

SEQUÍA: UN RETO EN LA REDUCCIÓN DE DESASTRES

Centro Nacional de Prevención de Desastres

Marzo de 2024



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN EL CENAPRED

Ing. Moisés Gómez Méndez



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

CIUDAD DE MÉXICO, 21 DE MARZO DE 2024

PARTE 1

ANTECEDENTES



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

¿QUÉ ES LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA? ¿QUÉ ES EL SCALL?



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Aprovechar el agua que se precipita a la superficie terrestre para el **uso o consumo** de esta.

El **Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL)** es el conjunto de elementos de conducción, dispositivos de tratamiento y elementos de almacenamiento que permiten el aprovechamiento del agua de lluvia.

MARCO JURÍDICO

- **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos: Art. 4.**

- **Ley de Aguas Nacionales: Art. 1.**

- **Constitución Política de la Ciudad de México: Arts. 9.**

- **Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua de la Ciudad de México: Arts. 27, 77 IV BIS, 86 BIS 1, 106, 107, 110, 111, 125 BIS 3, 125 BIS 4.**

- **Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal: Arts. 53, 58, 89, 124.**

- **Reglamento Interior del Poder Ejecutivo y de la Administración Pública de la Ciudad de México: Art. 199.**

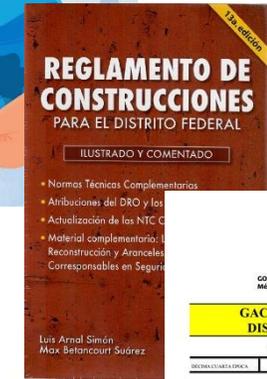
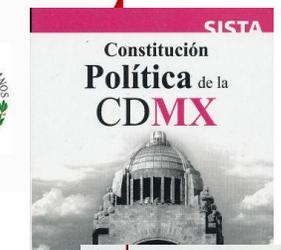
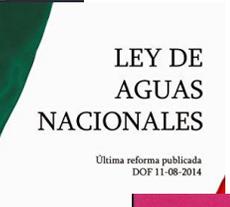
- **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalación Hidráulica.**



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES



¿CUÁNDO ES PLAUSIBLE?

- Precipitación media anual ≥ 400 mm
- Suficiente área de captación
- Suficiente espacio de instalación
- Condiciones de instalación actual **óptimas** o **\$ razonable** para **acondicionamiento**.

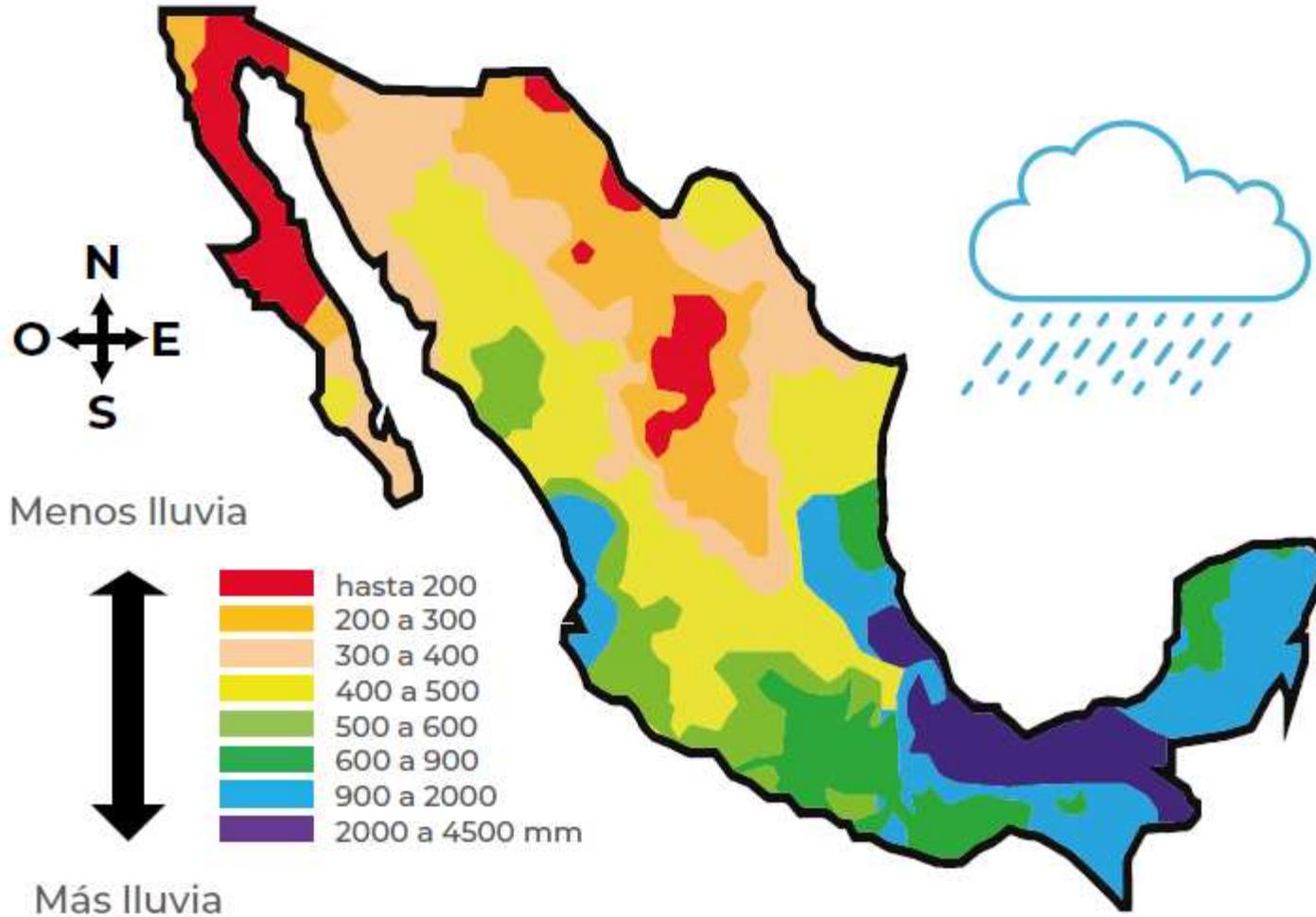
Ventajas

- Disminuye la sobreexplotación de acuíferos y otras fuentes.
- Alivia la presión en sistemas de drenajes.
- Reduce o elimina costos por transporte y distribución de agua en pipas.

Limitaciones

- Ineficaz en zonas de baja precipitación (menor a 400 mm).
- Requiere áreas de captación considerables.
- Posible inversión inicial elevada, dependiendo del uso que se vaya a dar al agua.
- En zonas de mucha lluvia es posible que exista una excedencia que no será aprovechada.

