



GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DEL  
MEDIO AMBIENTE



ESCUELAS DE  
CAPTACIÓN

# PRESERVAR LA VIDA CAPTANDO LA LLUVIA

MANUAL PARA INSTALAR UN SISTEMA  
DE CAPTACIÓN PLUVIAL EN TU ESCUELA

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

GOBIERNO CON  
**ACENTO SOCIAL**



## ORGANIGRAMA

### **Martí Batres Guadarrama**

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México

### **Marina Robles García**

Secretaria del Medio Ambiente

### **Claudia Hernández Fernández**

Directora General de Coordinación de Políticas y Cultura Ambiental

### **Victoria Hernández Sistos**

Coordinadora de Planeación y Políticas

## INTEGRACIÓN DEL DOCUMENTO

Lourdes Georgina Larrondo Posadas

Alberto Tlacacl Cilia Ocampo

Luis Mauricio Sánchez Santiago

Eunice Madrigal Moreno

## DISEÑO

Ilse Angélica Nalleli Cebada Briones

Estefania Chacón Estrada

## FOTOGRAFÍA

Fausto Dzilam Méndez

Gerardo María Alcocer Cetina

Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (Sedema)

Plaza de la Constitución 1, piso 5, Centro, Cuauhtémoc, 06000, Ciudad de México

[sedema.cdmx.gob.mx](http://sedema.cdmx.gob.mx)

# MANUAL PARA INSTALAR UN SISTEMA DE CAPTACIÓN PLUVIAL EN TU ESCUELA

# ÍNDICE

## EL AGUA Y LA COSECHA DE LLUVIA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Alcance	9
Marco Jurídico	9
Escuelas de Captación	10

## CAPÍTULO I ¿QUÉ ES LA COSECHA O CAPTACIÓN DE LLUVIA?

1. Cosecha de lluvia	13
2. ¿Qué es un sistema de captación de lluvia?	16
3. Diseño del Sistema	18
3.1 Superficie de captación/área de techo	18
3.2 Centralización y distribución	21
3.3 Desvío de aguas	24
3.4 Pretratamiento	25
3.5 Almacenamiento y dimensiones del sistema	28
3.6 Filtración y tratamiento del agua de lluvia	33
3.7 Bombeo	34
3.8 Manejo y mantenimiento de los sistemas	35
3.9 Automatización	36

## CAPÍTULO II PASOS PARA INSTALAR UN SISTEMA EN ESCUELAS

I. Etapas	39
II. Herramientas y equipo necesario	39
1. Criterios para determinar la viabilidad de las instalaciones en las escuelas	40
2. Procedimientos para la instalación de los SCALL	44
2.1 Áreas de Captación	44
2.2 Canalización y conducción	47
2.3 Filtración y separación de lluvia	53
2.4 Almacenamiento	56
2.5 Sistema de bombeo	63

2.6 Canalización desde la manguera de succión a la bomba hidráulica	66
2.7 Canalización de bomba-almacenamiento secundario y a la instalación hidráulica	68
3. Limpieza y Mantenimiento	70

## EJEMPLO

INSTALACIÓN DEL SISTEMA EN UNA ESCUELA	76
--	----

## INFORMACIÓN ADICIONAL

	80
--	----

## ANEXO I. CÁLCULOS

Cálculo del techo	85
Cantidad de lluvia del sitio donde se instalará el Sistema de Captación. Precipitación pluvial	86
Dimensionamiento de las bajadas pluviales	86
Dimensionamiento para el almacenamiento	91

## ANEXO II. OPCIONES DE EQUIPOS

Separadores de primeras lluvias	99
Almacenamiento	100
Filtración y tratamiento del agua de lluvia	101

## GLOSARIO

	105
--	-----

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

	107
--	-----

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de Abastecimiento de la Ciudad	6
Tabla 2. Tipos de superficies: No apta, aceptable, ideal para cosecha de lluvia	18
Tabla 3. Toxicidad y coeficiente de cosecha de los materiales	19

Tabla 4. Centralización y distribución	21
Tabla 5. Bombas para SCALL	34
Tabla 6. Área para la base de concreto	41
Tabla 7. Cantidad de separadores de primeras lluvias por área de captación	42
Tabla 8. Dimensiones de los contenedores	43
Tabla 9. Preparación del mortero	46
Tabla 10. Adecuación del separador de primeras lluvias	55
Tabla 11. Área necesaria para la ubicación del SCALL	56
Tabla 12. Medidas de la plancha de concreto	59
Tabla 13. Pastillas de cloro	61
Tabla 14. Periodicidad de mantenimiento del SCALL	74
Tabla 15. Componentes del SCALL (ejemplo)	77
Tabla 16. Cálculo del área de techo	85
Tabla 17. Dimensionamiento de las bajadas horizontales	87
Tabla 18. Dimensionamiento de las bajadas verticales	89
Tabla 19. Dimensionamiento de canaletas	90
Tabla 20. Cálculo por acumulación. 100 m <sup>2</sup> , coeficiente de captación de 0.85	94
Tabla 21. Cálculo por acumulación. 200 m <sup>2</sup> , coeficiente de captación de 0.85	95
Tabla 22. Comparación de materiales y tipos de almacenamiento	100
Tabla 23. Tratamiento primario	101
Tabla 24. Tratamiento secundario	102
Tabla 25. Tratamiento terciario	103
Tabla 26. Cuarta etapa: purificación	104

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Captación o Cosecha de Lluvia	13
Diagrama 2. Componentes de un SCALL	17
Diagrama 3. Disparos con hilada de tabiques	22
Diagrama 4. Canaleta	22
Diagrama 5. Desvío de aguas integrado al separador de primeras lluvias	24
Diagrama 6. Filtro de hojas	25
Diagrama 7. Ejemplo de mecanismo de bloqueo	26
Diagrama 8. Espacio para tanque o cisterna	28
Diagrama 9. Cisterna con rebosadero	29
Diagrama 10. Tinaco con rebosadero	29
Diagrama 11. Cisterna con doble flotador y rebosadero	31
Diagrama 12. Reductor de turbulencia	32
Diagrama 13. Succión flotante	32
Diagrama 14. Infografía (ejemplo)	78
Diagrama 15. Huella de Techo	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fuentes de abastecimiento de agua	7
Figura 2. Ejemplo de una sola BAP	48
Figura 3. Bajantes existentes	49
Figura 4. BAP ahogada en losa	49
Figura 5. Válvula check	68
Figura 6. Precipitaciones mensuales	92
Figura 7. Volumen mensual de lluvia cosechable -100 cm <sup>2</sup>	93
Figura 8. Periodo de autonomía 90 m <sup>2</sup>	96
Figura 9. Periodo de autonomía 160 m <sup>2</sup>	96
Figura 10. Ejemplo de un tren de filtrado para uso potable + purificación	104



## EL AGUA Y LA COSECHA DE LLUVIA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

El acceso al agua en la Ciudad de México (CDMX) se ha convertido en una problemática de desigualdad social. Mientras que en las alcaldías del centro y poniente de la Ciudad se registran dotaciones hídricas más altas, que van desde los 301 a los 400 l/hab/día, al oriente y norte la dotación de agua es menor a 200 l/hab/día, y las alcaldías que se encuentran al sur como Tlalpan, Tláhuac, Milpa Alta y Xochimilco presentan las dotaciones de agua más bajas en la capital<sup>1</sup>

El agua que se utiliza en la Ciudad de México proviene de diversas fuentes de abastecimiento, como el sistema Cutzamala, el sistema Lerma, pozos de la Ciudad de México y Manantiales<sup>2</sup>

El Sistema Lerma-Cutzamala es una red de infraestructuras hidráulicas que transporta agua a la Ciudad. El Lerma empieza en una presa en el estado de México y el Cutzamala en Michoacán

Tabla 1. Fuentes de Abastecimiento de Agua de la Ciudad de México

FUENTE	DESCRIPCIÓN
Cutzamala	Conformado por 7 presas: 3 de almacenamiento y 4 derivadoras Se extiende por Michoacán, el Estado de México y la Ciudad de México
Lerma	Conformado por 397 pozos, 100 kilómetros de interconexión, un acueducto de 257 kilómetros de longitud y el túnel Atarasquillo de 14 km que une los valles de México y Toluca
Manantiales	En la CDMX hay 18 manantiales que en conjunto aportan 0.7 m <sup>3</sup> /s. Se ubican en el suelo de conservación, con excepción de Fuentes Brotantes, Peña Pobre y Santa Fe
Pozos	Infraestructuras con las que se extrae agua de los mantos acuíferos subterráneos. Estas se encuentran en toda la Ciudad; sin embargo, hay alcaldías donde hay en mayor cantidad
La Caldera	Planta de bombeo constituida por pozos de los ramales Tláhuac Mixquic-Santa Catarina
Chiconautla	Acueducto conformado por 39 pozos que se distribuyen a través del tanque de Santa Isabel Tola
Chalmita	El agua que abastece a este sistema proviene de los pozos del Plan de Acción Inmediata (PAI) Norte, operados por el Sistema Cutzamala

Fuente: Sacmex, agua en tu colonia

<sup>1</sup> pdh.cdmx.gob.mx/programa y doi.org/10.2307/j.ctvt6rm0z.9

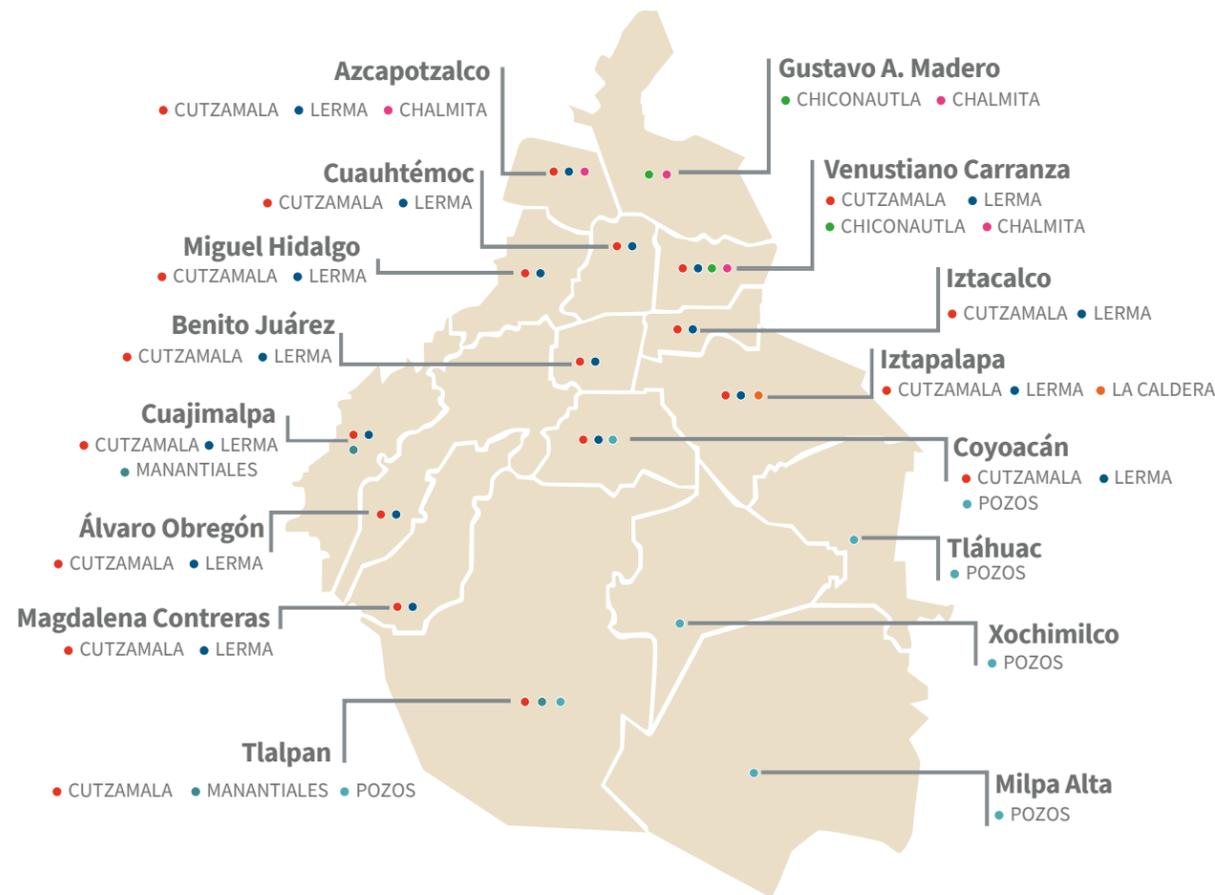
<sup>2</sup> aguaentucolonia.sacmex.cdmx.gob.mx/#/supply-source

Las fuentes que abastecen a la Ciudad 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 se han ido reduciendo o deteriorando, 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, la recarga de los acuíferos se reduce en 2.5 millones de litros de agua al año

Sin embargo, ésta es una problemática que se traslada no solo a las viviendas, también está afectando directamente a los planteles educativos

De acuerdo con la Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación<sup>3</sup>, a nivel nacional durante el ciclo escolar 2019-2020, alrededor de 41,423 escuelas no tuvieron agua potable y 47,566 carecieron de servicio para el lavado de manos. En el caso de la Ciudad de México, para el ciclo 2018-2019 se reportó que un total de 106 planteles no contaron con acceso a la red de agua entubada y 442 no tuvieron servicio de lavado de manos

Figura 1. Fuentes de abastecimiento de agua en la Ciudad de México

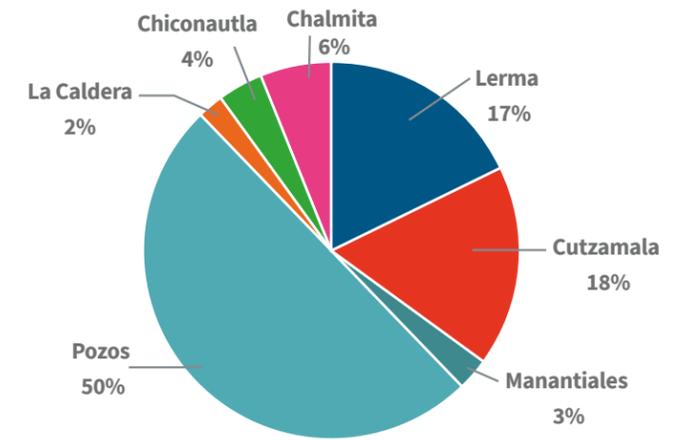


Fuente: Sacmex, agua en tu colonia

<sup>3</sup> mejoredu.gob.mx/images/publicaciones/boletin-2/Boletin-01\_2\_ed\_movimiento.pdf

#### ABASTECIMIENTO DIARIO EN LITROS

- **Cutzamala** provee 422 millones
- **Lerma** provee 388 millones
- **Manantiales** provee 65 millones
- **Pozos CDMX** provee 1 140 millones
- **La Caldera** provee 46 millones
- **Chiconautla** provee 93 millones
- **Chalmita** provee 141 millones



Fuente: Sacmex, agua en tu colonia

El acceso al agua y saneamiento es un derecho humano garantizar el acceso a agua potable y servicios de saneamiento en las escuelas no sólo promueve un entorno saludable y propicio para el aprendizaje, sino también contribuye al bienestar general y al desarrollo integral de la población estudiantil

Es por ello que cuando las escuelas no cuentan con servicios adecuados de agua, la falta de ésta deteriora la higiene y el saneamiento, lo que conlleva el riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales y diarreas, que se relacionan con disminución en la asistencia a clase y, a su vez, un menor rendimiento académico de las y los estudiantes<sup>4</sup>

Por lo que, contar con un acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento puede resultar en la mejora a la salud y, por tanto, en un mayor índice de asistencia a la escuelas trayendo un mayor rendimiento de las y los estudiantes, generando beneficios a largo plazo

La Ciudad sufre cada vez más escasez de agua, sin embargo, paradójicamente, cada año miles de millones de litros de agua de lluvia se desperdician yéndose al drenaje o causando inundaciones, en lugar de ser aprovechados para mitigar esa misma escasez

Es por ello que la cosecha de agua de lluvia en los planteles educativos podría ayudar a reducir la brecha de escasez en la Ciudad y proveer de condiciones fitosanitarias adecuadas para su población. De esta forma se puede proporcionar un ambiente escolar saludable, al ofrecer agua para limpieza e higiene, servicios sanitarios seguros, áreas para la higiene e infraestructura con mantenimiento<sup>5</sup>

En este sentido, presentamos este Manual que pretende aprovechar el agua de lluvia y con el fin de contribuir a resolver el problema del abasto del agua en planteles educativos. Este manual ofrece lineamientos técnicos para instalar Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) en escuelas, principalmente para uso no potable

<sup>4</sup> unicef.org/mexico/agua-higiene-y-saneamiento#:~:text=Cuando%20las%20escuelas%20no%20cuentan,los%20estudiantes%20se%20ve%20afectado

<sup>5</sup> unicef.org/mexico/media/1836/file/agua\_higiene\_y\_saneamiento\_docentes.pdf

## ALCANCE

El presente manual es una guía práctica para el diseño e implementación de los SCALL en las escuelas, hace 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

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

En el caso de la Ciudad de México deben atender a la *Guía Técnica para la Elaboración de Sistemas Alternativos* que 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.

