconectados. Una válvula en la parte inferior permite pasar el agua de un tanque al otro para realizar el mantenimiento. Incluye un rebosadero conectado directamente al drenaje
7. Pichancha flotante (dispositivo de succión flotante)
8. Reductor de turbulencia
9. Bomba centrífuga de 1 caballo de fuerza
10. Medidor de flujos
11. Filtro plisado contra sedimentos de 50 micras
12. Filtro de carbón activado en block de 5 micras
13. Inyector de Ozono
14. Primer punto de uso que brinda agua para beber
15. Cisterna subterránea de 12 m3 con entrada para el agua pluvial y sistema de doble flotador para el agua de la red (asegura un mínimo de reserva de 4 m^3)



RECUADRO 3: SCALL EN CENTROS DEPORTIVOS. CIUDAD DE MÉXICO, 2017

SCALL instalados en tres espacios deportivos como parte del programa "Agua en tu Casa" de la Secretaría de Desarrollo Social de la Ciudad de México (Sedeso):

a) Pista de Remo, "Virgilio Uribe", Cuemanco. Alcaldía Xochimilco

b) Ciudad Deportiva la "Magdalena Mixhuca". Alcaldía Iztacalco

c) Centro Social y Deportivo "Rosario Iglesias Rocha". Alcaldía Coyoacán

Cuadrado 21
Componentes del SCALL, caso 3
El agua cosechada con este sistema cumple con la NOM-003-SEMARNAT-1997 sobre aguas residuales tratadas una vez que pasa por el filtro Up-flo, y con la NOM-127-SSA1-1994 sobre el agua potable después de la filtración y tratamiento.

Para el diseño de esta sisterna se utilizó una precipitación de diseño de 46mm/h
1 y 2: Filtro de flujo ascendente Up-flo[13]

Cuadro 20. Volúmen de agua pluvial aprovechable

Deportivo	Área de captación	Coeficiente	Precipitación media anual	Volumen aprovechable	Almacenamiento pluvial preliminar	Almacenamiento
Cuemanco	1 500 m^2	0.95	885 mm	1 194 m^3	20 m^3	100 m^3 aprox.
Mixhuca	1 600 m^2	0.95	819 mm	1 245 m^3	20 m^3	100 m^3 aprox.
Rosario	400 m^2	0.95	830 mm	315 m^3	20 m^3	100 m^3 aprox.
Usos del agua captadasanitarios, regaderas, lavabos, albercas, limpieza de superficies						

13 https://hidropluviales.com/2012/10/15/filtro-de-dlujo-ascendente/

Cuadrado 21. SCALL en centros deportivos

Concepto	Características	
Superficie de captación	Área del techo dedicada a la captación	a) Cuemanco: 1 500 m ^{2} b) Mixhuca: 1 600 m ^{2} c) Rosario: 400 m^2
	Material	Lámina de metal (coeficiente de captación de 0.95)
Centralización y distribución	Horizontal	Canaletas de lámina galvanizada de 8" (200 mm) con pendiente de 2% en los tres casos
	Vertical	Tubo de PVC sanitario de 4" (100 mm) en los 3 casos
	Conexiones	PVC sanitario de 4" (100 mm); tubería después de la bomba y en el tren de filtrado en polipropileno hidráulico de 1" (25 mm)
Desvío general a drenaje	Toda el agua de lluvia de las cubiertas es conducida hacia los sistemas de tratamiento	
Pretratamiento	Separación de contaminación de primeras lluvias	Filtro de flujo ascendente Up-flo ® Retira partículas de hasta 20 micras Remueve basura, sedimentos, nutrientes, metales e hidrocarburos del agua Sedimentación en parte baja, cribado de 4 mm Filtración de lecho fluidizado por capas con flujo hacia arriba
	Filtro de hojas	
	Sedimentación y decantación	
Almacenamiento pluvial	Capacidad	1) Almacenamiento preliminar de 20 m ^{3} 2) Cisterna de 100 m ^{3}
	Tipo	1) Rotomoldeado bicapa en superficie, 2) Cisterna de mampostería subterránea
	Rebosadero	Rebosadero a drenaje
Bombeo	Bomba presurizadora de 300 W y 3/4"	
Filtración y tratamiento	Primario	Filtro Up-flo ® CPZ (carbón activado, zeolita y turba) de 20 micras^2
	Secundario	Filtros multimedio (minerales y carbón activado) de 3 micras
	Terciario	Luz Ultravioleta
	Purificación	-