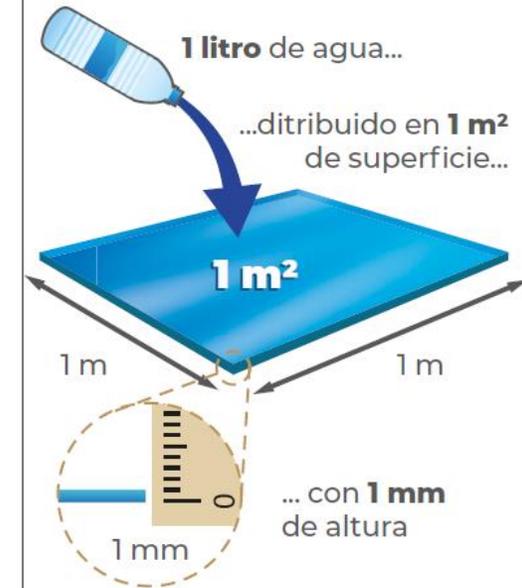
DISTRIBUCIÓN DE LLUVIA EN MÉXICO



¿Cómo se mide la lluvia?

La lluvia se mide en milímetros, lo cual equivale a 1 l/m^2 .

1 mm de lluvia equivale a:

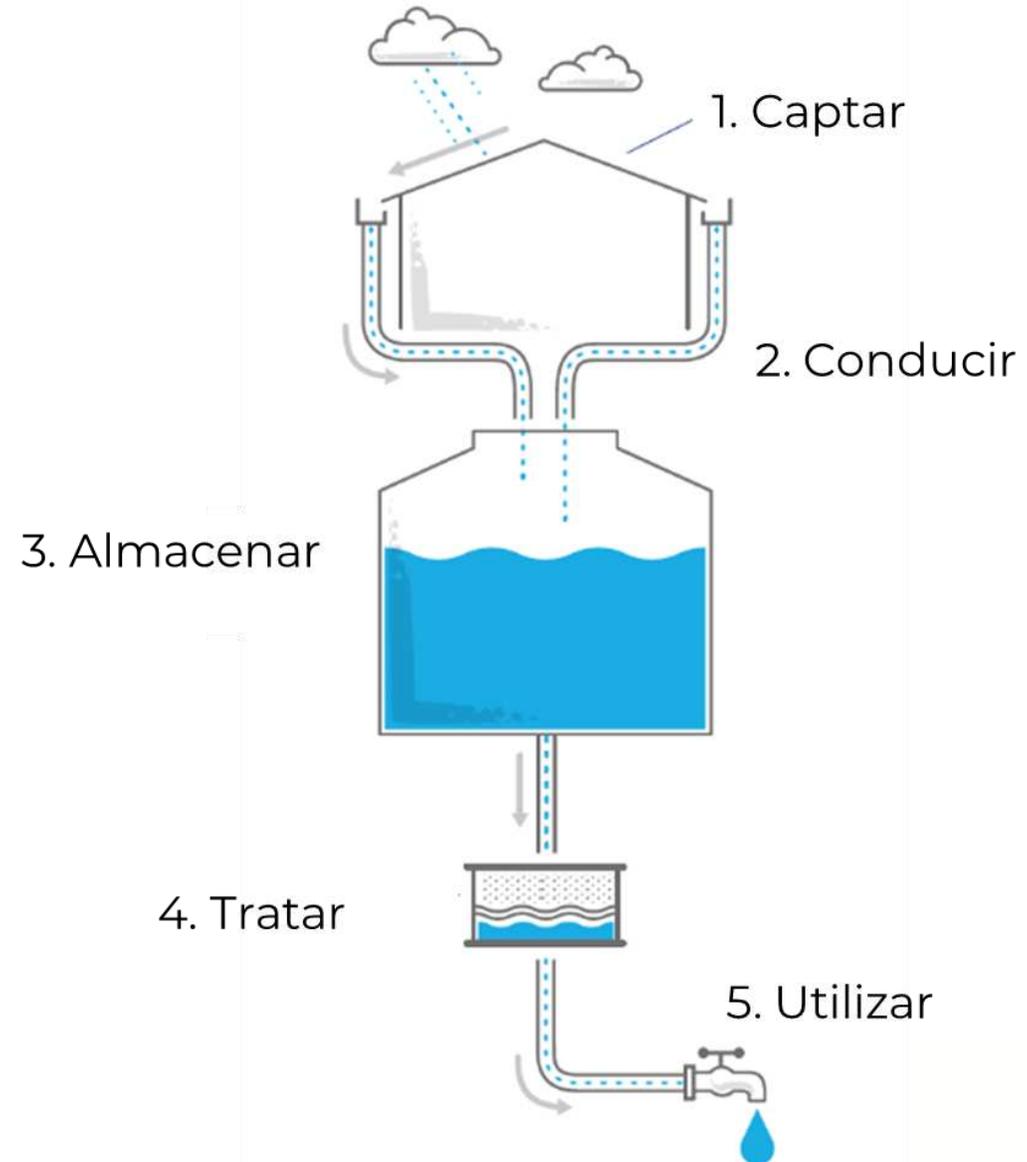


ETAPAS DE LA CAPTACIÓN DE LLUVIA



Las etapas que componen el proceso de aprovechamiento pluvial son:

1. Captación
2. Conducción
3. Almacenamiento
4. Tratamiento
5. Circulación-Uso



Cosechar la lluvia, Manual para instalarlo en tu vivienda (2020; Sedema)