**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

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, las cuales varían en su superficie de construcción entre 5 000 m<sup>2</sup> y 10 000 m<sup>2</sup>

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<sup>6</sup> estipula los requisitos y describe los lineamientos

<sup>6</sup> [tramites.cdmx.gob.mx/inicio/index.php/ts/274/57](http://tramites.cdmx.gob.mx/inicio/index.php/ts/274/57)  
[hidropluviales.com/2018/01/16/cumplimiento-de-normatividad-2/](http://hidropluviales.com/2018/01/16/cumplimiento-de-normatividad-2/)  
[hidropluviales.com/wp-content/uploads/2018/01/GUIA\\_TECNICSACMEX-191215.pdf](http://hidropluviales.com/wp-content/uploads/2018/01/GUIA_TECNICSACMEX-191215.pdf)

## ESCUELAS DE CAPTACIÓN

En 2023 se implementó el proyecto Escuelas de Captación en la Alcaldía Milpa Alta y en 2024 se amplió a las demás alcaldías de la Ciudad de México, se instalaron más de 2 mil 300 sistemas en espacios educativos de la Ciudad, con lo que se beneficia a más de 1.3 millones personas entre estudiantes, profesores y personal administrativo

El proyecto, además de generar una mayor práctica de la cosecha de lluvia en la ciudad, ha contribuido a la solución de los grandes retos de acceso y abasto de agua en la Ciudad de México

El agua de lluvia en las escuelas puede utilizarse para:

- Lavado de manos
- Riego de plantas y huertos
- Lavado de trastes en cafetería
- Sanitarios
- Limpieza de patios
- Limpieza de aulas y laboratorios

**No se recomienda para beber o en la preparación de alimentos**

Escuela Secundaria Altepecalli. Alcaldía Milpa Alta





# CAPÍTULO 1

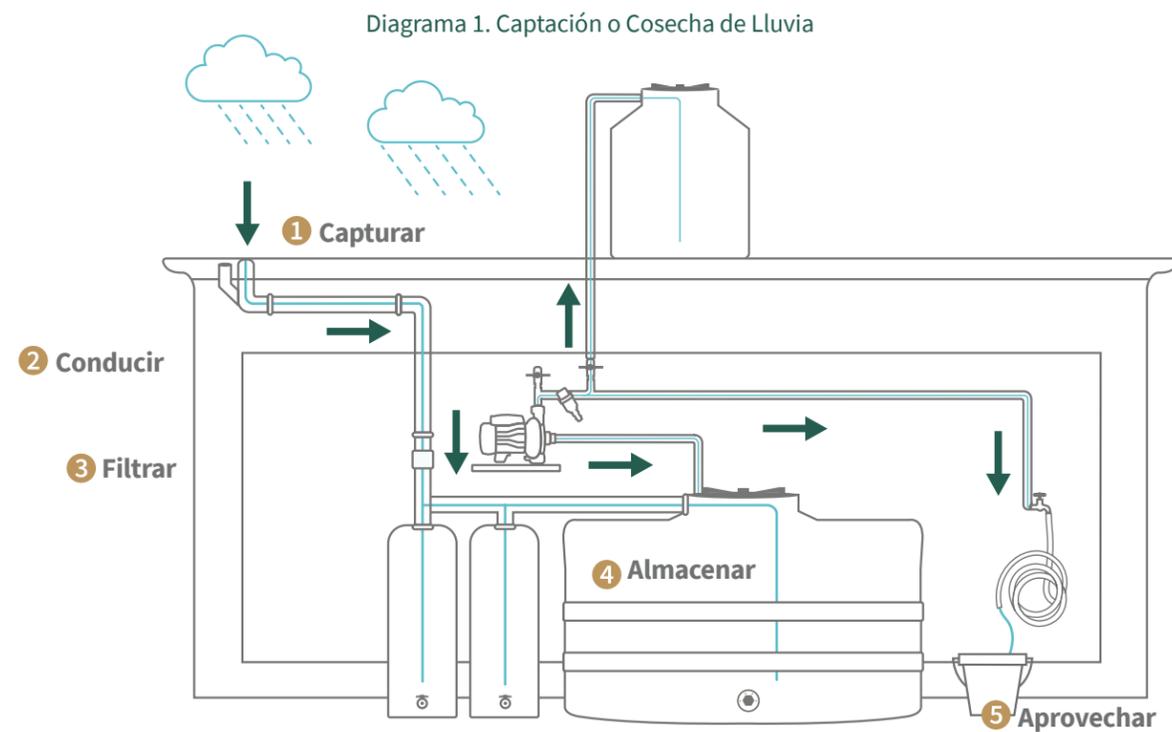
## ¿QUÉ ES LA COSECHA O CAPTACIÓN DE LLUVIA?

# 1. COSECHA DE LLUVIA

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

Es una práctica que ha sido empleada en distintas partes del mundo desde hace más de 4 mil años<sup>7</sup> y permite establecer un punto de abasto en cualquier sitio donde llueva

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 se recomienda hacerlo



Fuente: Sedema

La cosecha de lluvia genera distintos beneficios ambientales, sociales y económicos; por ejemplo: proveer de agua a las personas que padecen de escasez hídrica; reducir el flujo de agua a los drenajes, lo que podría traducirse en menos inundaciones; disminuir la cantidad de energía necesaria para bombear y transportar agua; contribuir a la no sobreexplotación del acuífero y a su recuperación al reducir la demanda; disminuir el tiempo de trabajo no remunerado, en tareas de gestión, almacenamiento, acarreo, mejora de la calidad, atención a enfermedades hídricas; involucrar a la sociedad de forma activa en la gestión del agua, así como en la limpieza, mantenimiento y cuidado del SCALL; además de

<sup>7</sup> [sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/BALLEN%20et%20al.%202006.%20Historia%20de%20los%20sistemas%20de%20aprovechamiento%20de%20lluvia.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/BALLEN%20et%20al.%202006.%20Historia%20de%20los%20sistemas%20de%20aprovechamiento%20de%20lluvia.pdf)

contribuir a la generación de una autonomía hídrica; entre otros<sup>8</sup>

## Beneficios ambientales

- Aumenta la disponibilidad de agua sin tener que transportarla por grandes distancias, al tiempo que reduce el bombeo, el uso de vehículos como pipas y otros medios de distribución
- Contribuye a la preservación de los acuíferos y otras fuentes de agua al disminuir su extracción
- Previene los desbordamientos en drenajes y calles, disminuyendo la presión sobre la infraestructura hidráulica y minimizando los riesgos de encharcamientos e inundaciones

## Beneficios económicos

A pesar de que el costo de cosechar el agua de lluvia recae principalmente en la instalación inicial del sistema, el beneficio por el aprovechamiento del agua de lluvia puede generar un ahorro económico sobre el consumo de agua de la red o pipas, ya sean públicas o privadas

- El agua es costosa
- Se aprovechan los almacenamientos existentes
- El área de techo es amplia
- Se integra el Sistema a un proyecto de edificación nueva

Beneficiaria de la cosecha de lluvia



<sup>8</sup> De la Cruz- U. y Gleason- J. (2018). Beneficios económicos de implementar un sistema de captación de agua de lluvia en la Universidad de Guadalajara- Vivienda y comunidades sustentables- Año 2- Núm. 4- Julio -diciembre- [revistavivienda.cuaad-udg.mx/index.php/rv/article/view/63/64](https://revistavivienda.cuaad.udg.mx/index.php/rv/article/view/63/64)

Torres- R. (2019). La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y presente- Riha vol-40 no-2 La Habana mayo-ago- [scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382019000200125](https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000200125)

Pacheco- M- 's/ P- La gestión del agua lluvia y la reducción de riesgos urbanos- [www.eird.org/plataforma-tematicariego-urbano/recopilacion-de-articulos/margarita-pacheco-pdf](https://www.eird.org/plataforma-tematicariego-urbano/recopilacion-de-articulos/margarita-pacheco-pdf)

Soares- D- Fonseca- O y García- J. (2022). Mujeres y Agua- Reflexiones desde los derechos humanos- Impluvium- Número 19- Abril-junio-

## Beneficios sociales

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

- Un SCALL puede proveer agua de muy alta calidad, siempre y cuando esté bien diseñado e instalado y que se opere y dé mantenimiento a sus componentes y a los techos
- Contribuye a la generación de autonomía hídrica
- La captación de lluvia puede fomentar una extensa cultura de uso responsable y cuidado del agua
- Reduce el tiempo dedicado a la obtención de agua por medio de otras fuentes

Agua cosechada de alta calidad



## 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, por lo que la captación no sirve como fuente única y se limitará a brindar agua durante la temporada de lluvias

## 2. ¿QUÉ ES UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE LLUVIA?

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

Un SCALL puede ser diseñado con el fin de 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 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, así como de 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 o periurbanas poco contaminadas, sin embargo, el mismo diseño, instalado en una ciudad con problemas de calidad del aire, podría dotar de agua apta únicamente para usos no potables

Sistema de Captación de agua de lluvia en plantel educativo



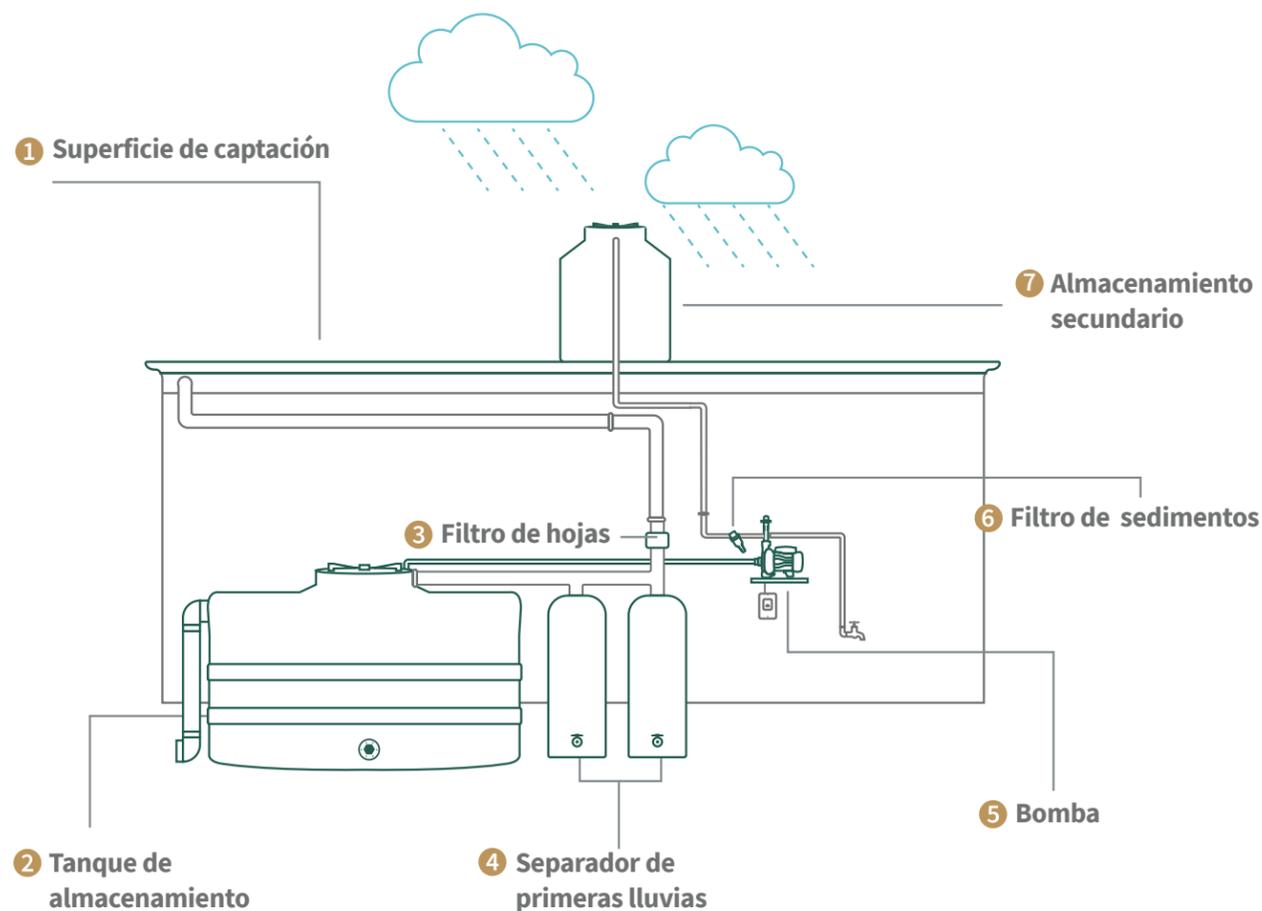
Asimismo, si este tiene un buen diseño puede alternar todos los componentes que se describirán a continuación

Lo ideal es colocar los necesarios según el caso particular, creando un SCALL sencillo y eficaz, evitando agregar elementos innecesarios que aumenten el costo y la complejidad de uso. De este modo, el diseño del sistema deberá elegirse de acuerdo con el uso que se le dará al agua colectada

Con un uso adecuado, mantenimiento regular y cuidado apropiado, un Sistema Cosechador de Lluvia puede tener una vida útil de veinte años aproximadamente. La calidad del agua cosechada depende en gran medida del buen mantenimiento al SCALL

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

Diagrama 2. Componentes de un SCALL



Fuente: Sedema

### 3. DISEÑO DEL SISTEMA

#### 3.1 SUPERFICIE DE CAPTACIÓN/ÁREA DE TECHO

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 contar con 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

Tabla 2. 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teja de barro sin sellar</li> <li>Impermeabilizante en rollo con terminado en gravilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Losa de concreto con terminado liso o pulido</li> <li>Losa de concreto con enladrillado y/o lechadeado</li> <li>Losa de concreto con impermeabilizante acrílico</li> </ul>
Superficies ideales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lámina plástica (policarbonato, polipropileno, etc.)</li> <li>Fibro cemento o similar</li> <li>Membranas plásticas de HDPE</li> <li>Tejas cerámicas o similares</li> <li>Loseta cerámica, porcelanato o similar</li> <li>Losa de concreto con terminado liso o pulido</li> <li>Losa de concreto con enladrillado y/o lechadeado</li> <li>Losa de concreto con impermeabilizante acrílico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cristal/vidrio</li> <li>Lámina metálica</li> <li>Lámina plástica (policarbonato, polipropileno, etc.)</li> <li>Fibro cemento o similar</li> <li>Membranas plásticas de HDPE</li> <li>Tejas cerámicas o similares</li> <li>Loseta cerámica, porcelanato o similar</li> </ul>

Fuente: Sedema

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

Además, se debe analizar el tipo de material del que está construido el techo para decidir qué uso se puede dar al agua que se capta

Tabla 3. Toxicidad y coeficiente de cosecha de los materiales

MATERIAL	TOXICIDAD	TEXTURA	COEFICIENTE DE CAPTACIÓN
Vidrio	Nula	Lisa	0.95
Lámina de metal	Nula	Lisa	0.95
Lámina de fibras de plástico	Baja	Lisa	0.95
Teja	Baja	Medianamente rugosa	0.85
Fibrocemento	Baja	Rugosa	0.85
Losa de concreto	Baja	Rugosa	0.80
Impermeabilizantes derivados del plástico	Media	Medianamente rugosa	0.75
Impermeabilizantes de gravilla	Media	Muy rugosa	0.75
Carpeta asfáltica	Alta*	Muy rugosa	0.70
Asbesto	Alta*	Rugosa	0.75

\*Los materiales que presentan toxicidad alta no se deben utilizar para captar agua de lluvia debido a los efectos negativos que pueden provocar

Fuente: Sedema

Una vez elegida una superficie adecuada según el uso previsto del agua, es necesario calcular tanto el área del techo como la cantidad de precipitación en la zona (Ver Anexo 1. Cálculos)

Techo o área de captación



### 3.2 CENTRALIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN

Un techo debe tener una pendiente adecuada para permitir que el agua fluya (corra o escurra) y se pueda dirigir hacia el punto de recolección. Se debe garantizar que toda el agua que caiga sobre el techo pueda ser desalojada correctamente. Es importante tener en cuenta que entre mayor sea la pendiente, mejor será la captación de lluvia. A continuación se detallan 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

Losa a dos aguas



Losa plana



El tipo de techo determina la canalización que se utilizará para recolectar el agua y enviarla al sistema de distribución. 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

Tabla 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

Fuente: Sedema

En caso de losa plana el modo de conducción del agua de lluvia será por medio de tubería  
Si se trata de una losa inclinada se recomienda el uso de canaleta

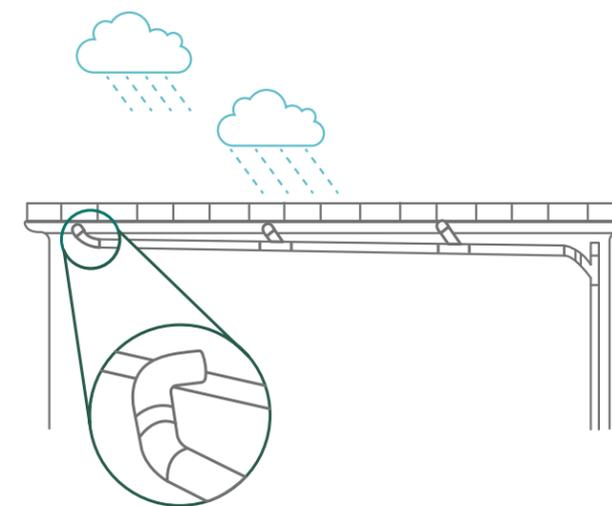
#### Bajadas pluviales

Las bajadas pluviales o Bajante de Agua Pluvial (BAP), 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 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. Existen dos condiciones que se deben considerar en una construcción o techumbre:

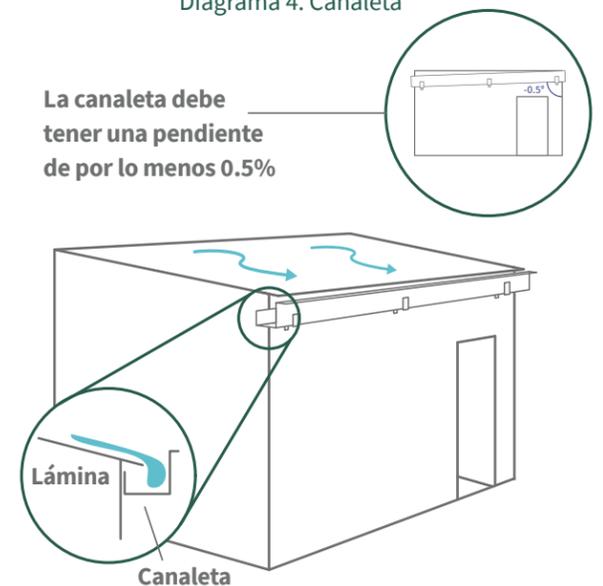
- Para una construcción nueva o existente que no cuente con bajantes se deben diseñar, con el fin de centralizar el escurrimiento y dirigirlo hacia la zona donde estará el resto del sistema, principalmente la cisterna o el tanque. Se debe revisar hacia dónde escurre el agua para colocar un pretil o hilada de tabique en el perímetro, junto con disparos o tubos. En el caso de un techo de lámina se debe instalar una canaleta para la conducción del agua hacia una bajada única
- Cuando las bajadas ya existan, se deben poder intervenir para centralizar sus escurrimientos hacia el área deseada y dirigirla al resto del sistema

Diagrama 3. Disparos con hilada de tabiques



Fuente: Sedema

Diagrama 4. Canaleta



Fuente: Sedema

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

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<sup>9</sup>

### 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%
- Se recomienda que la tubería siempre tenga un elemento de apoyo. Si va colgada utilizar soleras, abrazaderas y pijas; en caso de estar pegada a la pared, utilizar abrazaderas, taquetes y pijas
- 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 desprege de la lámina, lo que puede causar pérdida de agua