Diagrama 23. Infografía, caso 3

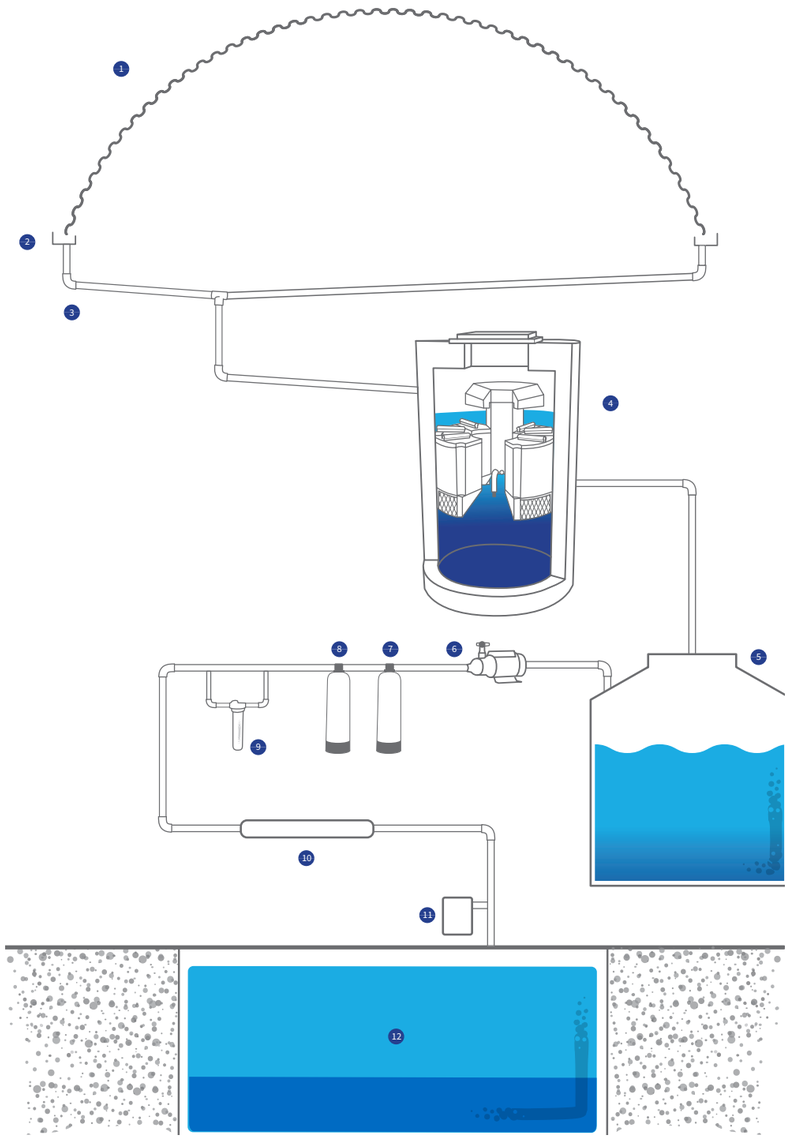


Diagrama 23. Infografía, caso 3

1. Techo de lámina de metal
2. Canaleta de lámina galvanizada de 8” (200 mm)
3. Tubería y conexiones de PVC sanitario de 4” (100 mm)
4. Filtro Up-flo®
5. Almacenamiento pluvial en dos tanques rotomoldea dos de 10 000 L (20 000 L en total)
6. Bomba presurizadora de 300 W y 3/4 “
7. Filtro de carbón activado de 3 micras
8. Filtro de zeolita de 3 micras
9. Filtro de fibras de polipropileno de 1 micra
10. Purificación por lámpara de luz ultravioleta
11. Clorificador
12. Cisterna de mampostería mixta (agua de red y agua pluvial tratada) de 100 m^3



RECUADRO 4: SCALL EN EDIFICIO DE OFICINAS

Sistema instalado como condicionante establecida por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex) para nuevas edificaciones.