ETAPAS DE LA CAPTACIÓN DE LLUVIA



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

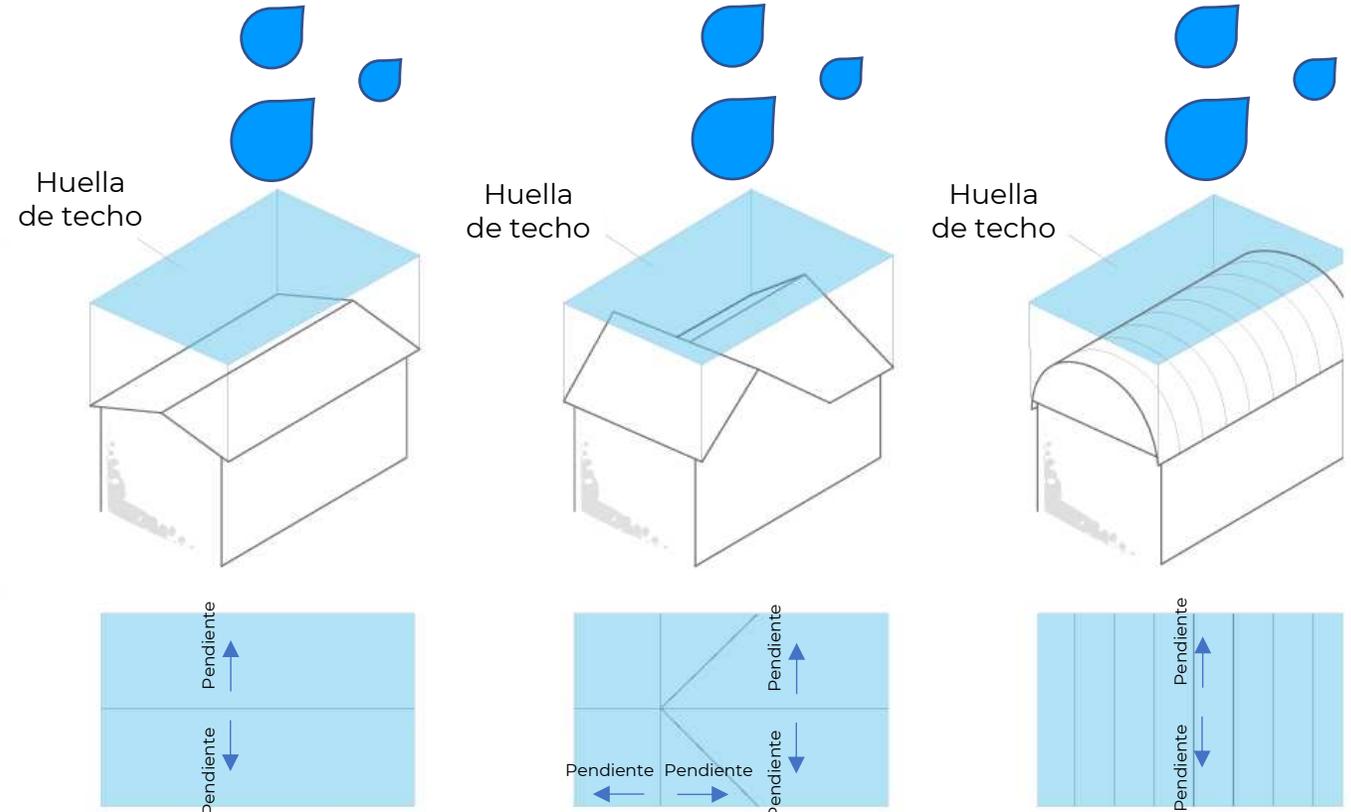


CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

1

La **captación** consiste en el aprovechamiento de las superficies en los edificios para conducir por gravedad el agua que cae y concentrarla en puntos.

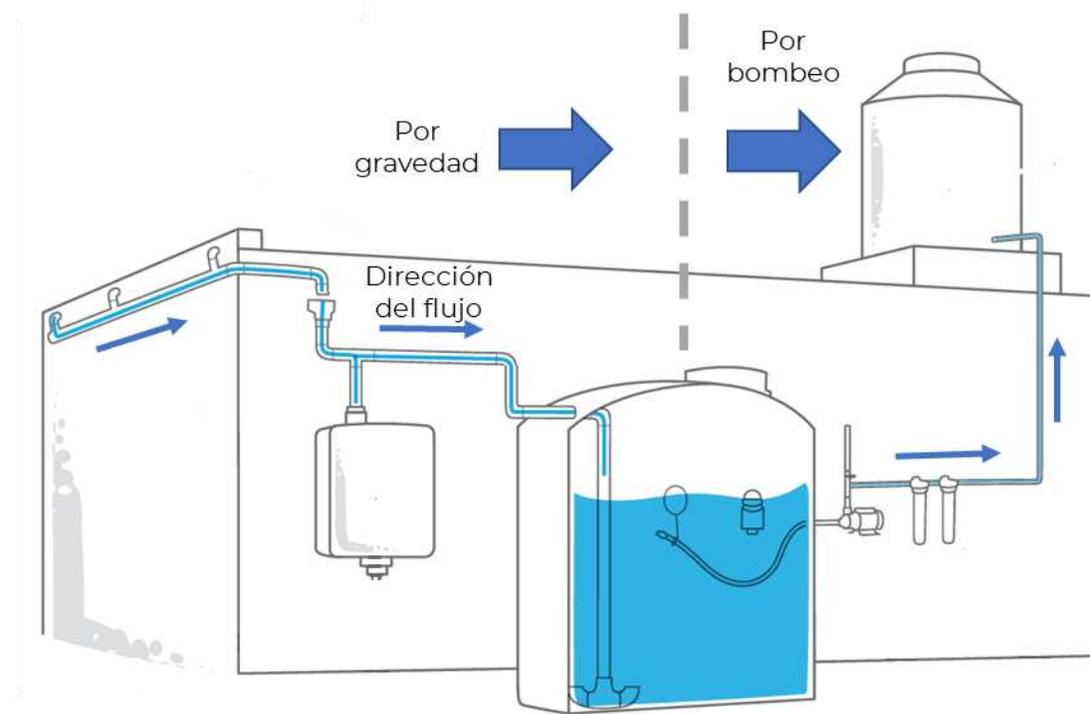
Dicha superficie se conoce como *superficie de captación*, y debe estar en condiciones físicas óptimas y con los materiales adecuados para aportar agua de buena calidad.



Cosechar la lluvia, Manual para instalarlo en tu vivienda (2020; Sedema)

2

Conducción es la etapa continua en la que se lleva el agua desde la superficie de captación al tanque de almacenamiento primario y finalmente a la red existente.