Tubería del sistema de captación



<sup>9</sup> hidropluviales.com/2018/01/16/cumplimiento-de-normatividad-2/

### 3.3 DESVÍO DE AGUAS

Los SCALL deben contar con un método de desvío de las aguas que le permita al usuario decidir si se captará la lluvia o no. Para ello, es necesario un dispositivo que permita desviar la lluvia en su totalidad hacia un lugar seguro, como el patio, el jardín o la calle

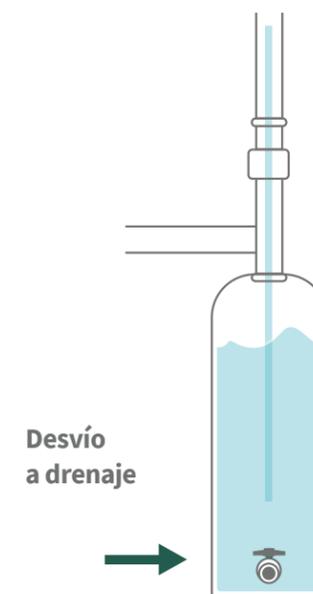
La alternativa de desvío debe usarse cuando se identifiquen condiciones ambientales que contaminen el agua o cuando el sistema esté en mantenimiento o sobrepasado en su capacidad de almacenamiento. Es recomendable hacer los desvíos en las siguientes circunstancias:

#### I. Para evitar problemas relacionados con la calidad del agua:

- 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
- Al momento de limpiar y desinfectar el techo, ya que los productos utilizados para estas tareas son dañinos para la salud
- En situaciones de contingencia ambiental o situaciones extraordinarias como lluvia de cenizas o contaminación atmosférica

#### II. Para evitar la entrada de la lluvia al almacenamiento cuando se encuentre inhabilitado por reparación o mantenimiento

Diagrama 5. Desvío de aguas integrado al separador de primeras lluvias



Fuente: Sedema

El desvío se debe planear para enviar el agua a un lugar en el que no ocasione problemas de inundaciones, encharcamiento y humedad

La válvula para el desvío debe tener la capacidad de evacuar la lluvia en tiempo real, considerando las lluvias más intensas

Se recomienda dejar pasar por lo menos 2 lluvias al inicio de la temporada de acuerdo con el nivel de limpieza del techo

### 3.4 PRETRATAMIENTO

El pretratamiento es esencial para asegurar una buena calidad de agua 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 más altas de contaminantes durante los primeros minutos del aguacero. Se recomienda filtrar los residuos antes de la entrada al sistema y separar el agua de la primera lluvia para no cosecharla; esto se puede hacer por desviación o por acumulación

Retiro de residuos sobre el techo de captación

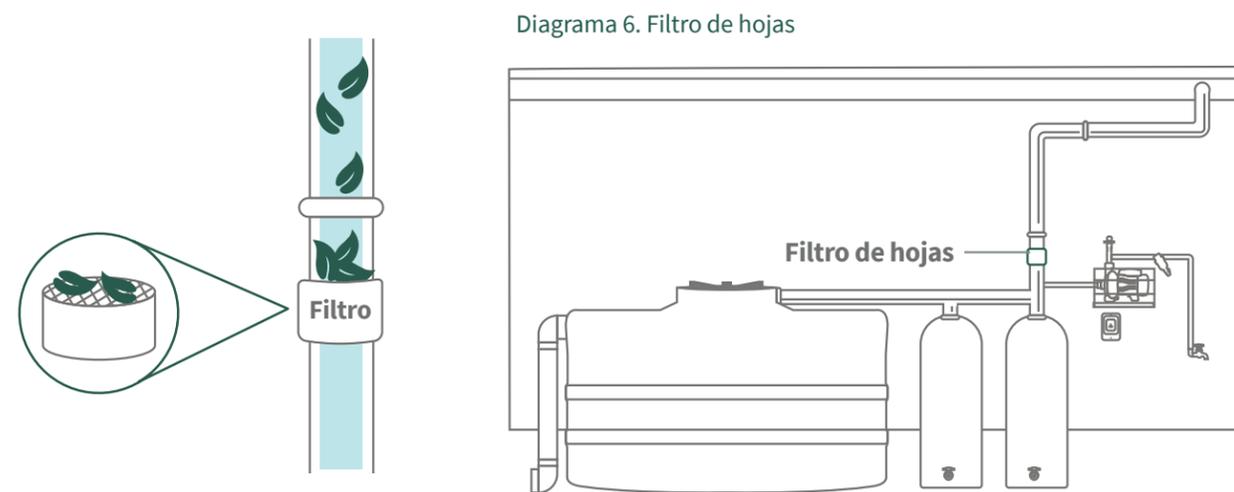


Separar el agua de las primeras lluvias



#### Filtro de hojas

Se trata de un mecanismo capaz de retener desechos mecánicamente (hojas, ramas, insectos y otras partículas). Si se coloca antes del separador de primeras lluvias se recomienda colocar en la BAP a una altura máxima de 1.80 metros desde el suelo



Fuente: Sedema

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

Filtro de hojas



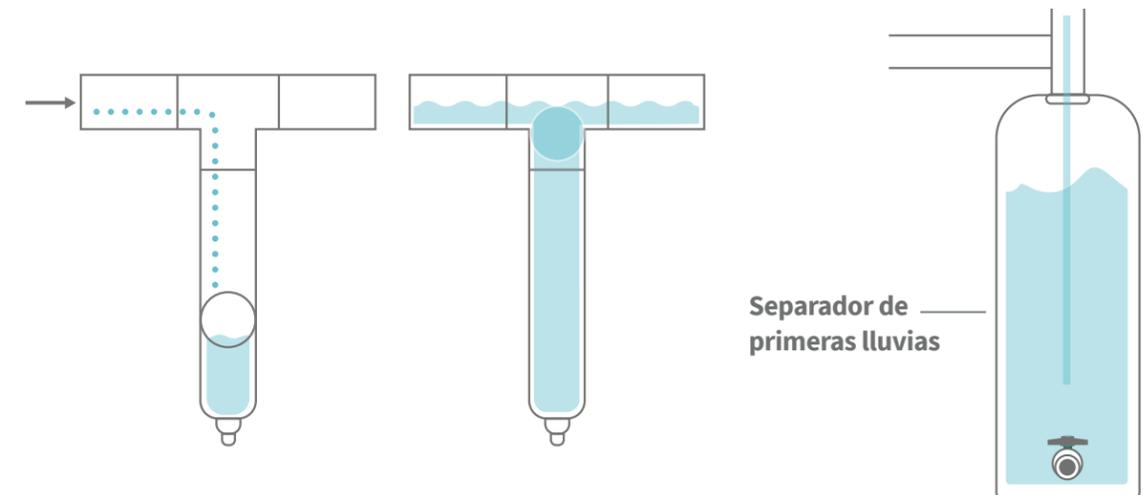
Malla de acero inoxidable



#### Separación de primeras lluvias

La “separación de primeras lluvias” aumenta la calidad del agua cosechada. Se realiza a través de un equipo que capta los primeros minutos de cada lluvia, evitando que ingresen al sistema

Diagrama 7. Ejemplo de mecanismo de bloqueo



Fuente: Sedema

Usualmente se recomienda separar entre 2 y 3.2 litros de lluvia por m<sup>2</sup> de superficie de captación (2 a 3.2 mm) en zonas urbanas y 0.5 a 1 litro en zonas rurales.

Cuanto mayor es el volumen de agua que se separa de los primeros minutos de lluvia, mejor es la calidad del agua captada, es decir, si captamos 1 litro mejorará en 50%, con 2 litros 75%, con 3 litros 87.25% y así sucesivamente

Deben colocarse en lugares en los que el flujo desviado no genere problemas, ya sea dirigiéndolo a una zona infiltrante o conectándolo al drenaje. Su dimensionamiento se hace en función del área de captación

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 por acumulación tienen una capacidad de 200 litros; sin embargo, se podrá ajustar la cantidad de lluvia que almacena (2 litros por cada metro cuadrado). Se considera un separador por cada 100 m<sup>2</sup>

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

Abrir el separador



Separador de primeras lluvias

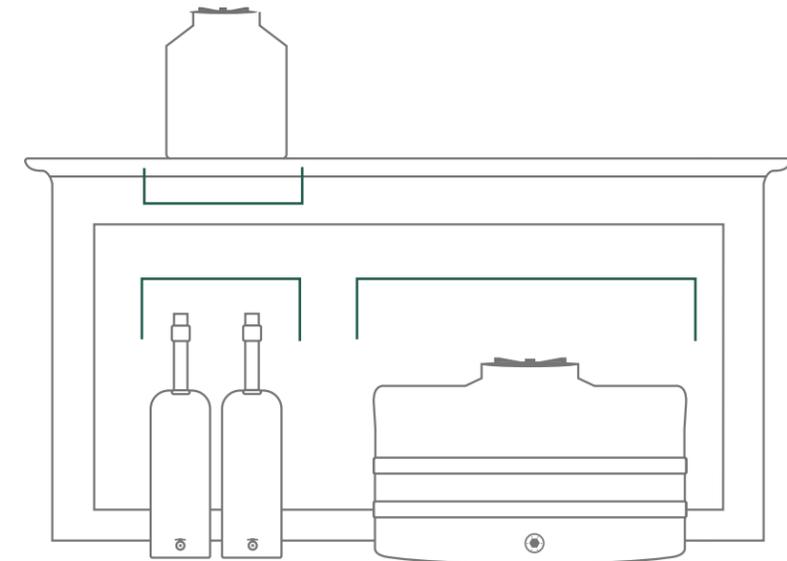


Existen equipos automatizados que, por medio de un sensor y electricidad, determinan el momento para abrir y cerrar una válvula con el fin de desviar dicho volumen de separación como es el caso de los tanques autorregulables

### 3.5 ALMACENAMIENTO Y DIMENSIONES DEL SISTEMA

Los SCALL requieren de un lugar para recibir y almacenar el agua para su aprovechamiento, ya sea una cisterna, tanque o contenedor. Debe ser un espacio seguro ubicado al exterior o donde no existan riesgos de inundación cuando rebase su capacidad y siga lloviendo

Diagrama 8. Espacio para tanque o cisterna



Fuente: Sedema

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:

- La cantidad de agua que se pueda captar
- La existencia previa de tanques de almacenamiento que puedan ser utilizados o el presupuesto para la construcción de uno
- El consumo de agua debe ajustarse de acuerdo con el uso que se le dará al agua cosechada
- La factibilidad de construcción o instalación del almacenamiento deseado

#### Principios básicos y materiales para el almacenamiento

- El tanque de almacenamiento no debe permitir la entrada de luz para evitar el crecimiento de algas que son alimento para otros organismos nocivos
- El almacenamiento tiene que estar cerrado de forma segura, para evitar el ingreso de animales y materia orgánica. Se debe asegurar que no representará un peligro, principalmente para los niños y adolescentes
- Las cisternas deberán colocarse a nivel de piso y tener una base o firme de concreto, construida en materiales que garanticen soportar el peso cuando el almacenamiento se encuentre lleno

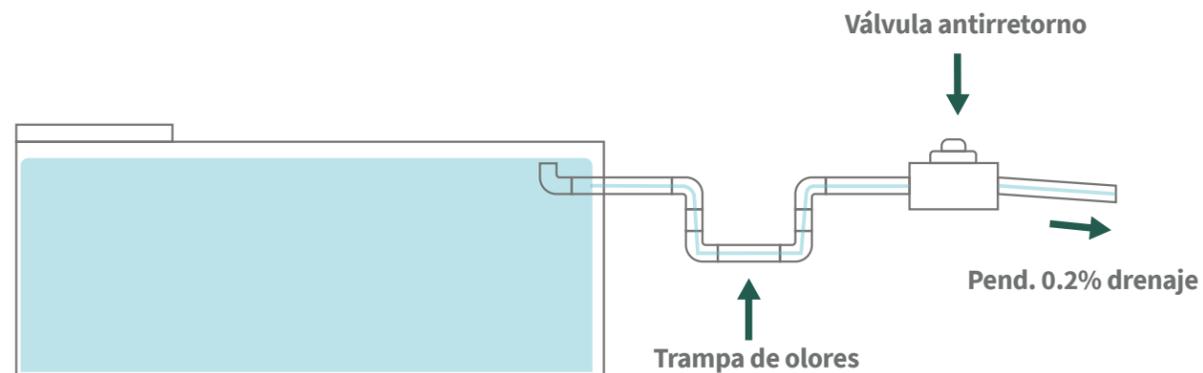
## Condiciones y componentes esenciales del almacenamiento

### Rebosadero

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

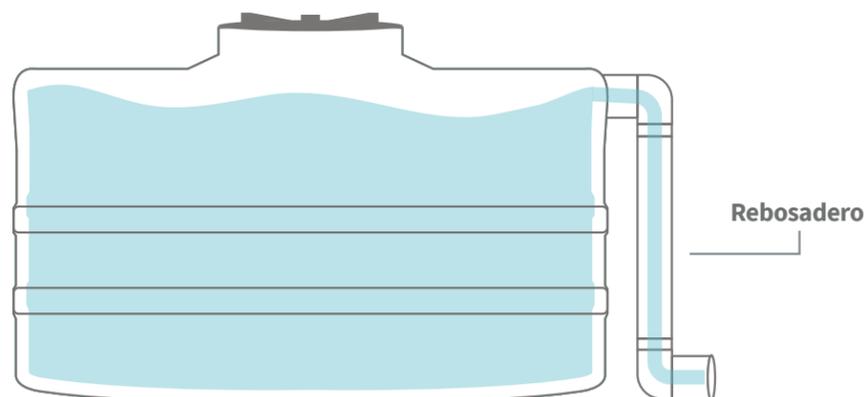
- Asegurarse que el agua desalojada se dirija a un lugar seguro, ya sea a alguna superficie infiltrante por la que el agua pueda escurrir sin generar problemas de encharcamientos o inundaciones o al drenaje
- Evitar retornos (cuando el rebosadero está conectado a la red de drenaje) con una válvula antirretorno o válvula check; e ingresos indeseados (animales, materia orgánica) con una malla
- El drenaje debe estar a un nivel más bajo que el rebosadero (pendiente de 2% para asegurar el flujo)

Diagrama 9. Cisterna con rebosadero



Fuente: Sedema

Diagrama 10. Tinaco con rebosadero



Fuente: Sedema

### 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 deben integrar dos flotadores con sus respectivas válvulas

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

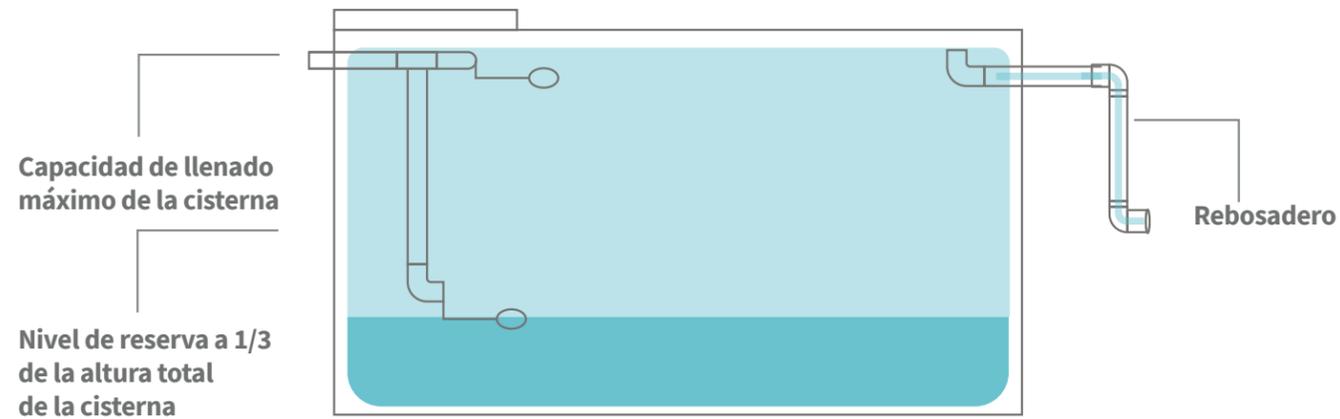
El flotador más bajo debe ser de un material que soporte la presión sin deformarse ni inundarse, ya que estará sumergido cuando se sobrepase el mínimo de reserva y podría llenarse de agua lo que ocasionaría el rompimiento de la varilla y dejar de funcionar

Rebosadero



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 11. Cisterna con doble flotador y rebosadero



Fuente: Sedema

### 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 se encuentra en la parte superior de donde debe extraerse para su uso

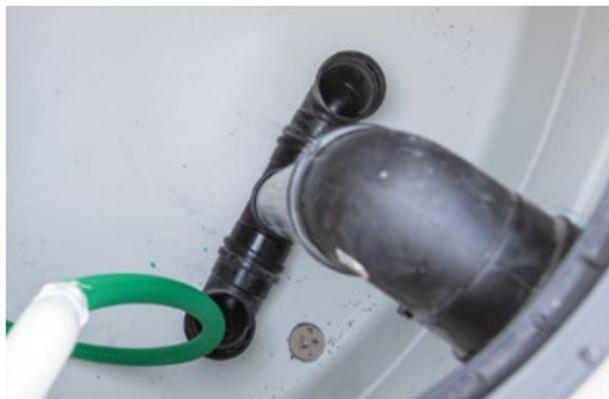
Para un buen funcionamiento del sistema se requiere que el agua no se mueva y que no se perturbe el fondo donde puede haber sedimentos

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

#### Reductor de turbulencia

Este componente permite que el agua entre por el fondo del tanque evitando turbulencia, y no vuelva a levantar los sedimentos acumulados

Reductor de turbulencias



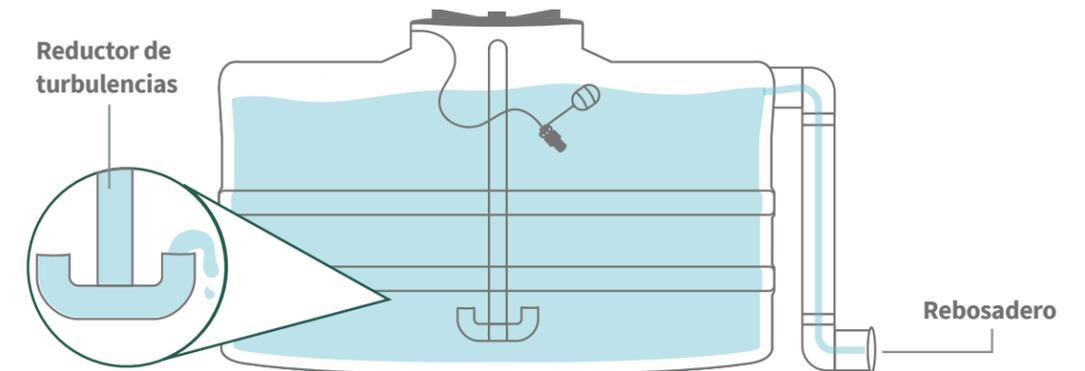
Pichancho flotante



### Succión flotante

Consiste en una manguera sostenida por un flotador, que se mantiene por debajo de la superficie y lejos del fondo del almacenamiento. Cuando 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

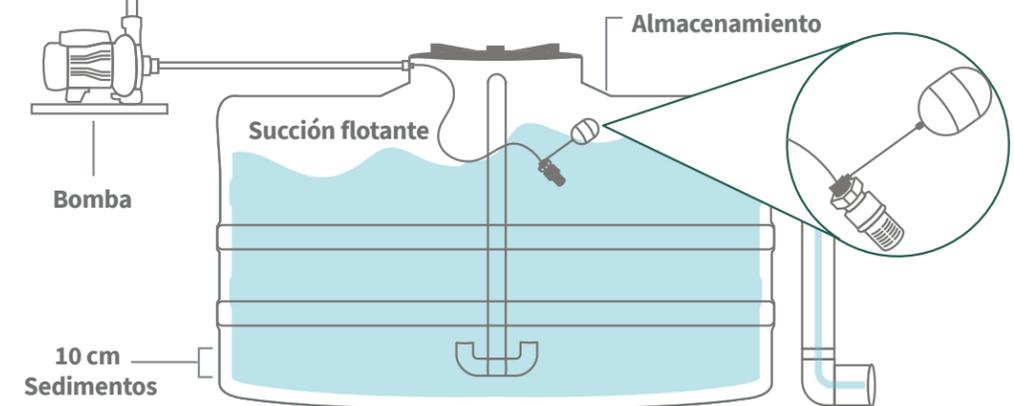
Diagrama 12. Reductor de turbulencia



Fuente: Sedema

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

Diagrama 13. Succión flotante



Fuente: Sedema

### Dimensiones para el almacenamiento

El tamaño del almacenamiento (cisterna, aljibe o tinaco) dependerá, del presupuesto, el espacio disponible, del potencial de captación de la zona y la cantidad de agua que se utiliza (Ver anexo 1)

### 3.6 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

#### Tratamiento primario:

La primera etapa se enfoca en el tratamiento físico busca retirar sólidos suspendidos que no fueron retenidos en el pretratamiento dentro de un rango de 30 a 130 micras. Se colocan después del tanque de la bomba, puesto que los filtros que existen en el mercado requieren presión.