- Superficie de captación: 818 m^2 aprox
- Volumen de agua pluvial aprovechable: 818 x 625 x 0.80 = 409 000 L anuales
- Usos del agua captada: sanitarios, aires acondicionados, limpieza de áreas comunes y vehículos, entre otros (NOM-003 contacto humano indirecto)

Cuadrado 22
Componentes del SCALL, caso 4
El agua cosechada con este sistema cumple con la NOM-003-SEMARNAT-1997 sobre aguasresiduales tratadas una vez que pasa por el filtro Up-flo.

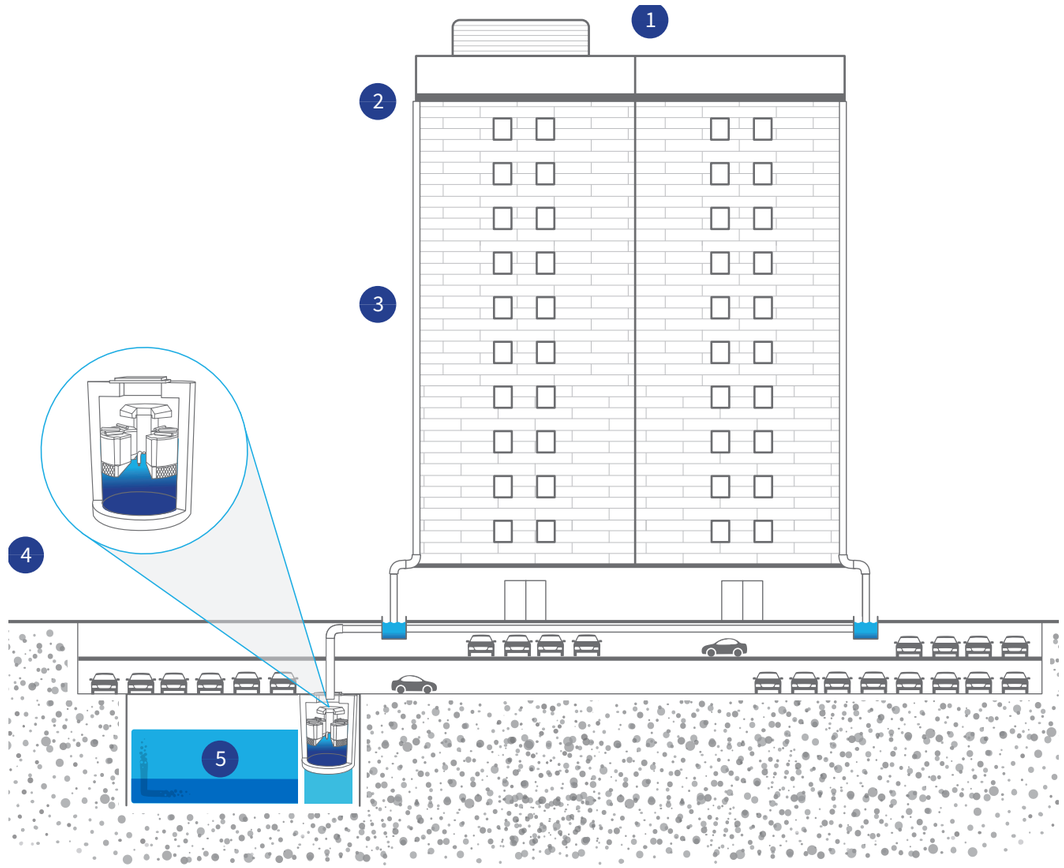
Para el diseño de esta cisterna se utilizó una precipitación de diseño de 46mm/h.
1 y 2: Filtro de flujo ascendente Up-flo[14]