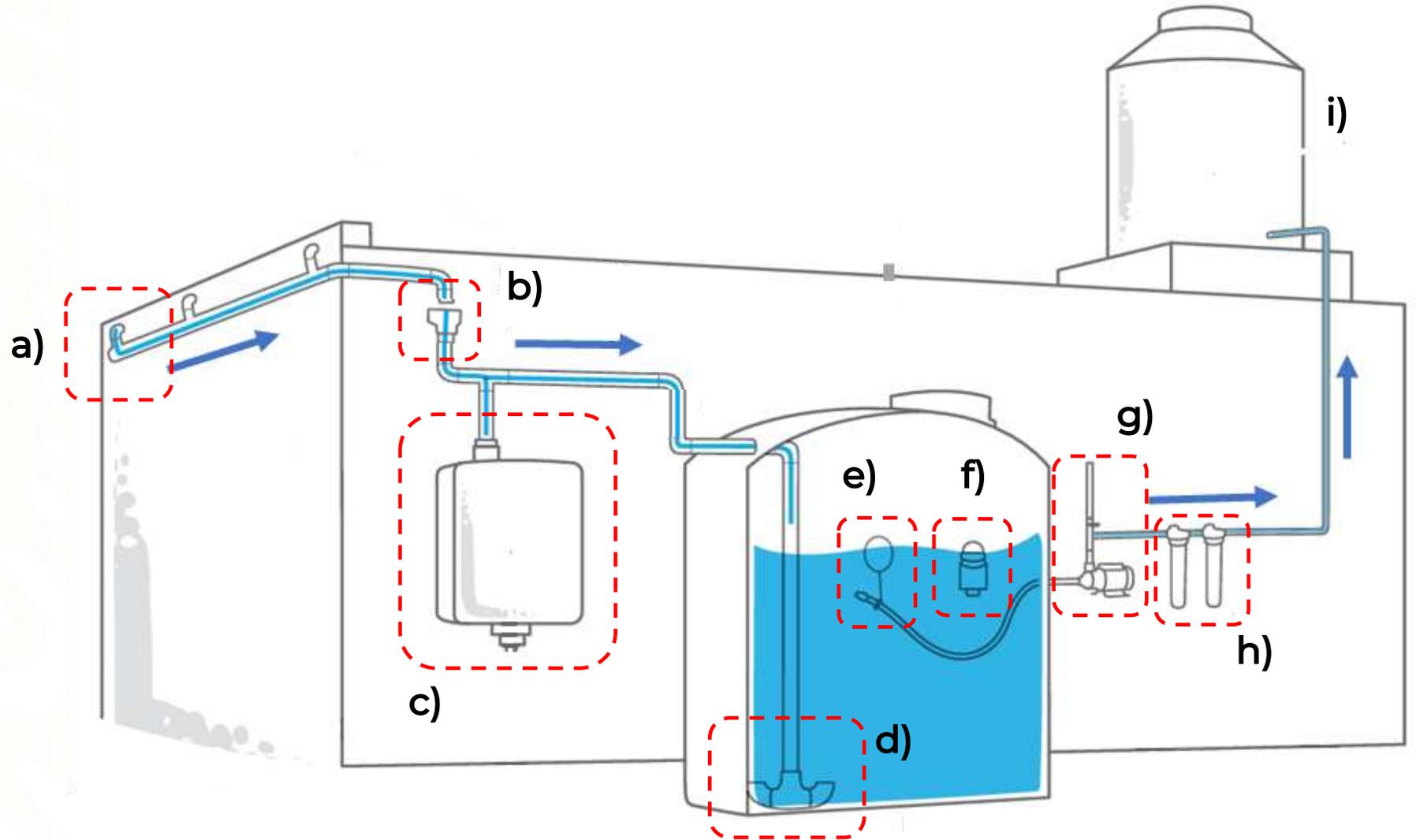
Cosechar la lluvia, Manual para instalarlo en tu vivienda (2020; Sedema)

ETAPAS DE LA CAPTACIÓN DE LLUVIA



2

- a) Drenos o disparos
- b) Filtro de hojas
- c) Separador de primeras lluvias
- d) Reductor de turbulencias
- e) Pichancho con flotador
- f) Depósito de pastillas
- g) Bomba
- h) Filtros de partículas finas
- i) Depósito

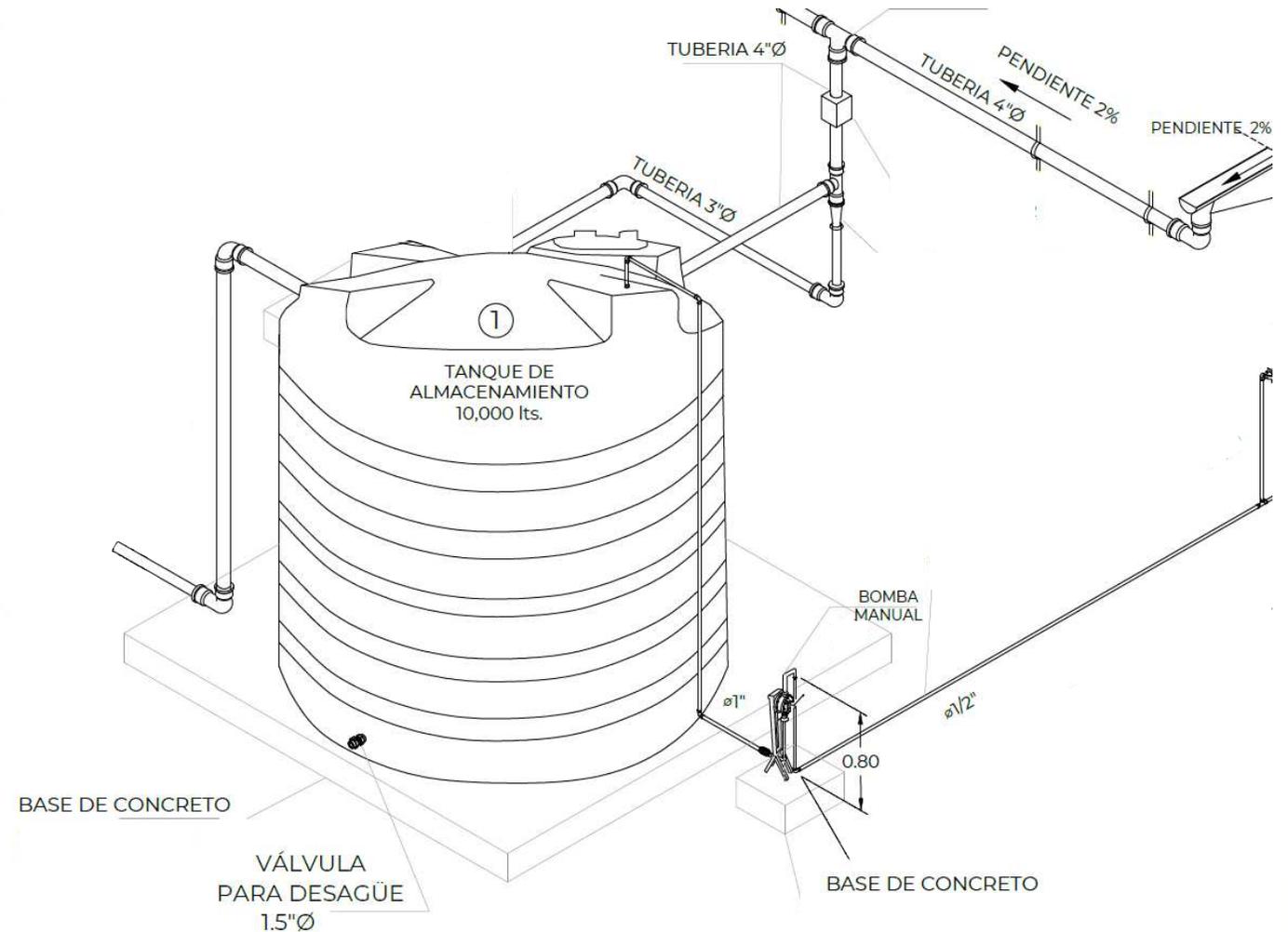


Cosechar la lluvia, Manual para instalarlo en tu vivienda (2020; Sedema)

ETAPAS DE LA CAPTACIÓN DE LLUVIA

3

En el **almacenamiento** se colecta el agua captada en el llamado tanque almacenamiento primario, dentro del cual se encuentra el reductor de turbulencias, la toma flotante y el dispositivo de cloración.