Puede colocarse uno o más en serie, dependiendo de la calidad deseada, depende del grado de contaminación atmosférica de la zona y la que pueda aportar el material de la superficie de captación, además de la calidad final para el uso deseado

Los usos recomendados que utilizan sólo esta etapa de tratamiento son: **riego, lavado de autos, limpieza de pisos, lavado de ropa de color y uso sanitario**

#### 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.

Se puede utilizar uno o más filtros comerciales

Sistema de filtración mediante filtro de hojas y sedimentos



El uso adicional recomendado con esta etapa de tratamiento es, además de los antes mencionados: **lavado de ropa blanca**

#### Tratamiento terciario:

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

#### Purificación:

El propósito es alcanzar o sobrepasar 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

### 3.7 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

La Tabla 5 contiene la sugerencia de tipos de bombas que pueden usarse para subir el agua a distintas alturas

Tabla 5. Bombas para SCALL

ALTURA A DONDE SUBIRÁ EL AGUA DESDE LA BOMBA	POTENCIA MÍNIMA DE LA BOMBA	
	MÁXIMO 2 FILTROS DESPUÉS DE LA BOMBA	MÁS DE 2 FILTROS DESPUÉS DE LA BOMBA
0 (misma planta)	3/4 CP (0.75 HP) - 0.55 kW	1/2 CP (0.5 HP) - 0.37 kW
1 - 2 pisos	1" CP (0.75 HP) - 0.74 kW	3/4" CP (0.75 HP) - 0.55 kW
3 - 4 pisos	1.5 CP (1 HP) - 1.12 kW	1 CP (1 HP) - 0.74 kW
Más de 4 pisos	Consultar al fabricante o proveedor de la bomba	

Fuente: Sedema

### 3.8 MANEJO Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS

La calidad de la instalación y de los materiales utilizados es de suma importancia para asegurar el funcionamiento y la durabilidad de los sistemas de captación; sin embargo, el éxito de la captación de lluvia depende de la limpieza y mantenimiento de los sistemas

Esta debe hacerse, sobre todo, al inicio de cada temporada de lluvias. La temporada de lluvias en la Ciudad de México, están establecidas para el periodo: **15 de mayo al 30 de noviembre de cada año**

Los pasos para el mantenimiento del sistema de captación son:

- Limpiar el techo
- Limpiar el filtro de hojas
- Vaciar el separador de primeras lluvias
- Lavar el filtro de sedimentos
- Verificar la concentración del clorador flotante
- Limpiar la cisterna

Limpeza del área de captación



Limpeza de filtro de hojas



Vaciar el separador de primeras lluvias



Limpeza de filtro de sedimentos



Revisión del clorador



Limpeza de cisterna



Además, existen ciertas bases teórico-prácticas que deben darse a conocer a los usuarios y personal de mantenimiento para contribuir al éxito de los proyectos:

- Conocimiento de los SCALL y sus componentes
- Manejo de los requisitos básicos para alcanzar una buena calidad de agua
- Comprensión de los procesos y requisitos de mantenimiento del SCALL y su periodicidad
- Conocimiento de las mejores prácticas de usos y ahorro de agua

### 3.9 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, el mantenimiento de los sistemas podría reducirse a la supervisión periódica de su buen funcionamiento, a la limpieza de los filtros y el cambio de cartuchos, según su vida útil



## CAPÍTULO 2

### PASOS PARA INSTALAR UN SISTEMA EN ESCUELAS

## ETAPAS

**Primera etapa:** Verificación técnica y diseño previo del sistema de captación de agua de lluvia (SCALL) adecuado a cada plantel educativo, a fin de definir en qué área se ubicará el SCALL y así, plantear y planear los ajustes que se requerirán en cada caso

**Segunda etapa:** Instalación de los sistemas asegurando el cumplimiento de los alcances previamente proyectados

**Tercera etapa:** Capacitación al personal del plantel educativo sobre la limpieza y mantenimiento del SCALL

## HERRAMIENTAS Y EQUIPO NECESARIO

Para la instalación de un SCALL se requiere herramienta menor, equipo eléctrico y equipo de seguridad. La siguiente lista es enunciativa más no limitativa



HERRAMIENTA MENOR:	EQUIPO ELÉCTRICO	EQUIPO DE SEGURIDAD
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pinzas para corte tubería</li> <li>• Arco con segueta</li> <li>• Martillo</li> <li>• Marro</li> <li>• Cíncel</li> <li>• Nivel de mano</li> <li>• Manguera de nivel</li> <li>• Remachadora</li> <li>• Calafateadora</li> <li>• Cuchara de albañil</li> <li>• Pala</li> <li>• Pinzas de electricista</li> <li>• Pinzas de mecánico</li> <li>• Escalera telescópica</li> <li>• Escalera de tijera</li> <li>• Andamio</li> <li>• Termofusora con kit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taladro</li> <li>• Destornillador</li> <li>• Sierra caladora</li> <li>• Esmeriladora angular</li> <li>• Disco de corte de metal</li> <li>• Disco de corte para concreto</li> <li>• Extensión eléctrica con clavija y toma corriente con protección de falla a tierra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cascos</li> <li>• Arnés</li> <li>• Gafas de protección</li> </ul>

Fuente: Sedema

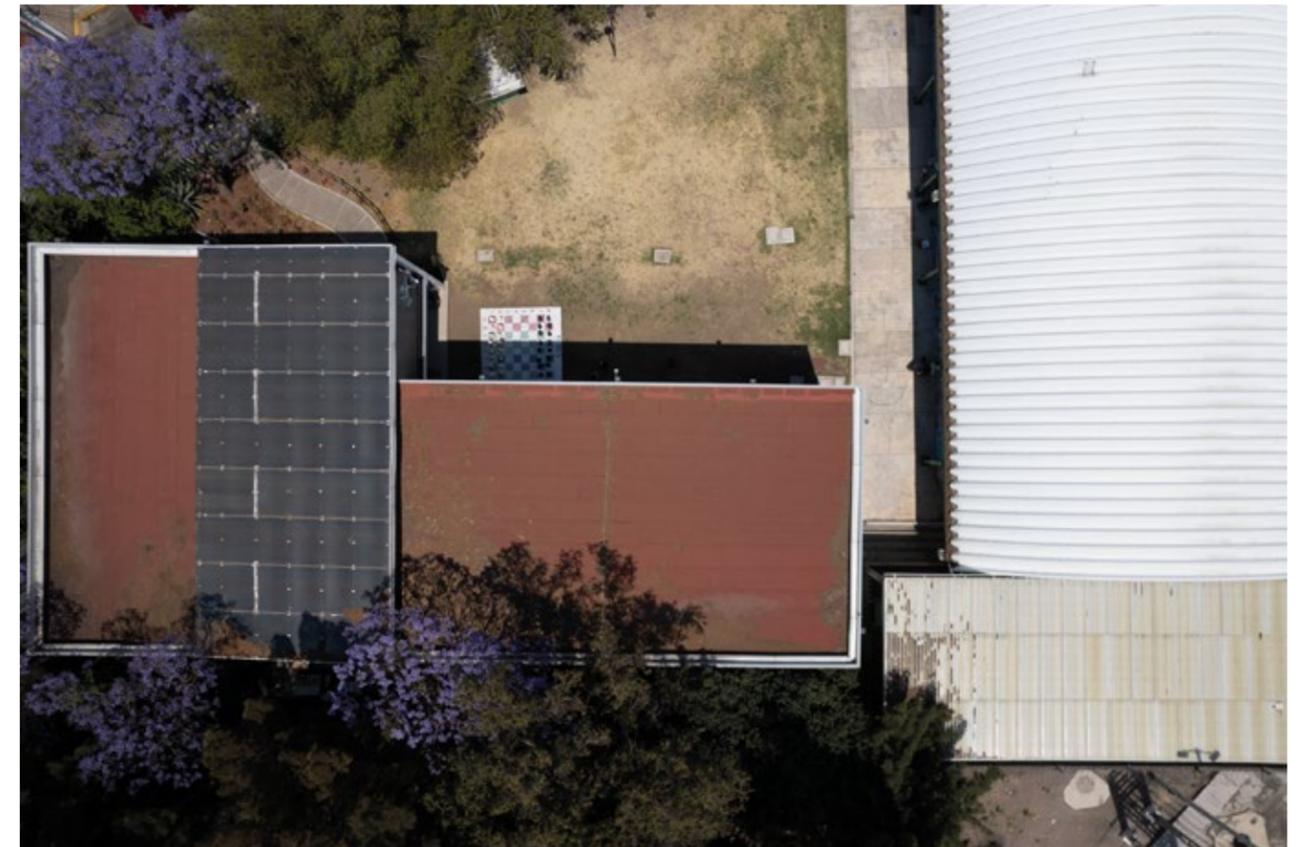
## 1. CRITERIOS PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD DE LAS INSTALACIONES

Los Criterios para determinar **escuelas viables** para instalar el SCALL son los siguientes:

Si el agua cosechada será destinada para uso en los sanitarios, se deberá elegir área de captación del edificio donde estos se encuentren y en cuyo techo o azotea estén ubicados los tinacos. Para una correcta instalación del sistema se recomienda que la cisterna y los componentes de este se encuentren cercanos unos de otros, así como que se cuente con fácil acceso para su limpieza y mantenimiento

- Debe contar con una superficie de captación que cumpla con los requisitos mencionados en el presente manual
- En el edificio se identificará si el techo es horizontal o a dos aguas y si cuenta con canaletas, bajantes o salidas al exterior de los muros
- Debe contar con un espacio destinado para la instalación del SCALL que no interfiera con las actividades diarias de los estudiantes o personal del plantel, ni obstruir registros, tuberías u otros elementos como coladeras, cisternas, pasillos, puertas, ventanas, etc.

Superficie de captación



- El espacio en donde se instale la cisterna deberá contar con una base o firme de concreto que soporte el peso de la cisterna a su máxima capacidad
- En caso de que el área disponible no cuente con una base de concreto, se deberán revisar las condiciones del suelo, a fin de que el terreno sea apto, considerando lo siguiente:
  - No debe existir material de escombros, relleno o residuos
  - El suelo no debe ser inestable, deforme, ni presentar hundimientos y/o agrietamientos
  - Evitar zonas con riesgo de deslizamientos, laderas, derrumbes o que tengan rocas grandes que puedan rodarse, priorizando los terrenos bien nivelados y compactados

Base de concreto para el sistema



- El área donde se instalará el almacenamiento deberá tener como mínimo las siguientes medidas:

Tabla 6. Área para la base de concreto

TAMAÑO CONTENEDOR	ÁREA DE LA BASE DE CONCRETO	PESO A SU MÁXIMA CAPACIDAD
2 500 L	1.71m X 1.71m	2.5 toneladas
5 000 L	2.62m X 2.62m	5 toneladas
10 000 L	2.62m X 2.62m	10 toneladas

Fuente: Sedema

La cisterna de 2 500 litros podrá utilizarse para losas de hasta 100m<sup>2</sup> con un solo separador de primeras lluvias. Si se tuviera una losa mayor, se deberá limitar mediante una hilada de tabique para garantizar que solamente se utilice el área propuesta

Las cisternas de 5 litros o mayores podrán utilizarse para losas mayores, se recomienda un separador de primeras lluvias por cada 100m<sup>2</sup>

Tabla 7. Cantidad de separadores de primeras lluvias por área de captación

ÁREA DE CAPTACIÓN	# DE SEPARADORES DE PRIMERAS LLUVIAS
Hasta 100 m <sup>2</sup>	1
De 101 y hasta 200 m <sup>2</sup>	2
De 201 y hasta 300 m <sup>2</sup>	3

Fuente: Sedema

Sistema con tres separadores de primeras lluvias debido a su capacidad de captación



- El edificio deberá contar con una instalación adecuada de energía eléctrica para la alimentación de la bomba, debido a que se requiere de un centro de carga que suministre energía a 127 voltios/60 Hz.
- La escuela debe ser accesible para el equipo de instalación y apta para realizar las maniobras necesarias de ingreso de los materiales que componen el SCALL. Preferentemente deberán contar con un acceso directo que facilite el ingreso de los tanques de almacenamiento, cuyas dimensiones son las siguientes:

Tabla 8. Dimensiones de los contenedores

DIMENSIONES DE LOS CONTENEDORES		
TAMAÑO CONTENEDOR	DIÁMETRO [M]	ALTURA [M]
1 100 L	1.10	1.40
2 500 L	1.55	1.60
5 000 L	2.38	1.33
10 000 L	2.38	2.43

Fuente: Sedema

- Se debe contar con una altura mínima entre losa y piso terminado de 2.5m de altura cuando el sistema quede inmediatamente después de la bajada principal. De lo contrario se debe calcular la pendiente y la altura a la que llegará al separador de primeras lluvias. Por ello se recomienda que el SCALL se ubique lo más cercano posible al área de captación, la cual debe ser donde se encuentren los tinacos que alimentan al cuerpo de baños
- En escuelas de dos niveles (aproximadamente 6 metros de altura), se deberá de contar con áreas libres para la colocación de escaleras y/o andamios.
- En las escuelas de 3 niveles o más se deberá ajustar el diseño del SCALL, ya que los sistemas descritos en el presente manual se recomiendan en menos de 3 pisos

Almacenamiento 1 100 litros



Almacenamiento 5 000 litros



## 2. PROCEDIMIENTOS PARA LA INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS

### 2.1 ÁREAS DE CAPTACIÓN

Se debe contar con acceso al techo para realizar la limpieza periódica y contar con una mejor calidad de agua cosechada

Se recomienda que el área de captación (azotea) sea exclusivamente para la captación. Si existen objetos con óxido de metal se recomendará recubrir con pintura de aceite, que impida que el óxido se encuentre expuesto

El área de captación no cuenta con una medida mínima o máxima; sin embargo, se recomienda un área máxima de 300m<sup>2</sup>, si el área es mayor, se deberá dividir el techo con hilada de tabique y tomar las BAP de dicha zona

Se debe determinar qué tipo de losa será el área de captación.

En caso de losa plana el modo de conducción del agua de lluvia será por medio de tubería. Si se trata de una losa inclinada se recomienda el uso de **canaleta**, o bien, si la inclinación del techo de losa no permite colocar la hilada de tabique, se podrá usar tubería

Área de captación



## Pendientes

El área de captación deberá contar con una pendiente definida hacia las BAPS existentes para evitar estancamientos que disminuyan la captación del sistema, se puede comprobar con un nivel o con una cubeta de agua que se vierta sobre el techo y verificar hacia dónde corre el agua, o bien, si se estanca

Se deberá asegurar una pendiente mínima del 2% que garantice el escurrimiento del agua hacia las bajantes o salidas. Se deberán realizar las modificaciones necesarias con la hilada de tabiques o con la modificación de la pendiente para que el agua se encauce a la salida

## Pretil o Hilada

Tiene la finalidad de contener y conducir el agua de lluvia hacia las bajadas pluviales, o para delimitar el área de captación. La hilada se puede colocar tanto en losas planas como inclinadas, siempre y cuando, la inclinación de la losa permita colocarla de forma segura

Para los techos cuyo material constructivo sea de losa y no cuenten con pretil, se deberá instalar una hilada de tabique. En ningún caso se deberá realizar hilada sesgada

Hilada de tabique



**Pretilos existentes:** Cuando el techo ya cuente con pretilos, no se deberán dañar ni ranurar, por lo que se deberá conectar las tuberías y adaptar el sistema a las bajadas existentes, en los casos que sea posible

**Pretilos nuevos:** se realizará con tabique de concreto simple, de 7x12x24 centímetros juntoado con mortero (cemento-arena) proporción 1:4, con un chaflán de 7x7 centímetros de mortero (cemento-arena proporción) 1:4 preparado con Cemento Gris que cumpla la norma NMX-C-414-ONNCE y un agregado fino (arena) con una granulometría bien graduada

Tabla 9. Preparación del mortero

PROPORCIÓN	CEMENTO MORTERO BULTO (50 KG)		ARENA BOTE 19 LITROS
1:4	1 bulto	50 kg	4 botes
1:4	1/2 bulto	25 kg	2 botes
1:4	1/4 bulto	12.5 kg	1 bote

Fuente: Sedema

Pretil sellado



El junteo del pretil deberá estar bien sellado y no permitir que el agua de lluvia se trasmite a través del pretil. Se colocará un chaflán cubierto con una capa de impermeabilizante para evitar filtraciones de agua

## 2.2 CANALIZACIÓN Y CONDUCCIÓN

Se deberá plantear una trayectoria para la instalación de tubería sanitaria de 4" para conducir el agua de lluvia, desde el área de captación hasta el SCALL.