14 https://hidropluviales.com/2012/10/15/filtro-de-dlujo-ascendente/

Cuadrado 22.
SCALL en edificio de oficinas

Concepto	Características	
Superficie de captación	Área del techo dedicada a la captación	818m²
	Material	Losa de concreto (coeficiente de captación de 0.80)
Centralización y distribución	Horizontal	Disparos con tubería de PVC sanitario de 4" (100 mm), pendiente de 1.5%
	Vertical	PVC sanitario de 4" (100 mm)
	Conexiones	PVC sanitario de 4" (100 mm); tubería después de la bomba y en el tren de filtrado en polipropileno hidráulico de 1" (25 mm)
Desvío general a drenaje	Toda el agua captada en las cubiertas va al sistema de aprovechamiento	
Pretratamiento	Separación de contaminación de primeras lluvias	Filtro de flujo ascendente Up-flo ® Retira partículas de hasta 20 micras Remueve basura, sedimentos, nutrientes, metales e hidrocarburos del agua Sedimentación en parte baja, cribado de 4 mm Filtración de lecho fluidizado por capas con flujo hacia arriba[1]
	Filtro de hojas	
	Sedimentación y decantación	
Almacenamiento pluvial	Capacidad	Cisterna de 189 m³
	Tipo	Cisterna de mampostería subterránea
	Rebosadero	Rebosadero a drenaje
Bombeo	Bomba presurizadora de 300 W y 3/4"	
Filtración y tratamiento	Primario	Filtro Up-flo ® CPZ (carbón activado, zeolita y turba) de 20 micras[2]
	Secundario	-
	Terciario	-
	Purificación	-

Diagrama 24.
Infografía, caso 4



1. Techo de losa
2. Disparos y bajantes existentes del edificio
3. Registros para la acumulación del agua proveniente de la azotea antes de su descarga hacia el filtro
4. Filtro Up-flo®
5. Cisterna de almacenamiento pluvial de 189 m³



RECUADRO 5:
SCALL EN ZONAS RURALES

En zonas rurales y periurbanas, los niveles de contaminación atmosférica suelen ser mucho más bajos y esto facilita el tratamiento del agua de lluvia. Se pueden instalar sistemas que cumplen sensiblemente con los mismos requisitos que los sistemas urbanos. Las diferencias principales son las siguientes:

- El volumen de separación de contaminación de primas lluvias es menor: se deben separar entre 0.5 y 1 L/m^2 de superficie de captación, ya que hay menos contaminación atmosférica y la contaminación depositada en los techos suele ser menos nociva

- En lugares que no cuenten con servicio eléctrico, se pueden instalar bombas manuales y filtros pasivos que no requieran electricidad

- La filtración y tratamiento puede ser más sencilla, un solo filtro contra sedimentos puede ser suficiente. Si se desinfecta con cloro, se debe agregar algún medio filtrante que permita quitar color, olor y sabor (por ejemplo, un purificador pasivo)

- Para el almacenamiento, generalmente se dispone de más espacio y menos recursos. Se tiene que pensar en estructuras que puedan construirse en sitio, como ferrocemento, geomembrana, calabash[15] y water pillows[16]. Se recomienda diseñar el sistema con base en la reducción del número de componentes para minimizar fallas potenciales y simplificar el mantenimiento

Es importante reemplazar y evitar componentes que requieran reposiciones periódicas, como cartuchos, pastillas o cualquier otro elemento que no sea accesible en términos de distancia y costo.

15 La cisterna calabash es un manera comunitaria de almacenar agua cosechada de la lluvia. Consiste en una cisterna de concreto con capacidad de 5 000 litros, que se construye con base en un molde hecho de adobe. Para construir la cisterna se aplican 4 capas de cemento y puede tener una vida útil de 50 años. Surgió en Guinea Bissau, África, y se ha reproducido en comunidades cercanas y en otras de Brasil, particularmente en lugares donde la disponibilidad de agua es muy poca (Akkerman, 2019).

16 El sistema water pillow es una geomembrana cerrada que almacena agua de lluvia. Puede elaborarse de distintos tipos de polímero (polietileno de alta y baja densidad, polipropileno o policloruro de vinilo), es resistente a la intemperie y ofrece como ventaja el ahorro de espacio cuando está vacía.