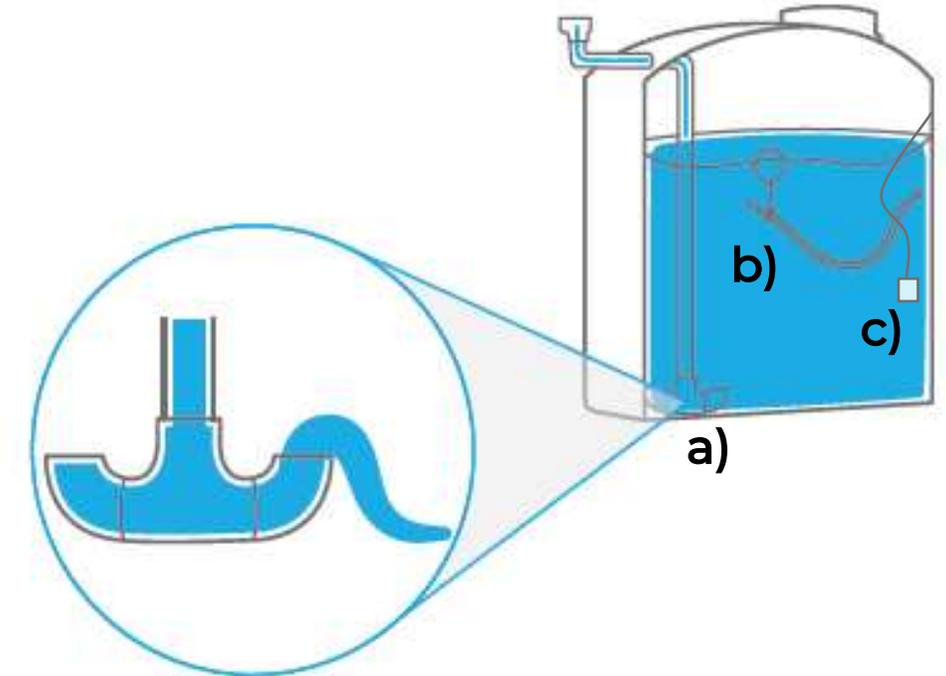
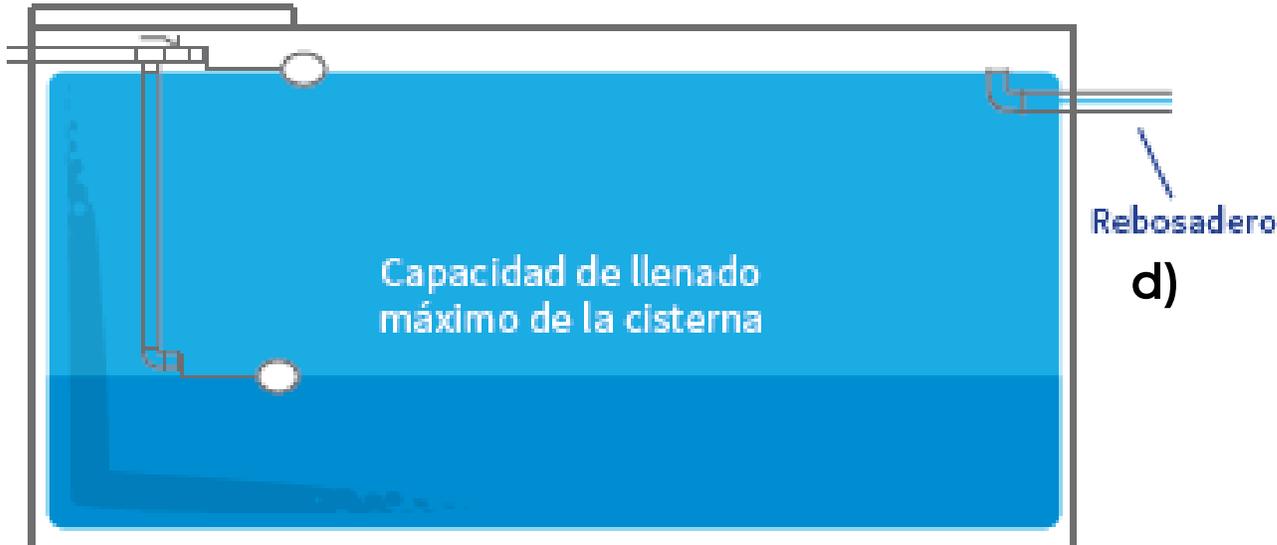
Proyectos tipo y presupuestos de sistemas de captación de agua de lluvia (2023; Conagua)

ETAPAS DE LA CAPTACIÓN DE LLUVIA



3

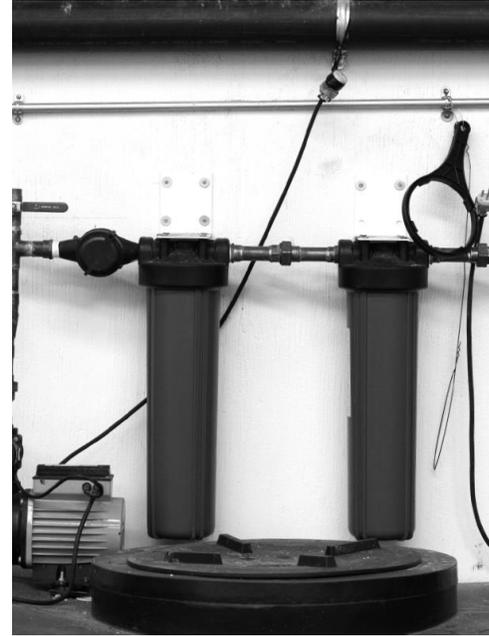
- a) Reductor de turbulencias
- b) Toma flotante
- c) Dispositivo de cloración
- d) Rebosadero



4

El **tratamiento** se centra en retirar los diversos contaminantes de manera que el agua alcance ciertas características que sean compatibles con el fin para el que se requiere. Existen **tres niveles de tratamiento**:

- Primario
- Secundario
- Terciario



Cosechar la lluvia, Manual para instalarlo en tu vivienda (2020; Sedema)

ETAPAS DE LA CAPTACIÓN DE LLUVIA



4

Tratamiento primario				
Usos recomendados	Acolón	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 retrolavable	Arena sílica	También conocida como arena de sílice, es un medio filtrante usado desde la antigüedad*		

Primario

Tratamiento secundario				
Usos recomendados	Acolón	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 aluminosilicatos microporosos
		Se mezcla con el medio filtrante granular	KDF (<i>Kinetic Desintegration Fluxion</i>)	Reduce o elimina metales pesados, cloro y microorganismos, en combinación con carbón activado granular

Secundario

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

Terciario

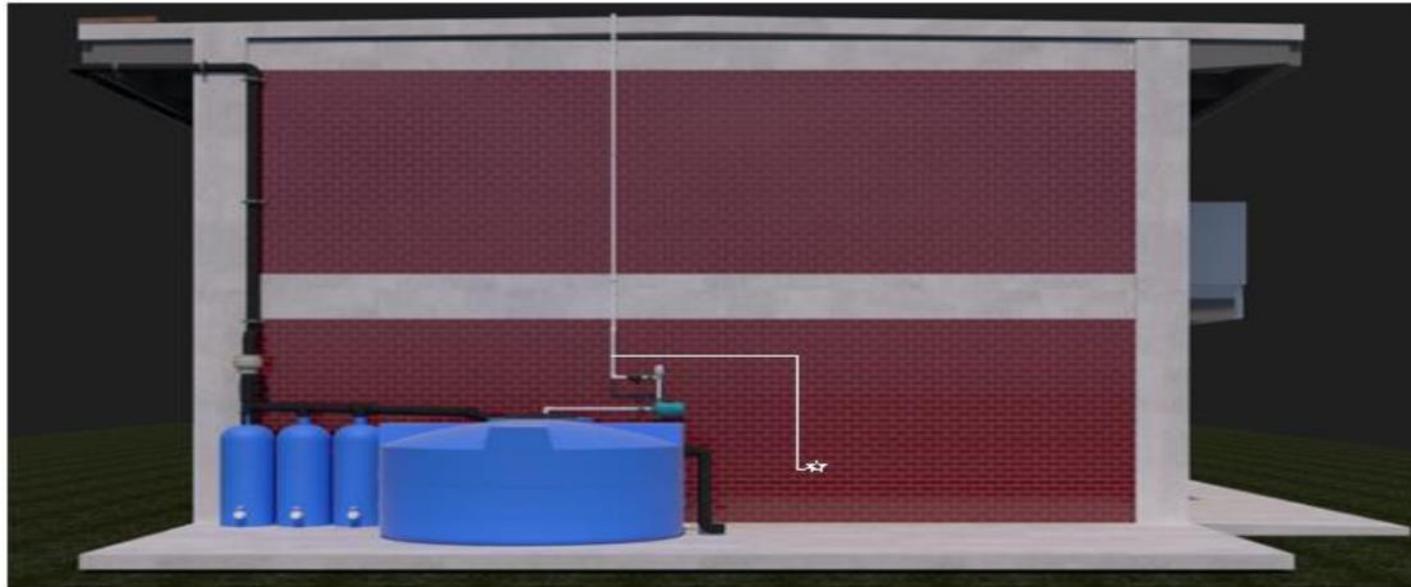
Cosechar la lluvia, Manual para instalarlo en tu vivienda (2020; Sedema)

ETAPAS DE LA CAPTACIÓN DE LLUVIA



La **circulación** y **uso** se llevan a cabo por medio de bombeo, cuando se conecta el SCALL por medio de un tanque secundario a la instalación existente. Puede haber en esta fase dispositivos adicionales de tratamiento.

5



Manual de instalación. Cosecha de lluvia 2024 (2024; Sedema)