Se habilitarán los soportes con solera de 3/4" x 3/16" de acuerdo con las necesidades y tipo de instalación a realizar. En losas de concreto con pendiente superior al 10% se recomienda hacer el montaje por la parte superior. El fijado se realizará de preferencia con taquete expansivo. Deben considerarse los siguientes aspectos:

a) Las trayectorias no deberán obstruir ventanas ni puertas

b) **Fijación:** La tubería debe fijarse a la pared en todo el trayecto desde el techo hasta llegar al tanque de almacenamiento. La tubería no deberá quedar volando -sin soporte- en más de un metro (límite autosoportante de la tubería). También es factible fijar a elementos metálicos tales como marcos, rejas o cualquier elemento que dé soporte y estructura

c) **Tubería encofrada:** Se revisará si se trata de un recubrimiento superficial o si se encuentra dentro de algún elemento estructural del inmueble. De estar en elementos estructurales, se debe solicitar la cancelación de esta, ya que no es recomendable afectar al elemento estructural.

En caso en que se encuentre encofrado por algún elemento superficial, se podrá intervenir la salida y hacer la interconexión adecuada para conducirla al SCALL

Correcta trayectoria de tubería



Figura 2. Ejemplo de una sola BAP



## Bajadas Pluviales

En ningún caso, se deberá permitir que la captación de agua se concentre en una sola BAP, se deberán considerar todas las bajadas disponibles dentro del área de captación. Se deberá calcular el número de posibles disparos considerando su instalación cada 3 o 4 metros lineales y marcar con aerosol el lugar dónde se colocarán los cañones para la bajada en el techo

### Bajadas pluviales existentes

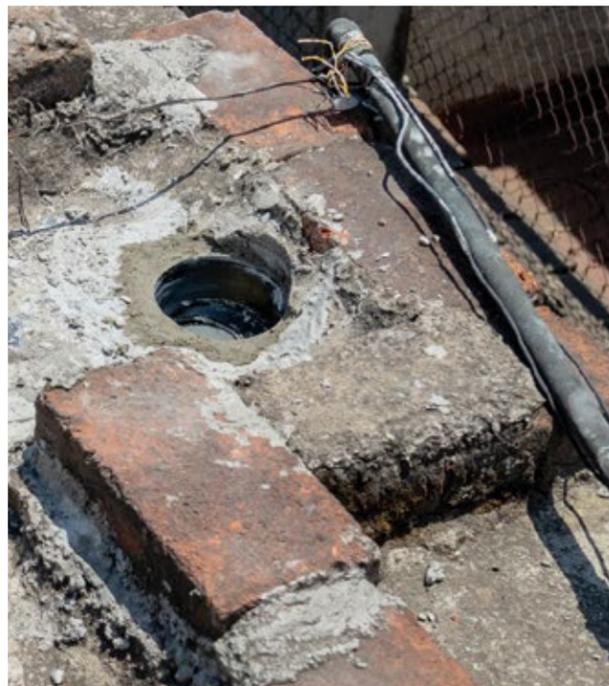
Para el aprovechamiento de las bajadas existentes, se podrán contemplar los siguientes casos:

- Cuando se encuentren al exterior de los muros y cumplan con las características físicas y sanitarias para conducir el agua
- Cuando en la escuela exista más de una bajada pluvial, se determinará qué bajadas se conectarán al sistema. Las bajadas que no se conecten al sistema no deben cancelarse, se dejarán para que continúen drenando

Figura 3. Bajantes existentes



Figura 4. BAP ahogada en losa



Si la BAP existente en la escuela se encuentra ahogada en losa y además se encuentra encofrada en la fachada, es decir, no se encuentra visible, se deberá redirigir la pendiente hacia el punto donde se vaya a ubicar la nueva BAP para canalización del SCALL (siempre y cuando permita realizar una nueva. Si la BAP existente en la escuela se encuentra ahogada en losa y además se encuentra encofrada en la fachada, es decir, no se encuentra visible, se deberá redirigir la pendiente hacia el punto donde se vaya a ubicar la nueva BAP para canalización del SCALL (siempre y cuando permita realizar una nueva BAP cercana al pretil o al volado de la losa)

Cuando la escuela ya cuente con bajadas que tengan un diámetro distinto a 4 pulgadas, se deberá considerar las conexiones de PVC del diámetro necesario que se requieren para conectar la tubería del SCALL

### Bajadas pluviales nuevas

Se instalarán salidas con tubería con codo 90° y Yee de 4" de polipropileno de alta densidad y deberán insertarse en la parte más baja del pretil.

La salida será auxiliada por un chaflán con mortero (cemento-arena) proporción 1:4, sin dejar oquedades en el perímetro de la tubería contra el tabique y la losa de concreto

Deberá realizarse una bajada de agua pluvial (BAP) cada 3 o 4 metros de distancia, según lo requiera el área de captación de acuerdo con su inclinación

Bajadas pluviales nuevas



## Elementos de fijación

Toda tubería que se instale tendrá que fijarse a un punto de apoyo, ya sea pared, poste, o colgada a un elemento que soporte el peso de la tubería a tubo lleno. Se evitará la obstrucción de puertas y ventanas

- La tubería deberá tener siempre un elemento de apoyo. Cuando la tubería de polipropileno de 4" vaya colgada se utilizará solera de  $\frac{3}{4}$ " de ancho con un grosor de  $\frac{3}{16}$ ", abrazadera omega de 4" cada metro, taquetes y pijas para concreto galvanizadas de  $1\frac{1}{4}$ "
- Cuando la tubería de polipropileno de 4" se encuentre pegada a la pared se utilizará abrazadera omega de 4" cada metro, taquetes y pijas para concreto galvanizadas de  $1\frac{1}{4}$ "
- En caso de claros en donde sea necesario cruzar la tubería, deberá haber una estructura que soporte el peso

Ejemplo de elementos de fijación de tubería a la pared



## Rotulación

Cada tramo de tubo de polipropileno deberá rotularse con la leyenda "AGUA PLUVIAL". Se recomienda realizar la rotulación en cada tramo de tubo antes de su colocación. Para su instalación se requiere un letrero y pintura en aerosol

Rotulación Agua pluvial en tubería



## Respiraderos

Se instalará un respiradero en la línea de canalización horizontal a una distancia de por lo menos cada dos bajadas pluviales, en la bajada vertical deberá colocarse un respiradero más. Esto se realizará con una Tee de 4", colocando una malla y abrazadera sin fin de 4"

Ejemplo de respiradero



## 2.3 FILTRACIÓN Y SEPARACIÓN DE LLUVIA

### Filtro de hojas

El filtro de hojas (dispositivo de rejillas de acero inoxidable) se colocará antes del separador de primeras lluvias, garantizando que los contaminantes de mayor tamaño no ingresen al separador ni al tanque de almacenamiento

Se colocará en la BAP a una altura máxima de 1.80 metros desde el suelo. Antes del filtro de hojas se colocará un cople de PVC hidráulico de 5" para reducir la fuerza con la que cae el agua

La distancia mínima entre el tubo de 4" y el filtro de hojas será de mínimo 4 cm, de tal manera que permita deslizar el cople hacia arriba y pasar la mano sobre la rejilla para su limpieza

Filtro de hojas



### Separador de primeras lluvias

El Separador de Primeras Lluvias garantizará que los contaminantes que el agua pueda contener debido al contacto con el área de captación (residuos, sedimentos, piedras pequeñas, etc.), no pasen al tanque de almacenamiento

Debe colocarse sobre una base nivelada, sólida y de preferencia de concreto. Cada Separador de primeras lluvias requiere un área de 50 cm x 50 cm. Debe sujetarse con un cinturón metálico, a un muro de por lo menos 50 cm de ancho

El separador de primeras lluvias se calibra con respecto al área de captación en relación de 2 litros x m<sup>2</sup>, el tanque tiene una capacidad de 200 litros, por lo que se recomienda que el área de captación máxima para cada separador sea de 100 m<sup>2</sup>

Si el área de captación es menor a 100 m<sup>2</sup>, se podrá ajustar la cantidad de lluvia que almacena colocando un tubo al interior del separador con la medida adecuada al tamaño del techo o área de captación de cada instalación

Separador de primeras lluvias



Tabla 10. Adecuación del separador de primeras lluvias

ALTURA (CM)	LAVADO (LITROS)	TECHO (M <sup>2</sup> )
105	20	10
92	40	20
69	80	40
46	120	60
23	160	80
Sin tubo	200	100

Fuente: Sedema

Para introducir el tubo calibrado a la medida del techo de captación, es necesario colocar algún lubricante tanto a la goma como en el tubo. Este debe insertarse hasta la marca indicada

Cuando la BAP vertical que conecta con el filtro de hojas y con el separador de primeras lluvias tenga una altura superior de más de 3 m, se deberá realizar un corte horizontal a una altura máxima de 2.90 m desde el piso.

Este se deberá llevar a cabo utilizando 2 codos de 90° y un tramo de tubo de polipropileno de 40 cm, con la finalidad de amortizar la entrada de agua al separador

Tubo calibrado



Instalación del separador



## 2.4 ALMACENAMIENTO

### Donde se pueden instalar los almacenamientos

El área de almacenamiento debe disponer del espacio adecuado para instalar el sistema, con base en las condiciones técnicas necesarias para la correcta instalación. Se requiere un espacio con pared propia, con el fin de que se pueda realizar la instalación, que no quede frente a ventanas y sin obstruir puertas

Tabla 11. Área necesaria para la ubicación del SCALL

COMPONENTES	ÁREA
Para un separador (50cm) + almacenamiento 2 500 L	2.5 m x 1.71 m
Para 3 separadores (50cm) + almacenamiento 5 000 L	5.0 m x 2.62 m

Fuente: Sedema

El área que se ocupará para el SCALL debe estar despejada y nivelada, sin pendientes pronunciadas (mayor a 20°), ni existencia de material de escombros o maleza.

Cuando el área de almacenamiento esté sobre terreno natural (tierra o pasto), se instalará una plancha de concreto para garantizar la durabilidad del tanque de almacenamiento

Es importante dejar un espacio de al menos 5 cm entre el tanque de almacenamiento y la pared para evitar que se genere humedad

Espacio para tanque de almacenamiento



### Donde NO se recomienda instalar los almacenamientos

- Frente a ventanas o ventanales
- Sobre una pared que no sea de la escuela. En caso contrario y si es la única opción, se deberá confirmar que se cuenta con autorización por escrito del vecino colindante con la autoridad del plantel
- Donde se obstruya el paso o se elimine el acceso de alguna de sus entradas
- Áreas con pendientes pronunciadas (mayor a 20°), zonas con riesgo de deslizamientos, derrumbes o que tengan rocas grandes que puedan rodarse

NOTA: los elementos deben instalarse en sitios cercanos entre sí, considerando en todo momento el correcto funcionamiento de cada componente

Ejemplo de dónde no instalar debido a la posible obstrucción de puertas o ventanas



Para garantizar el buen funcionamiento de la instalación se deberá asegurar que no existan goteos ni fugas en las conexiones

### Reductor de turbulencia

Es un dispositivo para suavizar la entrada del agua a la cisterna, evitando remover los sedimentos que se encuentran al fondo

- El agua de lluvia que ingresa al almacenamiento de 5 000 o 10 000 litros será a través de un empaque, un codo de 90° y un tubo vertical de 4" que amortigüe la caída del agua
- En el contenedor de 2 500 litros será a través de un empaque, un codo de 90° y un tubo vertical de 3" ya que el cinturón de ese tanque solo permite esa medida, si se perfora a 4" se daña la estructura
- Al final del tubo se colocará una Tee que tocará la base del contenedor y 2 codos de 90° para la salida del agua

### Rebosadero

Cuando el almacenamiento se encuentre a su máxima capacidad de llenado, el agua de lluvia saldrá por un tubo de desfogue de 4".

En los casos donde se instale un almacenamiento de 2 500 litros no será necesario colocar el tubo de desfogue, ya que el agua de lluvia excedente saldrá por el filtro de hojas

- La salida será a través de un empaque, un codo 45°, un codo 90°, un tubo vertical de 4" y otro codo 90° que amortigüe la caída del agua
- Al final del tubo se colocará una trampa con malla y abrazadera sin fin, que no permita el ingreso de insectos o agentes contaminantes al interior del tanque de almacenamiento

Ejemplo de rebosadero



### Base de concreto

Las cisternas se colocarán a nivel de piso y deberán contar con una base o firme de concreto, construida con materiales que garanticen soportar el peso de la cisterna, considerando su capacidad de llenado máximo de agua

Tabla 12. Medidas de la plancha de concreto

CAPACIDAD CISTERNA (L)	ALTURA (CM)	LARGO (M)	ANCHO (M)	PESO (TONELADAS)
2 500	10	1.71	1.71	2.5
5 000	10	2.62	2.62	5
10 000	10	2.62	2.62	10

Fuente: Sedema

### Base de concreto preexistente

Cuando la escuela cuente con una base de concreto preexistente (patio, explanada, cancha, pasillo), se verificará lo siguiente y no será necesaria la colocación de una nueva base:

- Que la base sea de concreto. No se admiten pisos de tierra, lechadas de cemento o sobre bloques o tabiques
- Que cuente con las medidas mínimas para los tanques de almacenamiento
- Que no se encuentren sobre registros o cisternas enterradas
- Que la colocación de la cisterna no impida las actividades de estudiantes y personal

Ejemplo de base de concreto preexistente



### Base de concreto nueva

Cuando la escuela no cuente con una base de concreto, será necesario construir la plancha tomando en cuenta lo siguiente:

- La plancha deberá garantizar su durabilidad al menos 25 años
- La preparación de la mezcla será proporción 1:4, se hará con un bulto de cemento, 4 botes de 19 litros de arena y 5 botes de grava, usando malla electrosoldada 6-6-10-10 para refuerzo
- El terminado de la base de concreto será tipo banqueta y con cepillado de escoba
- Se deberá colocar “Cinta con Advertencia”, para que personal y estudiantes no se acerquen al área de trabajo

Ejemplo de construcción de base de concreto nueva



Ejemplo de base de concreto nueva



La cisterna se colocará una vez que la base de concreto haya secado o por lo menos 24 horas después de su colocación, previa realización del curado del concreto

### Tapón con rosca para contenedor

En la parte lateral inferior de la cisterna se encuentra la conexión de salida del agua de 1½" de diámetro con rosca interna.

Se debe colocar de 3 a 5 capas de cinta teflón a la cuerda del tapón y enroscar con la mano hasta llegar al tope de la conexión. Al utilizar la llave Stilson, después de llegar al tope, apretar máximo un cuarto de vuelta (torque máximo 4,15 kg/cm o 30 lb/pie) no requiere más

### Sistema de desinfección mediante cloración

Para garantizar que el agua cosechada esté libre de microorganismos, sustancias químicas o cualquier otro agente contaminante, se colocará el clorador dentro de la cisterna

- Colocar el clorador con hilo nylon para pesca al interior del tanque de almacenamiento
- Destapar los orificios del clorador para que las pastillas tengan contacto con el agua
- Colocar pastillas de hipoclorito de calcio de 15 g en el almacenamiento

Tabla 13. Pastillas de cloro

CAPACIDAD CISTERNA (L)	PASTILLAS
1 100	1
2 500	2
5 000	4
10 000	8

Fuente: Sedema

Pastillas de cloro



### Componentes de succión

Son dispositivos que garantizan que el flujo del agua cosechada se mantenga libre de sedimentos, ya que permiten que el agua que se extrae sea la de mejor calidad del agua almacenada. Se succiona a 20 cm por debajo del nivel del agua, evitando la extracción de sedimentos

### Pichancha flotante

La pichancha o válvula de fondo hace la función de una válvula check, permitiendo el paso del agua a la tubería cuando la bomba enciende y sellarse al apagarse, evitando la pérdida de agua que contiene en la tubería

Esta función es lo que permite que la bomba esté “purgada” y que al momento de prenderla genere la succión en el almacenamiento. Una pichancha defectuosa ocasionará que la bomba no succione

Para realizar la instalación se utilizará una pichancha de polipropileno con resorte de acero inoxidable de 1", flotador, abrazadera y tornillos

### Manguera al interior del tanque

Se deberá colocar una manguera de succión de PVC, con flexibilidad, resistencia a presiones de más de 70 PSI, de 4 mm de espesor y con tolerancia de temperaturas entre 0° y 70° dentro de la cisterna. La manguera va unida a la pichancha y al flotador

Ejemplo de pichancha flotante



## 2.5 SISTEMA DE BOMBEO

### Bomba hidráulica

El sistema de bombeo consta de una bomba, de preferencia de 1 HP de fuerza, no sumergible, de energía eléctrica. Se recomienda colocarla dentro de una protección de herrería fija al muro con pijas galvanizadas para concreto de 1¼", conectado al primer centro de carga disponible de la escuela

La bomba debe encontrarse cerca del tanque de almacenamiento, el promedio es de 1.5 m; sin embargo, pueden considerarse casos en los que se exceda esta medida. Por diseño hidráulico, la distancia máxima para colocar la bomba no debe exceder 3.5 m

Sistema de bombeo y purgado de bomba



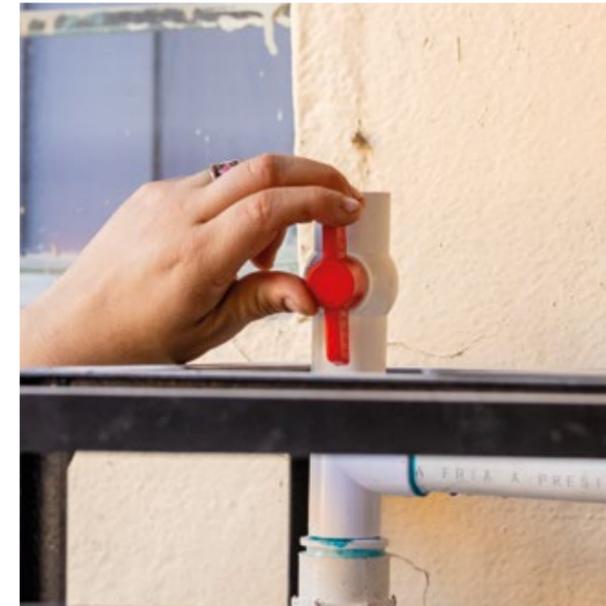
El llenado del almacenamiento secundario se realizará de forma manual, es decir, se requiere prender y apagar manualmente la bomba mediante el interruptor termomagnético que se instala junto con el SCALL