LISTADO DE EMPRESAS CON EXPERIENCIA EN LA INSTALACIÓN DE SCALL EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Se puede consultar un directorio de empresas instaladoras de sistemas de captación de agua de lluvia en la siguiente página:

https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/DirectorioEmpresasInstaladorasDeSCALL.pdf



GLOSARIO DE TÉRMINOS

1. **Agua potable.** Agua que puede ser ingerida sin provocar efectos nocivos a la salud, cumpliendo con los requisitos establecidos por la NOM-127-SSA1-1994

2. **Agua para consumo humano.** Agua que puede ser ingerida sin provocar efectos nocivos a la salud, libre de gérmenes patógenos y sustancias tóxicas, que cumple con los requisitos establecidos por la NOM-201-SSA1-2015

3. **Agua para contacto humano.** Esta última debe cumplir con los mismos requisitos de potabilización que el agua para consumo humano, en conformidad con los requisitos de la NOM-127-SSA1-1994, para usos como lavamanos y regaderas

4. **Agua de lluvia cosechada.** Los volúmenes de agua captados median- te infraestructura, equipos y sistemas de recolección o captación de agua pluvial

5. **Bajadas pluviales.** Serie de dispositivos (tubos, canaletas, etc.) que constituyen la BAP y permiten la canalización y distribución del agua

6. **BAP**. Bajada (o bajante) de agua pluvial

7. **Captación/cosecha de agua de lluvia.** La acción de recolectar, filtrar y almacenar el agua de la lluvia para su aprovechamiento y uso posterior

8. **Coeficiente de captación.** Porcentaje de agua cosechable según el tipo de superficie de captación, sus materiales y sus pendientes (potencial de captación de agua de lluvia)

9. **Cribado.** Retiro de hojas y basura grande que arrastra la lluvia, por medio de una malla o rejilla que permita el paso del agua y retenga los residuos

10. **Desinfección.** Proceso por el cual se eliminan del agua sólidos, color, sustancias

químicas disueltas, metales pesados y microorganismos que son nocivos para la salud, para alcanzar una calidad de agua que cumpla con la NOM-127-SSA1-1994

11. **Desvío a drenaje.** Tubería o válvula que permite no captar lluvia a voluntad del usuario. Es el botón de encendido/apagado del sistema de captación; cuando está abierto permite enviar el agua de lluvia a un lugar seguro cuando no se desea captar la lluvia, como el drenaje, calle, patio, jardín, etc. Al cerrar el desvío al drenaje el agua se dirigirá al almacenamiento pluvial

12. **Disparos (o cañones).** Son tuberías que permiten que el agua de lluvia contenida por una hilada de tabiques salga y caiga, generalmente hacia el piso, patio, calle, jardín, o el sistema de captación de agua pluvial

13. **Escasez hídrica.** Fenómeno de carencia de agua, falta de agua suficiente para satisfacer las necesidades de las personas, o dificultad o falta de acceso a fuentes de agua seguras.

14. **Fuentes alternativas.** Fuentes de agua independientes de la red de abastecimiento municipal

15. **Fuente complementaria.** Fuente de agua adicional a la red de abastecimiento municipal

16. **Hilada o sardinel.** Hilera de piedras alargadas o tabiques que forman el borde de algún área (en el caso de la superficie de captación de lluvia, forman el borde del techo donde se colocan los disparos; ver Disparos o cañones)

17. **Huella de techo.** Área horizontal, o desplante, que representa la superficie de captación de agua de lluvia

18. **Lluvia ácida.** Lluvia que contiene ácidos disueltos (principalmente ácido sulfúrico y ácido nítrico) provenientes en su mayoríade la contaminación atmosférica que generan los combustibles fósiles

19. **Nivel de reserva** (o mínimo de reserva). Se refiere a una cantidad de agua potable que garantiza que un tanque de almacenamiento no se va a quedar sin agua. Se ocupa en sistemas mixtos (sistemas en los que convive agua de la red municipal con agua de lluvia)

20. **Periodo de autonomía.** Se habla de autonomía cuando el volumen de agua cosechada iguala o sobrepasa el consum o demanda de un edificio. El periodo de autonomía se refiere a la porción del año en que un edificio puede satisfacer completamente su demanda de agua con agua pluvial cosechada