PARTE 2

PROYECTO EN EL CENAPRED



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

POTENCIAL DE CAPTACIÓN EN EL CENAPRED

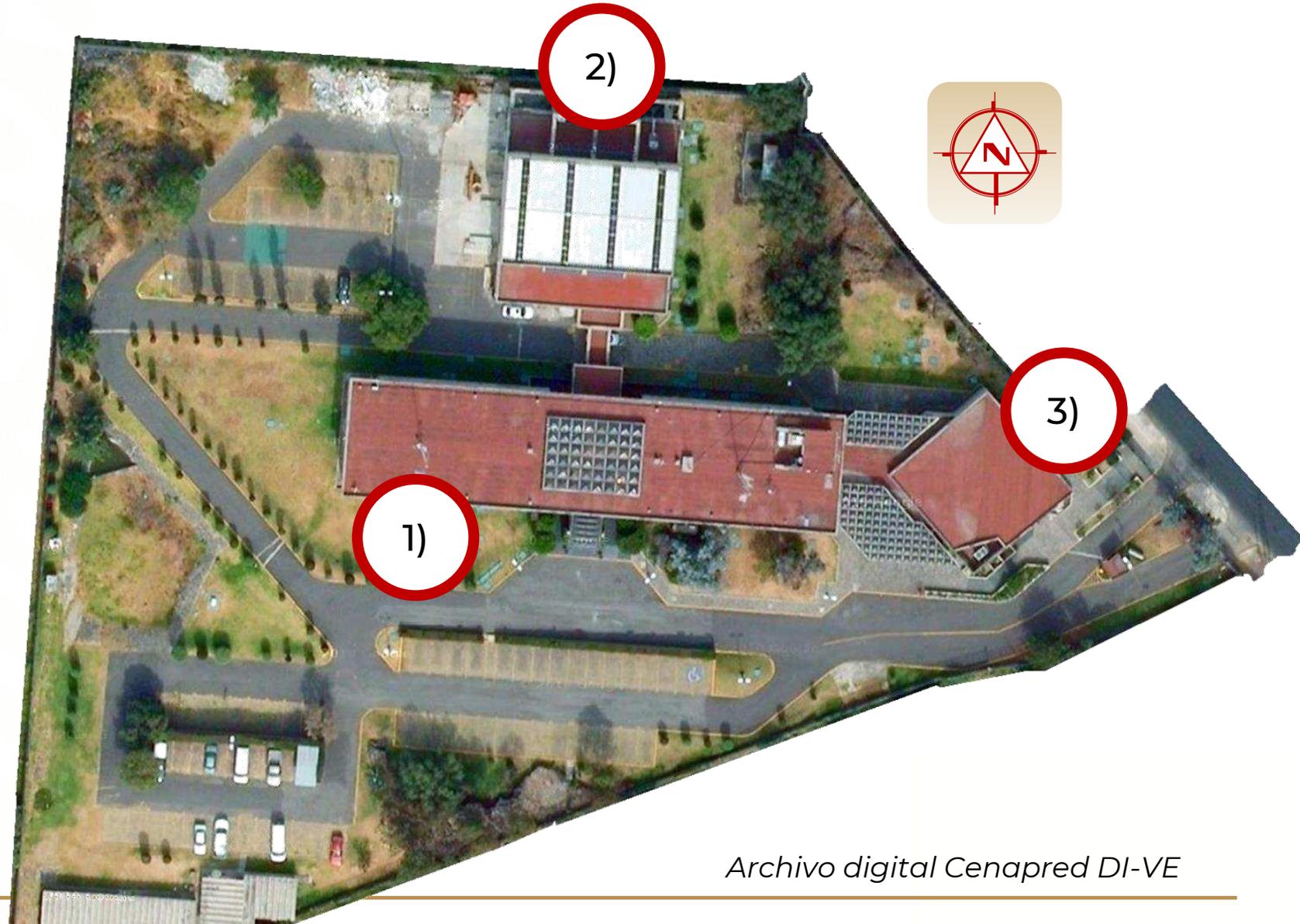


SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

- En la CdMx la precipitación total anual varía entre 600 y 1200 mm.
- El Cenapred cuenta con tres posibles áreas de captación: 1) Edificio de oficinas, 2) Laboratorio de Estructuras Grandes (LEG) y 3) Auditorio.
- Los edificios cuentan con cubierta impermeable en su azotea, pendiente y bajadas de agua pluvial.
- Existen áreas libres para la posible instalación de la infraestructura necesaria.



CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN

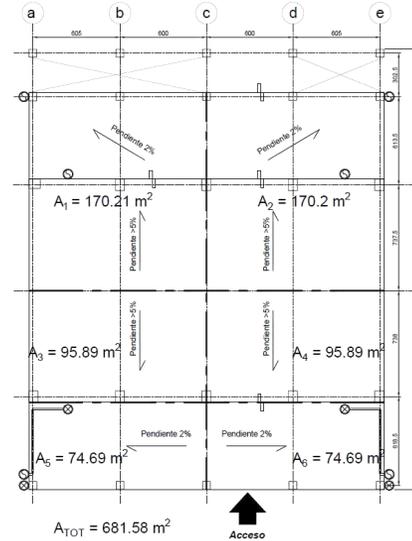
Se determinaron las alturas de precipitación para periodos de retorno (T_r) de 2 y 5 años (para lluvias ordinarias) por medio del *Visualizador de Escenarios de Lluvias*, así como con la consulta de registros pluviométricos de este Centro Nacional.

The screenshot shows the VELL (Visualizador de Escenarios de Lluvias) software interface. The main window displays a map of Mexico with a yellow overlay indicating precipitation levels. A search window is open, showing the results for a specific location: Lat 19.321, Lon -99.162. The search results table shows the accumulated precipitation (Hp) in millimeters for various return periods (Tr) in years.

Tr (años)	Hp (mm)
2	52.9
5	67.4
10	76.9
20	85.9
50	97.6
100	106.6
200	115.0
500	126.8
1000	135.8
2000	144.2

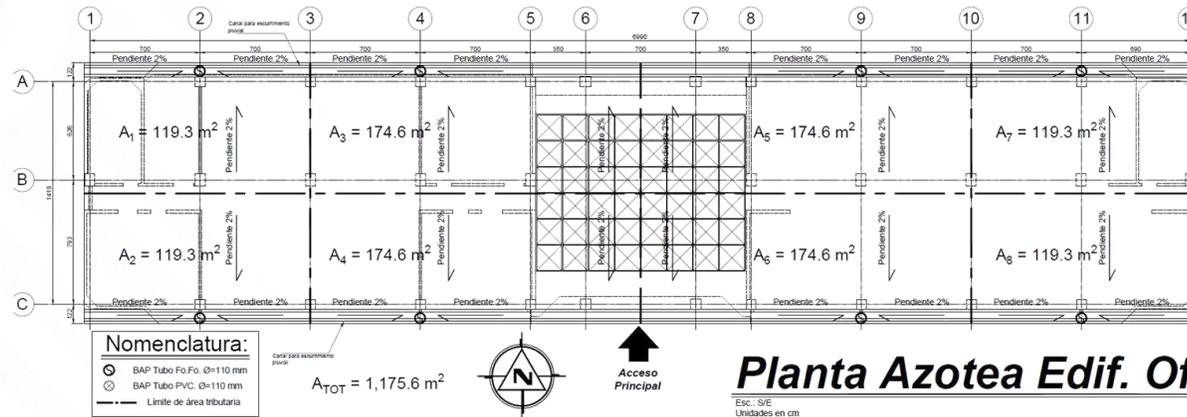
ÁREAS DE CAPTACIÓN

Se llevó a cabo un levantamiento arquitectónico y se hace uso de los archivos digitales.



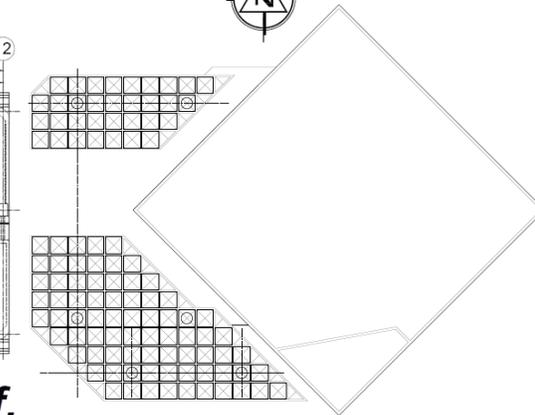
Planta Azotea LEG

Esc.: S/E
Unidades en cm



Planta Azotea Edif. Of.