### Purgado de bomba

Para purgar la bomba se deberá realizar lo siguiente:

1. Poner la llave de purga en posición paralela al sistema (abierto)
2. Verter agua hasta que se sature (cuando deja de entrar agua)
3. Una vez llena, se coloca la llave en forma perpendicular al sistema (cerrada)
4. Por último encender la bomba para verificar su correcto funcionamiento

1. Abrir llave



2. Verter agua



3. Cerrar llave



4. Encender bomba



## Instalación eléctrica

La instalación eléctrica de la bomba no deberá alterar la instalación eléctrica del plantel. Para realizar la conexión eléctrica se requiere:

- Metros de cable THW Cal. 12 necesarios de la bomba al primer centro de carga disponible
- 1 Interruptor o pastilla de 15 amperes
- 1 Centro de carga
- Cinta de aislar
- Tubería de PVC (Conduit), curvas y cajas cuadradas necesarias, desde la bomba hasta el primer centro de carga disponible. Deberá fijarse siempre a la pared ya sea con abrazaderas tipo omega o uña, a cada 2 m

Ejemplos de conexión eléctrica



Para realizar la conexión se deberá realizar lo siguiente:

- Para la conexión del interruptor a la bomba utilizar cable
- Colocar cable para llegar hasta el primer centro de carga disponible y conectar
- Se debe evitar “colgarse” a cableados existentes que pasen por el área de instalación

## 2.6 CANALIZACIÓN DESDE LA MANGUERA DE SUCCIÓN A LA BOMBA HIDRÁULICA

La canalización se realizará con tubería y conexiones de PVC hidráulico de 1". Se incluirá una tuerca unión que permita desmontar el sistema de succión para realizar el mantenimiento y lavar la cisterna de almacenamiento. Para la instalación se utilizará:

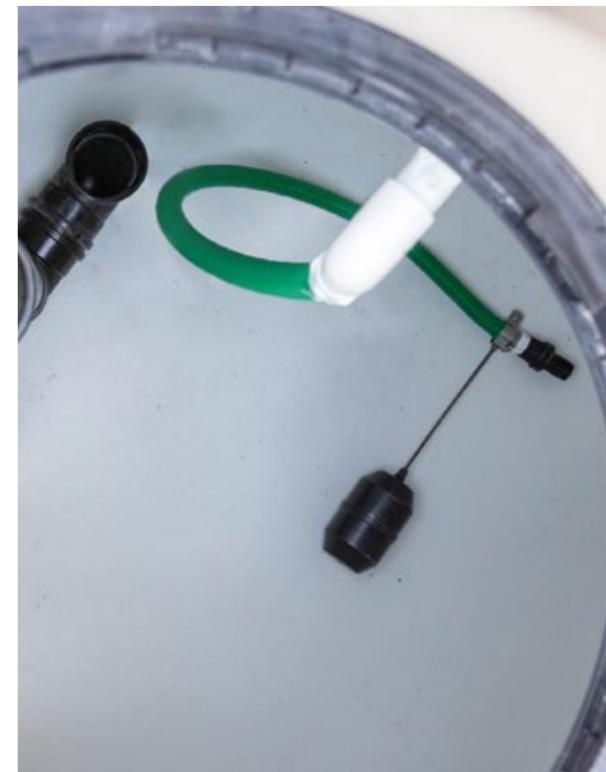
- Tubos y codos de PVC hidráulico de 1"
- Pegamento de PVC
- Cinta teflón
- Tuerca unión de 1"

Se deberá considerar un codo 90° y un tramo de tubo mínimo de entre 15 y 20 cm de PVC hidráulico de 1" de entrada a la cisterna para su conexión con la manguera de succión, a fin de que la pichancho pueda funcionar adecuadamente

### Medidor volumétrico

Debe colocarse después de la salida del tanque de almacenamiento y antes de la bomba, en posición horizontal. Para realizar la instalación se utilizará un medidor volumétrico, un conector hembra de PVC hidráulico de 3/4" y cinta teflón

Conexión al interior del tanque



Medidor volumétrico



### Filtro de sedimentos

Se recomienda instalar un filtro de sedimentos de polipropileno de 50 o 130 micras después de la bomba. Para realizar la instalación se utilizará un filtro de sedimentos, un conector hembra de pvc hidráulico de ¾ y cinta teflón

Ejemplo de filtro de sedimentos

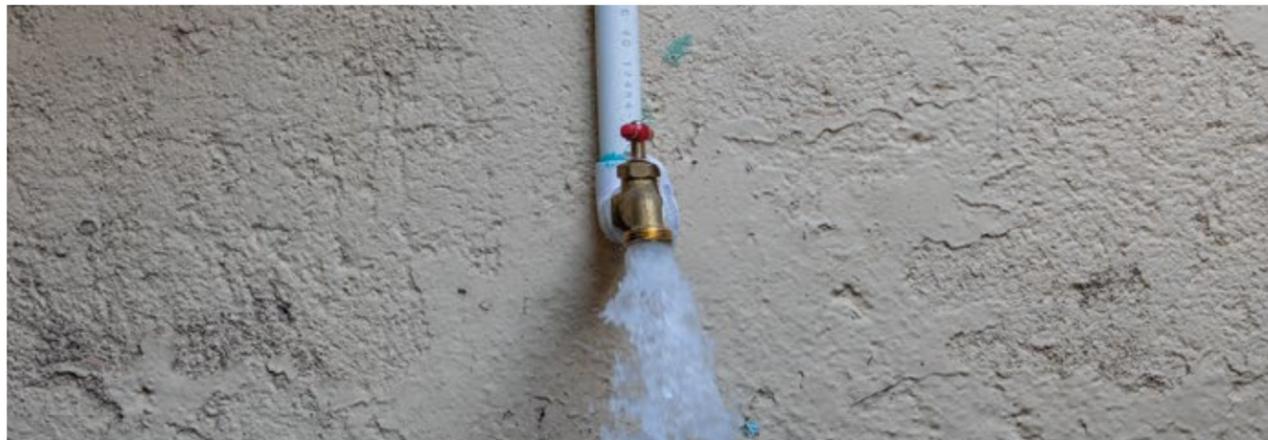


### Llave nariz

La llave intermedia tipo nariz permitirá disponer de agua a nivel de piso, se colocará después de la bomba y del filtro de sedimentos, deberá colocarse a una altura máxima de 60 cm. Para realizar la instalación se utilizará el siguiente material:

- Llave nariz de ¾"
- Tubos y codos de pvc hidráulico de ¾"
- Conector hembra de ¾"
- Omegas, taquetes y pijas
- Válvula tipo esfera de ¾"

Ejemplo de llave nariz



## 2.7 CANALIZACIÓN DESDE LA BOMBA HASTA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO SECUNDARIO Y A LA INSTALACIÓN HIDRÁULICA

### Canalización e instalación hidráulica preexistente

- La canalización se realizará con tubería y conexiones de pvc hidráulico de ¾" desde la bomba hasta llegar al contenedor secundario
- Toda la tubería deberá fijarse a la pared en el techo con abrazadera omega o de uña cada 2m
- Las perforaciones del techo se sellarán con impermeabilizante
- La tubería deberá conectarse a la instalación hidráulica preexistente del plantel
- Se instalará una válvula o llave de paso que permita regular el flujo de agua

### Tanque de almacenamiento secundario

El tanque de almacenamiento secundario se ubicará junto a los tinacos existentes y deberá estar a la misma o menor altura que los tanques con los que cuente el plantel, con la finalidad de que el agua de lluvia no fluya hacia los tanques existentes. Adicionalmente, se instalará una válvula tipo check para evitar la interconexión entre el agua potable y el agua pluvial

Figura 5. Válvula check



El tanque secundario se colocará sobre una base de herrería a nivel y deberá estar bien sujeta al techo del inmueble para evitar desplazamientos o movimientos. El tanque se sujetará a la base de herrería pudiendo ser con un torzal de alambre

### Conexión de agua pluvial del tanque secundario a la red de agua preexistente

Para realizar la conexión del tanque secundario con la red de agua preexistente, se debe verificar que la tubería del plantel se encuentre en condiciones aceptables para ser intervenida

Si el plantel educativo cuenta con tubería de acero galvanizado, PPR, PVC o cobre desde los tinacos hacia el núcleo de baños, se determinará el arreglo hidráulico necesario para realizar la conexión sin importar la medida

Ejemplo de conexión de agua pluvial del tanque secundario a la red de agua preexistente



En caso de que el plantel educativo cuente con tubería compartida desde el tinaco hacia el núcleo de baños, comedor, conserjería u otra área, la instalación deberá ser intervenida con el fin de que se dirija a los sanitarios de manera independiente, para lo cual se determinará el arreglo hidráulico necesario para realizar la conexión

## 3. LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO

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

### Limpeza del área de captación

El techo del edificio donde se capte el agua se debe de barrer y lavar (con agua y cloro), la basura que se recolecta debe desecharse en un contenedor evitando que caiga en las bajantes

Barrer el techo



Lavar con agua y cloro



### Limpeza de los filtros

**Filtro de hojas:** Después de cada lluvia se recomienda pasar la mano sobre el filtro de hojas para retirar las hojas de árboles y otros desechos que hayan sido arrastrados desde el techo. De ser necesario, se puede tallar con un cepillo

**Filtro de sedimentos:** El filtro cuenta con una tapa de rosca que abre al girarla en el sentido de las manecillas del reloj, permitiendo sacar la malla, la cual se debe de enjuagar cada semana bajo el chorro de agua de la llave, de ser necesario limpiar con un cepillo de dientes. Si no se limpia correctamente el filtro se puede obstruir y reducir el flujo de agua hacia el tinaco o tanque de almacenamiento secundario

Limpeza del filtro de hojas



Limpeza del filtro de sedimentos



### Vaciar el Separador de primeras lluvias

**Al inicio de la temporada de lluvia:** Dejar abierta la válvula que se encuentra en la parte de abajo de los separadores, durante las dos primeras lluvias, para no captar esa agua

**Durante las siguientes lluvias:** Vaciar el separador al término de cada lluvia abriendo la válvula, una vez vacío, debe cerrarse nuevamente para que cumpla con su función de separar el agua de las siguientes lluvias.

Cuando el tanque de almacenamiento se encuentre a su máxima capacidad. Se deberá dejar abierta la válvula para evitar que se rebose. Así mismo, se deberá dejar abierta la válvula cuando no se encuentre nadie en el plantel educativo (vacaciones, puentes, etc.)

### Lavado de tanques de almacenamiento

Se recomienda lavar el interior de los tanques por lo menos cada 6 meses con agua y jabón para eliminar los sedimentos que pudieran encontrarse en la cisterna. Además, deben lavarse los elementos que se encuentran al interior del tanque de almacenamiento como el reductor de turbulencias y la manguera de la pichanca flotante

El tanque cuenta con un tapón en la parte inferior que puede removerse para permitir la salida de líquido durante su limpieza. Al terminar el lavado, se debe colocar de nuevo, utilizando cinta teflón para un cierre hermético

Drenado de separador de primeras lluvias



Limpieza del tanque de almacenamiento



El área donde se ubica el tanque debe estar limpia, libre de hierba, suciedad de animales de compañía y cualquier otro agente contaminante que pueda favorecer la propagación de insectos, gusanos, bacterias, entre otros

### Clorador

Se debe verificar que el dosificador de cloro contenga pastillas y que los orificios de este no se encuentren tapados, de ser así, deben destaparse con una aguja u objeto similar

Pastillas al interior de clorador



Limpieza de los orificios del clorador



CAPACIDAD TANQUE L	PASTILLAS
1 100 L	1
2 500 L	2
5 000 L	4
10 000 L	8

Fuente: Sedema

**En temporada de lluvias:** Es cuando hay más captación, (por lo general del 15 de mayo al 30 de noviembre), el clorador se debe revisar semanalmente

**En temporada de secas:** Cuando hay menos captación (diciembre a abril), el tanque puede utilizarse para almacenar agua de la red, retirando el clorador. Una vez que empiece la temporada de lluvias, el sistema debe utilizarse para captar y aprovechar el agua pluvial

**En periodos vacacionales:** En los casos de que no se utilice el agua almacenada por más de una semana (como los periodos vacacionales) puede retirarse el clorador flotante, con el fin de evitar una sobrecloración del agua

## Bomba centrífuga

La bomba se encarga de direccionar el agua del tanque principal al contenedor secundario. Cuando se instala el sistema se realiza una “purga” a la misma (para sacar el aire y permitir el paso de agua). Si la bomba no se ha utilizado durante semanas, es posible que sea necesario realizar una nueva purga antes de volver a utilizarla

### IMPORTANTE:

No tocar la electrobomba mientras se encuentre funcionando

### Instrucciones para purgar la bomba en caso de no funcionar cuando se active:

1. Poner la llave de purga en posición paralela al sistema (abierta)
2. Verter agua hasta que se sature (cuando deja de entrar agua)
3. Una vez llena, se coloca la llave en forma perpendicular al sistema (cerrada)
4. Por último encender la bomba para verificar su correcto funcionamiento

Purgado de bomba



## Periodicidad del mantenimiento a cada componente

- Área de captación: al inicio y durante la temporada de lluvias
- Filtro de hojas: después de cada lluvia
- Filtro de sedimentos: cada semana
- Separador de primeras lluvias: después de cada lluvia
- Tanques de almacenamiento: cada seis meses. En zonas donde hay muchos árboles y/o tierra suelta es importante revisar el tanque de almacenamiento antes de que se coseche lluvia o antes de usarlo con agua de red, ya que, de contener sedimentos y/u hojas, será necesario lavarlo antes de su uso
- Clorador: semanalmente
- Bomba centrífuga: antes de su uso

Es importante hacer una revisión detallada antes de cada temporada de lluvias para tener la mejor calidad de agua posible en el sistema cosechador

Tabla 14. Periodicidad de mantenimiento del SCALL

COMPONENTES DEL SCALL	ACTIVIDAD	PERIODICIDAD
Área de captación	Limpieza (barrido y lavado de techo) con escoba y detergente	Al inicio y durante la temporada de lluvias
Filtro de hojas	Limpieza de sedimentos como hojas, tierra, ramas, etc.	Después de cada lluvia
Filtro de sedimentos	Limpieza interior de la unidad mediante el uso de cepillo y agua	Semanalmente
Separador de primeras lluvias	Drenado del tanque mediante apertura y cierre de válvula de 1.5"	Después de cada lluvia
Tanque de almacenamiento (principal y secundario)	Lavado y desinfectado de los tanques con el uso de escoba, detergente biodegradable y cloro	Cada 6 meses (2 veces al año) antes de temporada de lluvias y antes de almacenar agua potable
Clorador	Revisión y adición de pastillas de cloro	Semanalmente
Bomba centrífuga	Revisión de correcto funcionamiento de la válvula provisional en la tubería	Antes de su uso

Fuente: Sedema

**Consideraciones:** siempre se recomienda realizar el mantenimiento /cambios de los componentes según los lineamientos de cada proveedor



# EJEMPLO INSTALACIÓN DEL SISTEMA EN UNA ESCUELA

## INSTALACIÓN DEL SISTEMA EN UNA ESCUELA

Este sistema se instaló en una escuela, donde los usos del agua se limitan a limpieza, sanitarios, lavamanos y riego

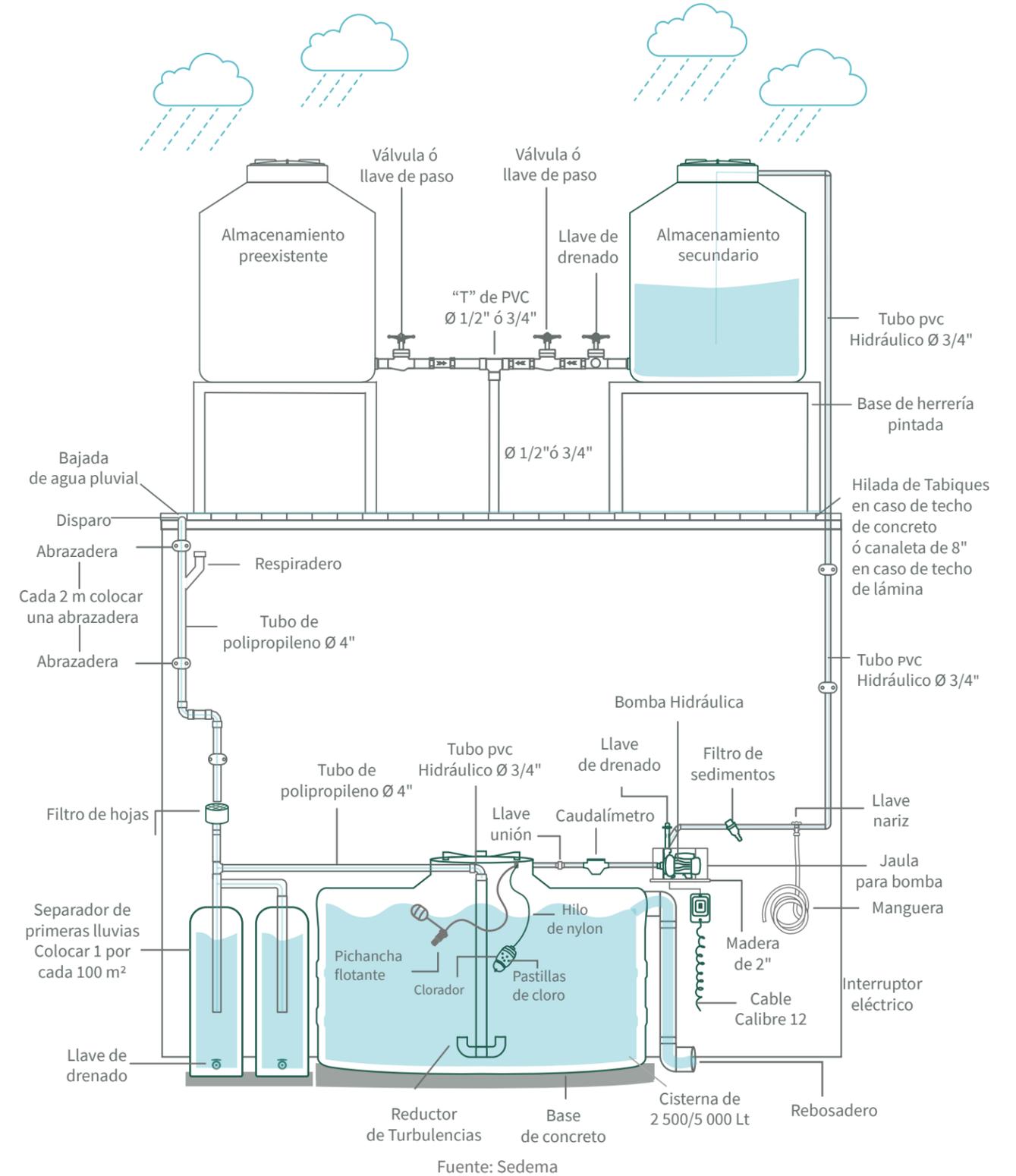
- Área del techo dedicada a la captación: 98.4 m<sup>2</sup>
- Volumen de agua pluvial aprovechable: 98.4 m<sup>2</sup> x 1,289 x 0.85 = 107,812 L
- Usos del agua captada: limpieza, sanitarios, lavamanos y riego