21. **Prefiltración**. Mecanismo capaz de retener mecánicamente la contaminación visible arrastrada por la lluvia (hojas, ramas, insectos, y otras partículas de gran tamaño). También se conoce como cribado

22. **Pretratamiento.** Procesos de descontaminación de agua de lluvia que ocurren entre el techo y el almacenamiento pluvial, e incluso dentro del almacenamiento (separación de contaminación de primeras lluvias, prefiltración, sedimentación/ decantación)

23. **Potencial de Hidrógeno (pH)**. Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa. Un pH de 7 es neutro; un pH mayor a 7 indica una solución básica, y uno menor indica una solución ácida

24. **Purificación.** Proceso de filtrado y desinfección adicional a la desinfección, realizado a través de equipos y sustancias germicidas, que tiene por objetivo obtener agua para beber y cocinar de calidad superior al agua potable, en conformidad con la NOM-244-SSA1-2008

25. **SCALL**. Sistema de Captación de Agua de Lluvia

26. **Sedimentación.** Proceso por el cual los sólidos suspendidos en un líquido caen y se acumulan en el fondo de un recipiente

27. **Sistema de captación de agua de lluvia.** Conjunto de componentes para recolectar, filtrar y almacenar agua de lluvia, con un propósito de cantidad y calidad específico derivado de las necesidades específicas de cada proyecto

28. **Succión flotante.** Dispositivo que permite succionar el agua de la parte más limpia del almacenamiento pluvial (alrededor de 15 cm por debajo de la superficie), gracias a una manguera sostenida por un flotador

29. **Superficie de captación.** Superficie de un edificio que sirve de área de recolección de la lluvia (el techo en el caso de este manual)

30. **Reducción de turbulencia.** Dispositivo que permite que el agua entre al almacenamiento de forma calmada, sin turbulencia, y sin mezclar los sedimentos depositados en el fondo

31. **Rebosadero**. Tubería que permite el desborde controlado de un tanque de almacenamiento. Es decir, cuando se llena el tanque, este tubo conduce el agua excedente a un lugar seguro, ya sea un drenaje, jardín, patio, calle, etc

32. **Respiradero.** Tubo que permite la salida/entrada de aire cuando pasa el agua. Esto permite que el agua pueda ocupar todo el volumen del tubo y ayuda a que fluya de mejor manera, sin causar taponamientos de aire

33. **Sedimentos.** Sólidos que caen por gravedad hacia el fondo del tanque de almacenamiento en un tiempo corto

34. **Separación de contaminación de primeras lluvias.** Proceso por el cual se separa el primer volumen de lluvia, que arrastra la mayoría de los contaminantes depositados en la superficie de captación (en contexto urbano, se separan los primeros 2 a 3.2 L / m^2 de superficie de captación)

35. **Sistema de doble flotador**. Es un mecanismo que permite que el agua de la red municipal y agua de lluvia convivan en un mismo tanque de almacenamiento, permitiendo que el agua de la red respete un espacio para el acceso de agua de lluvia y que, en caso de no haber lluvia suficiente, el tanque de almacenamiento respete un nivel de reserva de agua

36. **Sistemas mixtos.** Sistemas de captación de lluvia en los que el almacena- miento sirve tanto para agua de lluvia como agua de la red municipal

37. **Válvula antirretorno (check).** Es una válvula que permite el flujo de agua en una sola dirección. Se puede usar en un rebosadero para que el agua pueda fluir hacia el drenaje, pero, tanto el agua del drenaje como algún animal, no puedan ingresar al almacenamiento

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Akkerman, Paul (2019). Calabash Cistern Manual 2019[17].

Allen Novak, Celeste; Van Giesen, G. Edward; DeBusk, Kathy M. (2014), Designing Rainwater Harvesting Systems, Integrating Rainwater into Building Systems, Hoboken, New Jersey, USA, John Wiley & Sons, Inc.

ARCSA Foundation (2015), Manual de Cosecha de Agua de Lluvia, Tempe, Arizona, USA, American Rainwater Catchment Systems Association.

Conagua, Banco Mundial (2013), Agua urbana en el Valle de México. ¿Un camino verde para mañana?, Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, Banco Mundial.