Tabla 15. Componentes del SCALL (ejemplo)

COMPONENTES DEL SCALL (EJEMPLO)		
CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS	
Superficie de captación	Área de captación	98.4 m <sup>2</sup>
	Material	Losa de concreto (coeficiente de captación de 0.95)
Centralización y distribución	Horizontal	Hilada de tabique ligero (200 mm), tubo de polipropileno de alta densidad de 4" (100mm), pendiente de 2%
	Vertical	Tubo de polipropileno de alta densidad de 4" (100 mm)
	Conexiones	Polipropileno de alta densidad de 4"; conexión entre almacenamientos de pvc hidráulico cédula 40; tren de filtrado montado en tubo de PVC hidráulico cédula 40
Pretratamiento	Separación de primeras lluvias	Separación por acumulación. Mecanismo de bloqueo por aire. Se separa 1 L/m <sup>2</sup> (98 L). Con válvula tipo esfera para drenado
	Filtro de hojas	Filtro de malla de acero inoxidable de 400 micras desmontable, integrado a la bajante interna del separador de lluvias
	Sedimentación y decantación	En el almacenamiento preliminar, por reducción de turbulencia y succión flotante
Almacenamiento Pluvial	Capacidad	1) Cisterna de 2 500 L 2) Almacenamiento secundario de 1 100 L en techo
	Tipo	1) Cisterna roto moldeado tricapa 2) Tanque roto moldeado tricapa
	Rebosadero	En cisterna
Bombeo	Bomba hidráulica centrífuga de 1 caballo de fuerza	
Filtración y tratamiento	Primario	Filtro plisado contra sedimentos de 50 micras

Fuente: Sedema

Diagrama 14. Infografía (ejemplo)



Fuente: Sedema



# INFORMACIÓN ADICIONAL

## INFORMACIÓN ADICIONAL

En la siguiente página se encuentran recursos útiles para la instalación y mantenimiento de los SCALL:

### Programa Cosecha de Lluvia

[sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/cosecha-de-lluvia](http://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/cosecha-de-lluvia)

### Directorio de empresas instaladoras:

[sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/CosechaDeLluvia/Directorio\\_Empresas\\_Instaladoras\\_SCALL.pdf](http://sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/CosechaDeLluvia/Directorio_Empresas_Instaladoras_SCALL.pdf)

### Directorio de personas instaladoras:

[sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/CosechaDeLluvia/DirectorioPersonasInstaladoras.pdf](http://sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/CosechaDeLluvia/DirectorioPersonasInstaladoras.pdf)

### Manual de instalación:

[sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/DGCPCA/ManualCosecharlalluvia.pdf](http://sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/DGCPCA/ManualCosecharlalluvia.pdf)

### Manual de mantenimiento:

[sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/CosechaDeLluvia/MANUAL\\_EDC\\_Mantenimiento\\_digital.pdf](http://sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/CosechaDeLluvia/MANUAL_EDC_Mantenimiento_digital.pdf)

### Video de mantenimiento:

[youtube.com/watch?v=LEJUkrav4bE](https://youtube.com/watch?v=LEJUkrav4bE)





# ANEXO 1

## CÁLCULOS

## CÁLCULO DEL TECHO

Se tomará cualquier superficie como área plana, huella o desplante. Una vez medidas las distancias lineales (en metros) de los lados que forman el techo, se procede a calcular el área o superficie (en m<sup>2</sup>) 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<sup>11</sup>

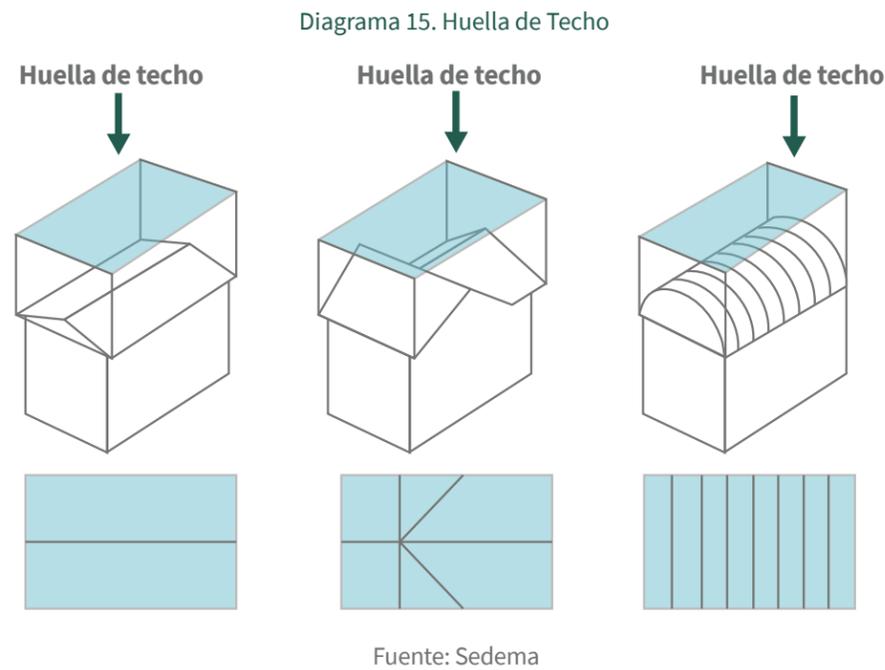


Tabla 16. Cálculo del área de techo

FIGURA	FÓRMULA PARA CALCULAR EL ÁREA
Rectángulo	Largo x Ancho
Cuadrado	Lado x Lado
Círculo	3.1416 x Radio x Radio
Triángulo	Base x Altura entre 2

Fuente: Sedema

<sup>11</sup> profesorenlinea.cl/geometria/AreasCalculode.htm

## CANTIDAD DE LLUVIA DEL SITIO DONDE SE INSTALARÁ EL SISTEMA. PRECIPITACIÓN PLUVIAL

Es necesario conocer las estadísticas de precipitación pluvial promedio de la zona. 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 se puede cosechar cada temporada de lluvias. Algunas fuentes recomendadas son:

- Servicio Meteorológico Nacional / Conagua<sup>12</sup>
- Calculadora para el aprovechamiento de lluvia<sup>13</sup>

**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) y una pendiente de 2% (recomendada), un tubo horizontal de 100 mm de diámetro puede centralizar y conducir el agua de un techo de hasta 246 m<sup>2</sup>

## DIMENSIONAMIENTO DE LAS BAJADAS PLUVIALES

La elección del diámetro de la tubería horizontal, vertical y canaleta se ejemplifica en las tablas a continuación. La intensidad de lluvia de la 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<sup>14</sup>

El número contenido en el cruce de la fila y la columna representa el área de techo máxima recomendada, de acuerdo con la pendiente, el diámetro y la intensidad de lluvia

Ver la siguiente tabla

<sup>12</sup> smn-conagua-gob-mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologi-cas-por-estado

<sup>13</sup> capitalsustentable-shinya-pps-io/calculadora/

<sup>14</sup> tiempo-com/ram/447/analisis-de-la-intensidad-de-precipitacion-metodo-de-la-intensidad-contigua

Tabla 17. Dimensionamiento de las bajadas horizontales

ÁREA DEL TECHO DEDICADA A LA CAPTACIÓN EN PROYECCIÓN HORIZONTAL m <sup>2</sup>															
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	2,128	3828	186	426	1212	2604	4688	214	492	1396	3008	5414
60	127	290	825	1173	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	297	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

Fuente: Sedema

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

Tabla 18. Dimensionamiento de las bajadas verticales

ÁREA DEL TECHO DEDICADA A LA CAPTACIÓN EN PROYECCIÓN HORIZONTAL m <sup>2</sup>					
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	1,592	
90	76	231	550	1,416	
100	68	208	495	1,274	2,737
110	62	189	450	1,158	2,488
120	57	173	412	1,062	2,281
130	52	160	381	980	2,105
140	49	149	354	910	1,955
150	45	139	330	849	1,825
160	42	130	309	796	1,711
170	40	122	291	749	1,610
180	38	116	275	708	1,521
190	36	109	261	671	1,441
200	34	104	247	639	1,368

Fuente: Adaptado de la Guía para la elaboración de sistemas alternativos<sup>15</sup>

<sup>15</sup> hidroluviales.com/wp-content/uploads/2018/01/GUIA\_TECNICSACMEX-191215.pdf

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

Tabla 19. Dimensionamiento de canaletas

ÁREA DEL TECHO DEDICADA A LA CAPTACIÓN EN PROYECCIÓN HORIZONTAL m <sup>2</sup>					
PENDIENTE DE INCLINACIÓN DE CANALETA	ANCHO DE CANALETA (")	INTENSIDAD 50 mm/h	INTENSIDAD 75 mm/h	INTENSIDAD 100 mm/h	INTENSIDAD 125 mm/h
1%	3	45	30	22	18
	4	95	63	47	38
	6	253	169	126	101
	8	521	348	260	208
2%	3	63	42	32	25
	4	134	89	67	54
	6	357	238	179	143
	8	740	494	370	269
3%	3	89	60	45	36
	4	190	126	95	76
	6	515	344	258	206
	8	1042	649	521	417

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 208 m<sup>2</sup>

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" con pendiente de 2% puede canalizar el agua de un techo de hasta 370 m<sup>2</sup>

## DIMENSIONAMIENTO PARA EL ALMACENAMIENTO

El objetivo es volver eficiente la cosecha de lluvia y hacer una buena inversión. Se debe considerar el volumen de agua que se puede cosechar. El cálculo se realiza de la siguiente manera:

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

Hay dos condiciones que se deben considerar cuando se realiza el cálculo:

- Si las condiciones de lluvia de la región o las características del techo no permiten cosechar toda el agua que se necesita
- Cuando hay más lluvia que la que se puede consumir

### Formas de hacer el cálculo

#### a) Cálculo por aguacero promedio

Se puede 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 Ciudad de México de junio a noviembre)

En muchos casos ya se cuenta con estadísticas de consumo que se pueden 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 la inversión

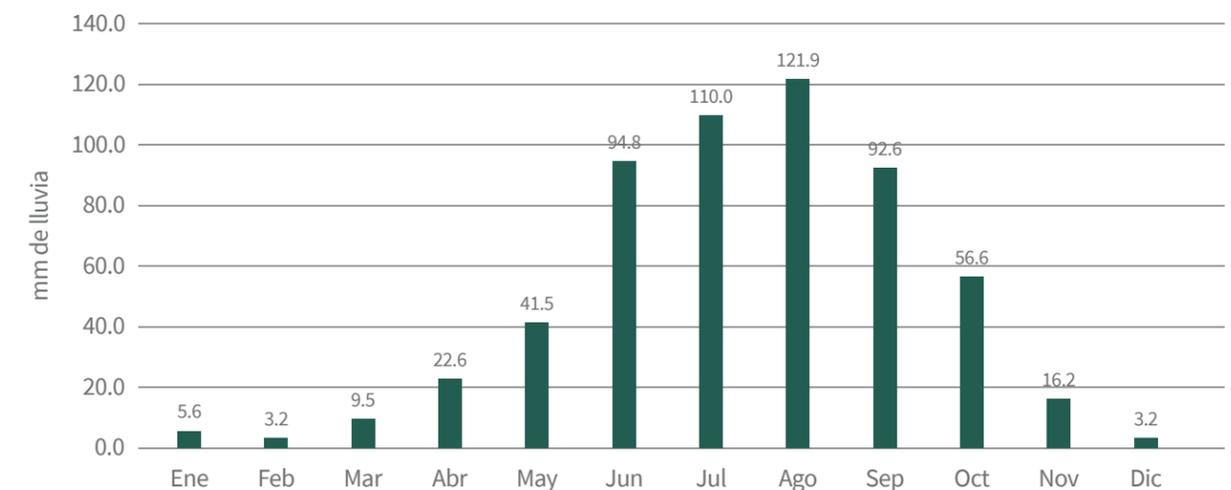
Por ejemplo: Superficie de captación por aguacero promedio diario por coeficiente de captación:  $50 \text{ m}^2 \times 35 \text{ mm} \times 0.85 = 1,487.5 \text{ Litros}$   
Se puede recurrir a un tanque de almacenamiento comercial de 1 100 o 2 500 Litros

#### 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

Figura 6. Precipitaciones mensuales de la Ciudad de México (promedio 2018-2023, Conagua)

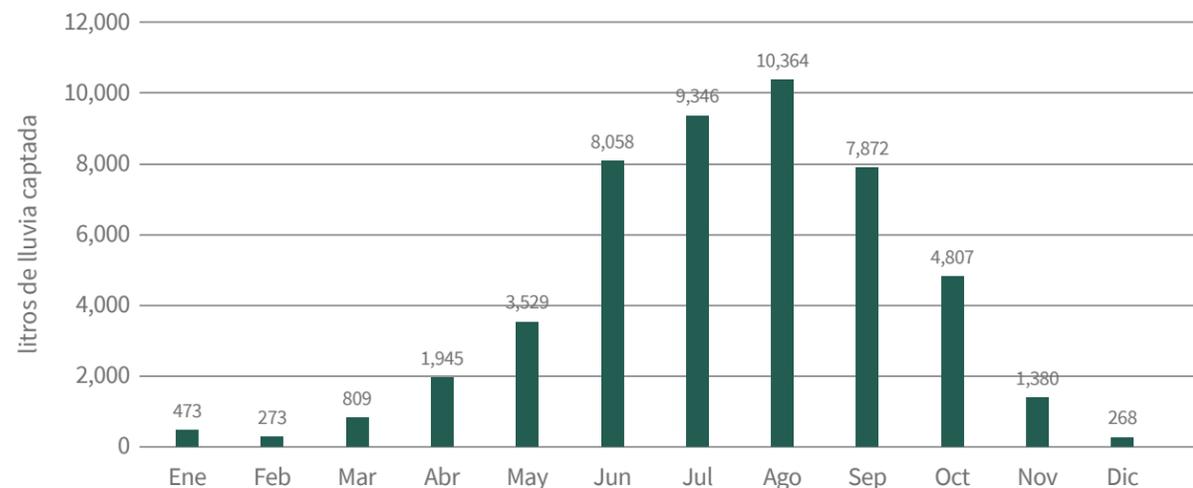


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CONAGUA<sup>16</sup>

<sup>16</sup> smn-conagua-gob-mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias

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

Figura 7. Volumen mensual de lluvia cosechable -100 cm<sup>2</sup>



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CONAGUA

### 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 edificación. Se puede hablar de autonomía cuando el volumen de agua cosechable sobrepasa el consumo

Para aumentar el periodo de autonomía es necesario acumular los excedentes no consumidos. En este caso, es necesario aplicar un cálculo por acumulación

Ver la siguiente tabla

Tabla 20. Cálculo por acumulación. 100 m<sup>2</sup>, coeficiente de captación de 0.85

MES	PRECIPITACIÓN	LITROS CAPTADOS	ACUMULACIÓN DE LLUVIA	DEMANDA	ACUMULACIÓN DE DEMANDA	% DE DEMANDA SATISFECHA	DIFERENCIA
Junio	94.8	8,058	8,058	8,000	8,000	<b>101%</b>	58
Julio	110.0	9,346	17,404	8,000	16,000	<b>109%</b>	1,404
Agosto	121.9	10,364	27,768	8,000	24,000	<b>116%</b>	3,768
Septiembre	92.6	7,872	35,641	8,000	32,000	<b>111%</b>	3,641
Octubre	56.6	4,807	40,447	8,000	40,000	<b>101%</b>	447
Noviembre	16.2	1,380	41,827	8,000	48,000	<b>87%</b>	-6,173
Diciembre	3.2	268	42,095	8,000	56,000	<b>75%</b>	-13,905
Enero	5.6	473	42,568	8,000	64,000	<b>67%</b>	-21,432
Febrero	3.2	273	42,841	8,000	72,000	<b>60%</b>	-29,159
Marzo	9.5	809	43,650	8,000	80,000	<b>55%</b>	-36,350
Abril	22.9	1,945	45,595	8,000	88,000	<b>52%</b>	-42,405
Mayo	41.5	3,529	49,124	8,000	96,000	<b>51%</b>	-46,876
<b>Total</b>	<b>577.9</b>	<b>49,124</b>	-	<b>96,000</b>	-	<b>82%</b>	-

Fuente: Sedema

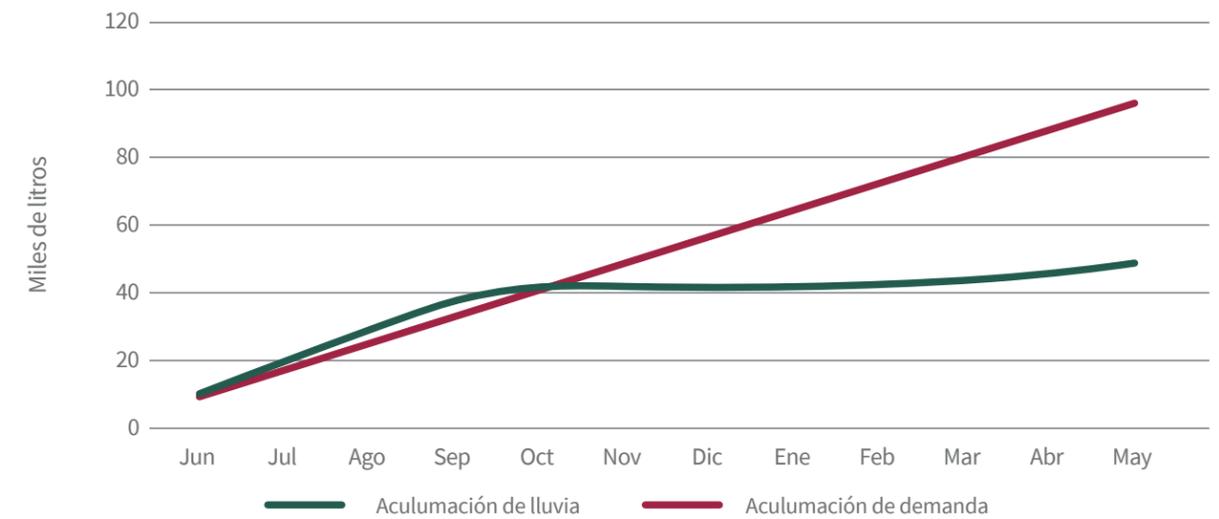
Tabla 21. Cálculo por acumulación. 200 m<sup>2</sup>, coeficiente de captación de 0.85

MES	PRECIPITACIÓN	LITROS CAPTADOS	ACUMULACIÓN DE LLUVIA	DEMANDA	ACUMULACIÓN DE DEMANDA	% DE DEMANDA SATISFECHA	DIFERENCIA
Junio	94.8	18,692	16,116	8,000	8,000	201%	8,116
Julio	110.0	18,692	34,808	8,000	16,000	218%	18,808
Agosto	121.9	20,729	55,536	8,000	24,000	231%	31,536
Septiembre	92.6	15,745	71,281	8,000	32,000	223%	39,281
Octubre	56.6	9,614	80,895	8,000	40,000	202%	40,895
Noviembre	16.2	2,760	83,654	8,000	48,000	174%	35,654
Diciembre	3.2	536	84,190	8,000	56,000	150%	28,190
Enero	5.6	946	85,136	8,000	64,000	133%	21,136
Febrero	3.2	547	85,683	8,000	72,000	119%	13,683
Marzo	9.5	1,618	87,301	8,000	80,000	109%	7,301
Abril	22.9	3,890	91,191	8,000	88,000	104%	3,191
Mayo	41.5	7,058	98,249	8,000	96,000	102%	2,249
<b>Total</b>	<b>577.9</b>	<b>98,249</b>	-	<b>96,000</b>	-	<b>164%</b>	-

Fuente: Sedema

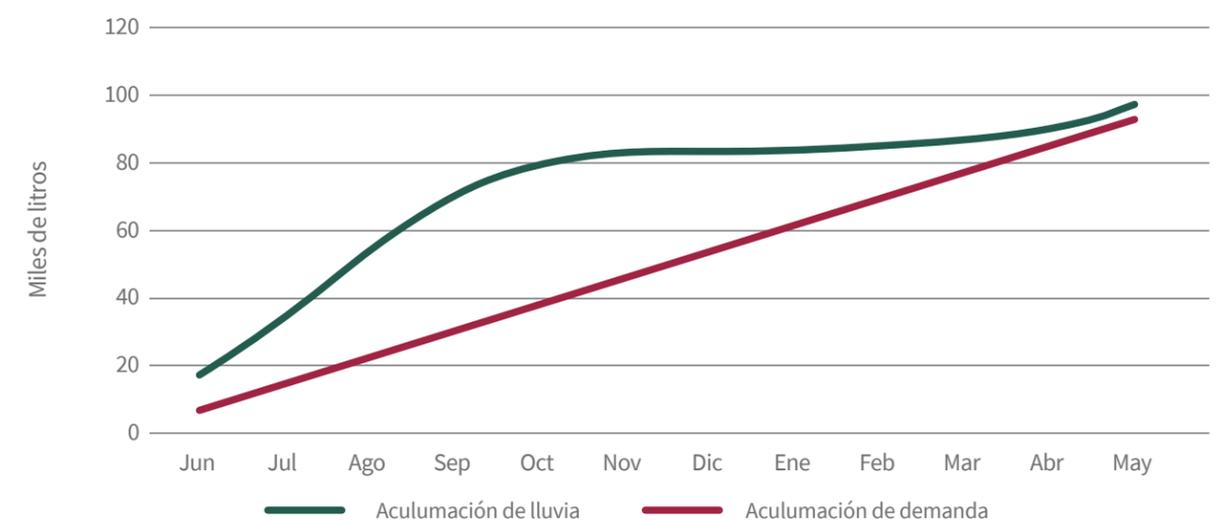
Por ejemplo: La tabla muestra el cálculo por acumulación con 200 m<sup>2</sup> de superficie de captación y un consumo de 8,000 litros mensuales. La diferencia máxima ocurre en octubre con un volumen de almacenamiento recomendado de 40,895 litros, será autónomo todo el año

Figura 8. Periodo de autonomía 90 m<sup>2</sup>



Fuente: Sedema

Figura 9. Periodo de autonomía 160 m<sup>2</sup>



Fuente: Sedema

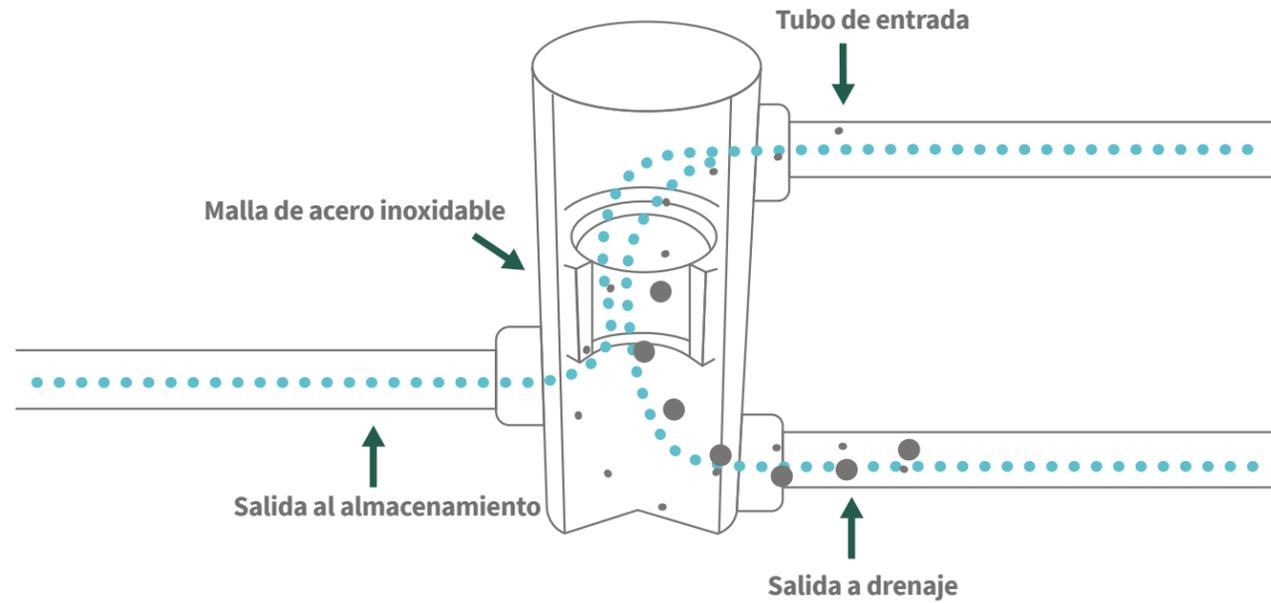


## ANEXO 2

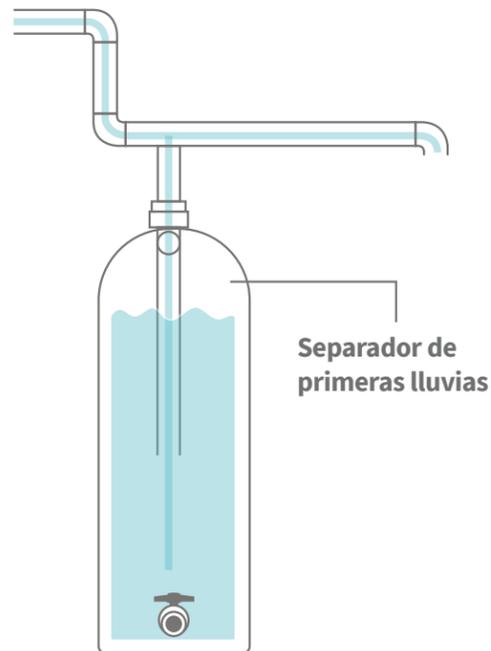
### OPCIONES DE EQUIPOS

# SEPARADORES DE PRIMERAS LLUVIAS

## Desviación tipo vortex

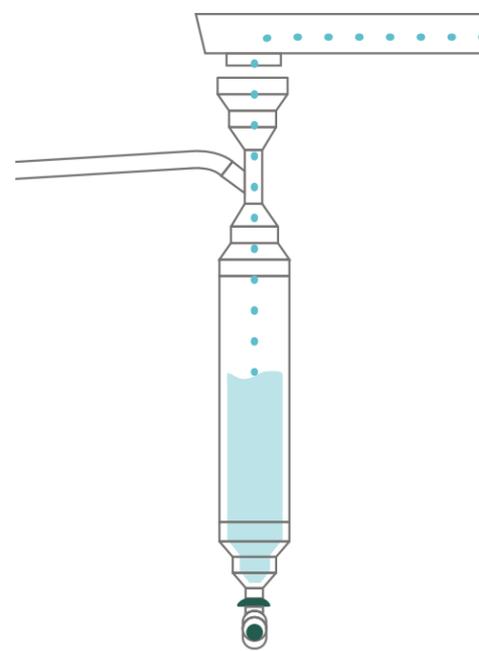


## Separación en tanque



Fuente: Sedema

## Separación en tubo



Fuente: Sedema

# ALMACENAMIENTO

Tabla 22. Comparación de materiales y tipos de almacenamiento

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mampostería (Block o concreto armado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicados en subsuelo, no ocupan espacio en superficie</li> <li>• El cemento alcaliniza el agua y la mantiene fresca y de buena calidad</li> <li>• Fácil mantenimiento y larga vida útil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los costos pueden ser elevados según la capacidad deseada</li> <li>• Requiere una gran disponibilidad de espacio en el subsuelo</li> <li>• Se deben construir en sitio</li> <li>• Requiere excavación</li> </ul>
Roto moldeado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo comparado con las otras opciones (debajo de 10 000 litros)</li> <li>• Se adquiere hecho y listo para usar</li> <li>• Existen muchas marcas, opciones y capacidades, adaptables a cada contexto</li> <li>• Alta disponibilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poco práctico en términos de transporte (transportan su capacidad en volumen de aire)</li> <li>• Ocupan espacio en superficie por lo que requieren un piso plano que sea capaz de aguantar su peso una vez lleno</li> <li>• Se encuentran en tamaños específicos (generalmente de 450; 1 100; 2 500; 5 000; 10 000 litros)</li> </ul>
Ferrocemento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy bajo costo de materiales</li> <li>• Alta disponibilidad de materiales</li> <li>• Se pueden hacer en cualquier tamaño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocupan espacio en superficie por lo que requieren un piso plano que sea capaz de aguantar su peso una vez lleno</li> <li>• Un muy alto porcentaje terminan presentando agrietamientos / fugas que son difíciles o imposibles de reparar</li> <li>• Requiere experiencia y capacidad técnica específica</li> </ul>
Geomembrana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidades (volumen) adaptables a las necesidades del contexto</li> <li>• Posibilidad de implementación en contextos diversos</li> <li>• Se puede embalar y transportar de forma eficiente</li> <li>• Permite llevar grandes volúmenes de almacenamiento en muy poco espacio, y llegar a lugares de difícil acceso</li> <li>• Es barato en costo por litro a partir de los 20 000 litros (se abarata conforme aumenta el volumen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se construye en superficie, por lo que requiere espacio al aire libre</li> <li>• Alto costo para capacidades menores a 20 000 litros</li> <li>• Material frágil que se puede perforar y es difícil de parchar</li> <li>• Requiere materiales y mano de obra especializada</li> </ul>

Fuente: Sedema

# FILTRACIÓN Y TRATAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA

## Tratamiento primario

Tabla 23. Tratamiento primario

TRATAMIENTO PRIMARIO				
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 74° 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 retro lavable	Arena sálica

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

## Tratamiento secundario

La filtración se diseñará para obtener la calidad de agua deseada en un tiempo de operación máximo de 12 horas. Se deben revisar las especificaciones con el fabricante o proveedor para cubrir el flujo y la demanda diaria y obtener el volumen esperado de lluvia captada

Es importante considerar la disponibilidad y los costos de repuestos de los medios filtrantes utilizados. El tratamiento primario puede ser suficiente en sistemas para usos no potables

Tabla 24. Tratamiento secundario

TRATAMIENTO SECUNDARIO				
USOS RECOMENDADOS	ACCIÓN	TIPO DE CARTUCHO O MEDIO	FILTROS COMERCIALES EN EL MERCADO	CARACTERÍSTICAS
Lavado de ropa blanca	Retención de contaminantes disueltos y suspendidos Con un rango de 1 a 20 micras	Medio filtrante sólido	Carbón en bloque	El nivel de tratamiento 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 aluminio silicatos 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

Fuente: Sedema

## Tratamiento terciario

Tabla 25. Tratamiento terciario

TRATAMIENTO TERCIARIO				
USOS RECOMENDADOS	ACCIÓN	TIPO DE CARTUCHO O MEDIO	FILTROS COMERCIALES EN EL MERCADO	CARACTERÍSTICAS
Uso potable: regaderas, lavamanos, lava trastes, 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

Fuente: Sedema

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

## Purificación

Existe una 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 distribuidores e implementar un purificador en función de las necesidades de cada usuario

Figura 10. Ejemplo de un tren de filtrado para uso potable + purificación



Tabla 26. 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)	No permiten el paso a contaminantes más grandes que su tamaño de poro. Requieren presión y retro lavado			
Microfiltración (de 0.1 a 1 micras)				
Ultrafiltración	Ofrece una alta garantía por sus características contra microorganismos así como olor y color			
Nanofiltración (de 0.001 a 0.01 micras)				
Ozono	Requieren de gravedad y llenado manual independiente de la red			
Diversos filtros con cartuchos integrados				
Diversos pasos incluyendo desinfección				

Fuente: Sedema

# GLOSARIO

**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

**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

**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

**Agua de lluvia cosechada.** Los volúmenes de agua captados mediante infraestructura, equipos y sistemas de recolección o captación de agua pluvial

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

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

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

**Coefficiente 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)

**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

**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

**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

**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

**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

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

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

**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)

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

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

**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 utiliza en sistemas mixtos (sistemas en los que convive agua de la red municipal con agua de lluvia)

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

**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

**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)

**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

**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

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

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

**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

**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

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

**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

**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.

**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

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

**Separación 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<sup>2</sup> de superficie de captación)

**Sistema de doble flotador.** 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

**Sistemas mixtos.** Sistemas de captación de lluvia en los que el almacenamiento sirve tanto para agua de lluvia como agua de la red municipal

**Válvula antirretorno (check).** Válvula que permite el flujo de agua en una sola dirección, evitando el retroceso y la entrada de agua o animales en el almacenamiento

# REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Akkerman, Paul (2019). Calabash Cistern Manual. Rain water harvesting in Africa [degevuuldewaterkruij.nl/assets/uploads/pdf/2019/calabash-manual-en.p](https://degevuuldewaterkruij.nl/assets/uploads/pdf/2019/calabash-manual-en.p)
- 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
- Ballén Suárez, José Alejandro; Galarza García, Miguel Ángel; Ortiz Mosquera, Rafael Orlando, (2006), historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. [sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/BALLEN%20et%20al.%202006.%20Historia%20de%20los%20sist%20de%20aprovechamiento%20agua%20lluvia.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/BALLEN%20et%20al.%202006.%20Historia%20de%20los%20sist%20de%20aprovechamiento%20agua%20lluvia.pdf)
- Conagua, Banco Mundial (2013), Agua urbana en el Valle de México. ¿Un camino verde para mañana?, Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, Banco Mundial
- Conagua, Resúmenes mensuales de lluvia y temperatura (2018-2023) [smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvia](https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvia)
- 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
- Gobierno de la Ciudad de México. (2016). Programa de Derechos Humanos de la Ciudad de México, Cap. 6, Derecho al Agua y al Saneamiento, 2016. [pdh.cdmx.gob.mx/programa](https://pdh.cdmx.gob.mx/programa)
- 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
- Kimmelman, Michael (2017), “Ciudad de México, al borde de una crisis por el agua”, The New York Times. [nytimes.com/interactive/2017/02/17/world/americas/mexico-city-sinking-es.html](https://nytimes.com/interactive/2017/02/17/world/americas/mexico-city-sinking-es.html)
- 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
- MEJOREDUCO, (2021). Detrás de los números, infraestructura escolar. Educación en movimiento, 2(1), 7-8. [mejoredu.gob.mx/images/publicaciones/boletin-2/Boletin-01\\_2\\_ed\\_movimiento.pdf](https://mejoredu.gob.mx/images/publicaciones/boletin-2/Boletin-01_2_ed_movimiento.pdf)
- 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
- Reynoso, A. (2019). El derecho humano al agua y las contradicciones urbanas y regionales del abastecimiento del agua a la Ciudad de México. In F. Carrión & J. Erazo (Eds.), El derecho a la ciudad en América Latina: visiones desde la política (pp. 109–124). CLACSO. [doi.org/10.2307/j.ctvt6rm0z.9](https://doi.org/10.2307/j.ctvt6rm0z.9)
- Robles, S y Valdéz, A. (2018). Agua, Higiene y Saneamiento, guía para docentes. Fundación Río Arronte, Fundación Emilio Moro y Unicef México. Ciudad de México. [unicef.org/mexico/media/1836/file/agua\\_higiene\\_y\\_saneamiento\\_docentes.pdf](https://unicef.org/mexico/media/1836/file/agua_higiene_y_saneamiento_docentes.pdf)
- Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex), (2020), Guía de elaboración de sistemas alternativos, Sacmex, Ciudad de México
- Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex), (2023), Fuentes de Abastecimiento de Agua Potable en la Ciudad de México. [aguaentucolonia.sacmex.cdmx.gob.mx/#/supply-source](https://aguaentucolonia.sacmex.cdmx.gob.mx/#/supply-source)
- Texas Water Development Board (2005), The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 3rd ed., Austin, Texas
- UNICEF. Agua, higiene y saneamiento. [unicef.org/mexico/agua-higiene-y-saneamiento#:~:text=Cuando%20las%20escuelas%20no%20cuentan,los%20estudiantes%20se%20ve%20afectado](https://unicef.org/mexico/agua-higiene-y-saneamiento#:~:text=Cuando%20las%20escuelas%20no%20cuentan,los%20estudiantes%20se%20ve%20afectado)
- 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.



GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DEL  
MEDIO AMBIENTE