Coombes, Peter (2012), Effectiveness of Rainwater Harvesting for Management of the Urban Water Cycle in South Eas Queensland, Urban Water Cycle Solutions, 34 pp.

Durán Escamilla, Pino (2010), Captación de agua de lluvia, alternativa sustentable, Instituto Politécnico Nacional, CONAMA 10 Comisión Nacional del Medio Ambiente, 16 pp.

García Velázquez, Jesús Hiram (2012), Sistema de Captación y Aprovechamiento Pluvial para un Ecobarrio de la Cd. de México, México D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.

Herrera Monroy, Luis Alberto (2010), Estudio de alternativas para el uso sustentable del agua de lluvia, tesis, Instituto Politécnico Nacional.

Isla Urbana, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA), Instituto Internacional de Recursos Renovables (IRRI), (2020), Cuidad de la lluvia, Resumen de políticas públicas de captación pluvial, SEDEMA/IRRI/IU. México.

17 http://degevuldewaterkruik.nl/assets/uploads/pdf/2019/calabash-manual-en.pdf

Kimmelman, Michael (2017), “Ciudad de México, al borde de una crisis por el agua”, The New York Times, 03 de agosto[18]

López-Morales, Carlos A., Mesa-Jurado, María Azahara (2017), Valuation of Hidden Water Ecosystem Services: The Replacement Cost of the Aquifer System in Central Mexico, El Colegio de México, 21 pp.

Martinson, D. B. y Thomas, T. (2005). Quantifying the First-Flush Phenomenon. Paper presented at Mainstreaming Rainwater Harvesting: 12th International Rainwater Catchment Systems Conference, New Delhi, India.

Montero, Juan (2016), Estado del arte de los sistemas de captación y aprovechamiento de aguas lluvias como alternativa en el ahorro de agua potable en viviendas, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Civil, Bogotá, D.C.

Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex), (2020), Guía de elaboración de sistemas alternativos, Sacmex, Ciudad de México.

Texas Water Development Board (2005),

The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 3rd ed., Austin, Texas.

Yannopoulos et al. (2016), Historical Development of Rainwater Harvesting and Use in Hellas: A Preliminary Review, Water Science & Technology Water Supply, 15 pp.

Yaziz, M. I.; Gunting, H.; Sapari, N. Y Ghazalia, A. W. (1989). Variations in Rainwater Quality form Roof Catchments. Water Research, 23, 761-765.

Zobrist, J; Muller, S. R.; Ammann, A.; Bucheli, T. D.; Mottier, V.; Ochs, M; Schoenenberger, R.; Eugster, J. Y Boller, M. (2000). Quality of Roof Runnoff for Groundwater Infiltration. Water Research 34, 1455-1462.

18 https://www. nytimes.com/es/interactive/ciudad-de-mexico-al-borde-de-una-crisis- por-el-agua/

ÍNDICE DE FIGURAS POR TIPO DE FIGURAS

IMAGEN 1. Usuarios de SCALL en la sierra Tarahumara..... 3, 4
IMAGEN 2. Poste de luz en la lluvia, Norbert Tóth 6
IMAGEN 3. Almacenamiento pluvial y separador 11, 12. 67, 68
IMAGEN 4. Gota de lluvia 14
IMAGEN 5. Tren de filtrado 22
IMAGEN 6. SCALL de frente 23, 24
IMAGEN 7. Bajantes adecuadas 1/2 33
IMAGEN 8. Bajantes adecuadas 2/2 33
IMAGEN 9. Bajantes no adecuadas 1/2 33
IMAGEN 10. Bajantes no adecuadas 2/2 33
IMAGEN 11. Desvío a drenaje integrado al separador 37, 38
IMAGEN 12. Charco en cemento 45
IMAGEN 13. Reflejo retrovisor, Kourosh Qaffari 49
IMAGEN 14. Bomba y filtro 55, 56
IMAGEN 15. Bodega de componentes de SCALL 59, 60
IMAGEN 16. Bajadas pluviales 61, 62
IMAGEN 17. Agua de lluvia cosechada 64
IMAGEN 18. Tinaco instalado 70
IMAGEN 19. Fotografía: Egor Kamelev 71
IMAGEN 20. PublicDomainPictures en Pixabay 74
IMAGEN 21. SCALL instalado 75
IMAGEN 22. IRVING AGUILAR en Pixabay 79, 82
IMAGEN 23. SCALL a un lado de alberca 83
IMAGEN 24. Llave con agua de lluvia cosechada 86

IMAGEN 25. erckbuddy en Pixabay 87, 90
IMAGEN 26. Viviendas con SCALL en la sierra Tarahumara 92

DIAGRAMA 1. ¿Qué es la captación? 14
DIAGRAMA 2. Componentes de un SCALL 20
DIAGRAMA 3. Disparos con hilada de tabiques 32
DIAGRAMA 4. Canaleta 32
DIAGRAMA 5. Espacio para tanque o cisterna 34
DIAGRAMA 6. Huella de techo 36
DIAGRAMA 7. Desvío a drenaje previo al separador de primeras lluvias 44
DIAGRAMA 8. Desvío a drenaje integrado al separador de primeras lluvias 45
DIAGRAMA 9. Desviación tipo vortex 46
DIAGRAMA 10. Separación en tanque 47
DIAGRAMA 11. Separación en tubo 47
DIAGRAMA 12. Ejemplo de mecanismo de bloqueo 48
DIAGRAMA 13. Ejemplos de filtros de hojas 48
DIAGRAMA 14. Cisterna con rebosadero a drenaje 53
DIAGRAMA 15. Tinaco con rebosadero a suelo infiltrante 53
DIAGRAMA 16. Cisterna con doble flotador y rebosadero a drenaje 54
DIAGRAMA 17. Reductor de turbulencia 54
DIAGRAMA 18. Succión flotante 55
DIAGRAMA 20. Infografía, caso 1 77
DIAGRAMA 21. infografía caso 2 81
DIAGRAMA 23. Infografía, caso 3 85
DIAGRAMA 24. Infografía, caso 4 89

CUADRO 1. Tipos de superficie: no apta, aceptable, ideal para captación de lluvia 30
CUADRO 2. Cálculo del área de techo 36
CUADRO 3. Toxicidad y coeficiente de captación de los materiales 39
CUADRO 4. Centralización y distribución 37

CUADRO 5. Dimensionamiento de bajadas horizontales 40
CUADRO 6. Dimensionamiento de bajadas verticales 41
CUADRO 7. Dimensionamiento de canaletas 42
CUADRO 8. Comparación de materiales y tipos de almacenamiento 50
CUADRO 9. Cálculo por acumulación. superficie de 90 m2, coeficiente de captación de 0.85 61
CUADRO 10. Cálculo por acumulación. superficie de 160 m2, coeficiente de captación de 0.85 62
CUADRO 11. Tratamiento primario 66
CUADRO 12. Tratamiento secundario 67
CUADRO 13. Tratamiento terciario 68
CUADRO 14. Cuarta etapa: purificación 70
CUADRO 15. Bombas para sistemas de captación con un tren de tratamiento de máximo dos filtros después de la bomba 71
CUADRO 16. Bombas para sistemas de captación con un tren de tratamiento de más de 2 filtros después de la bomba..... 71
CUADRO 17. Requisitos y periodicidad de mantenimiento del SCALL 74
CUADRO 18. Componentes del SCALL, caso 1 76
CUADRO 19. Componentes del SCALL, caso 2 80
CUADRO 20. Volumen de agua pluvial aprovechable 83
CUADRO 21. Componentes del SCALL, caso 3 84
CUADRO 22. Componentes del SCALL, caso 4 88

GRÁFICA 1. Precipitaciones mensuales de la Ciudad de México (promedio 2014-2018, conagua) 58
GRÁFICA 2. Volumen mensual de lluvia cosechable, superficie de 90 m2 59
GRÁFICA 3. Periodo de autonomía con superficie de 90 m2 63
GRÁFICA 4. Periodo de autonomía con superficie de 160 m2 63

FIGURA 1. Ejemplo de un tren de filtrado para usos potables + purificación 71

GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DEL
MEDIO AMBIENTE

CIUDAD **INNOVADORA**
Y DE **DERECHOS**