Esc.: S/E
Unidades en cm



$A_{TOT} = 345.96 \text{ m}^2$

Planta Azotea Auditorio

Esc.: S/E
Unidades en cm

VOLÚMENES DE AGUA



Posterior a la determinación de las áreas de captación, se obtienen los posibles volúmenes de agua. La siguientes tablas muestran las áreas y volúmenes obtenidos:

Edificio	Áreas [m ²]								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Oficinas	119.3	119.3	174.6	174.6	174.6	174.6	119.3	119.3	1175.6
LEG	170.2	170.2	95.9	95.9	74.7	74.7			681.6
Auditorio	346.0								346.0

*Archivo digital Cenapred DI-RH
(2021; H. Eslava)*

Edificio			Volumen [m ³] en 24 horas								Total
	Tr	hp [mm]	1	2	3	4	5	6	7	8	
Oficinas	2	50	6.01	6.01	8.8	8.8	8.8	8.8	6.01	6.01	59.25
	5	64	7.66	7.66	11.21	11.21	11.21	11.21	7.66	7.66	75.47
LEG	2	50	8.51	8.51	4.8	4.8	3.74	3.74			34.10
	5	64	10.90	10.90	6.14	6.14	4.78	4.78			43.64
Auditorio	2	50	17.3								17.30
	5	64	22.14								22.14

En una lluvia ordinaria se colectarían 141.25 m³, (más de 140 mil litros)

Archivo digital Cenapred DI-VE



POTENCIAL DE CAPTACIÓN: PRIORIDADES



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

De acuerdo a las características físicas del Centro, de aspectos económicos y prácticos, el proyecto se puede implementar en tres prioridades ordenadas respecto a su factibilidad en orden descendiente:

1. Edificio de Oficinas.
2. LEG.
3. Auditorio y su vestíbulo.

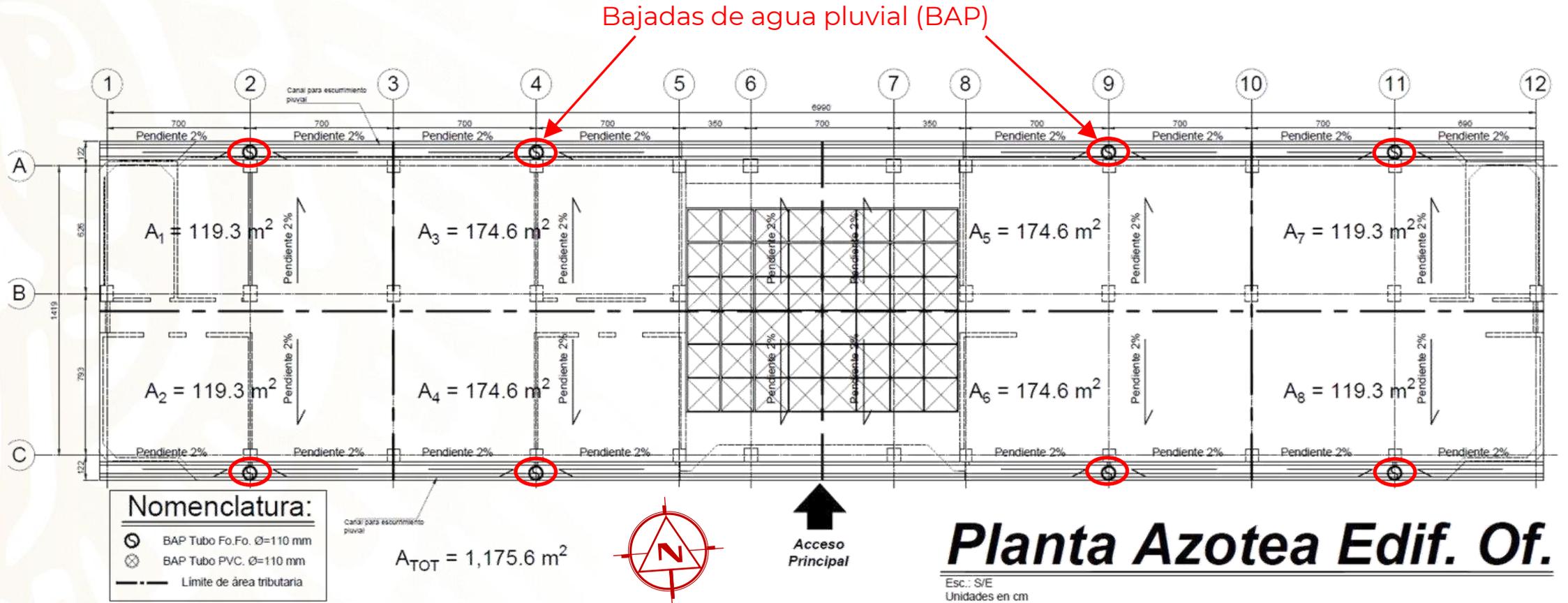
PRIORIDAD 1: EDIFICIO DE OFICINAS



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES



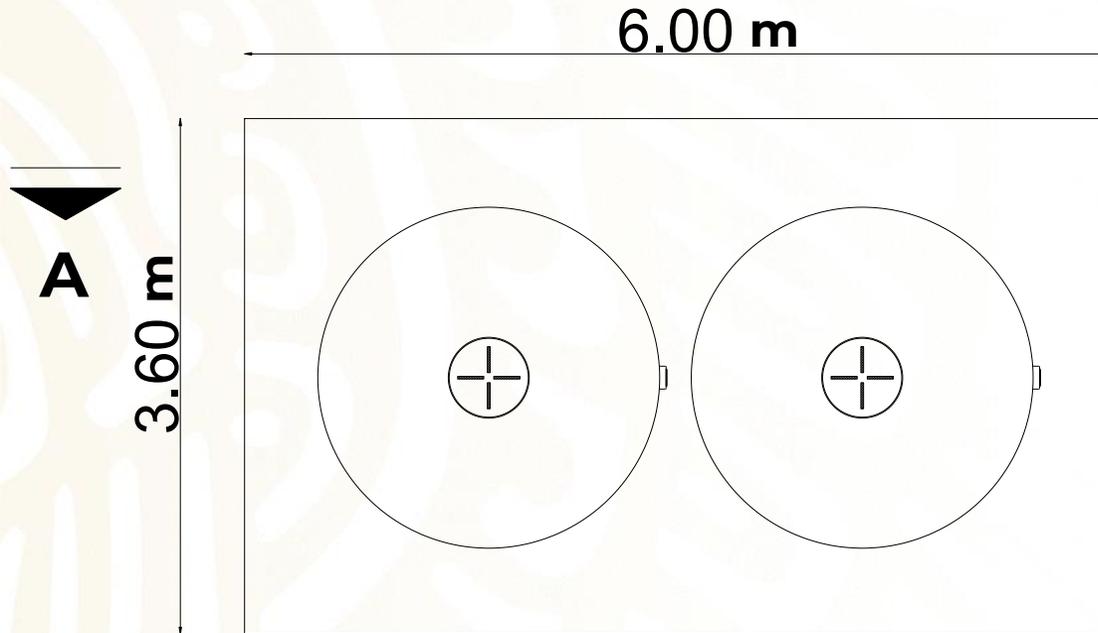
Archivo digital Cenapred DI-VE

Existen ocho bajadas de agua pluvial, en tubo de fierro fundido de 10 cm (4 pulgadas) de diámetro. La superficie total del edificio es de 1 175.5 m².

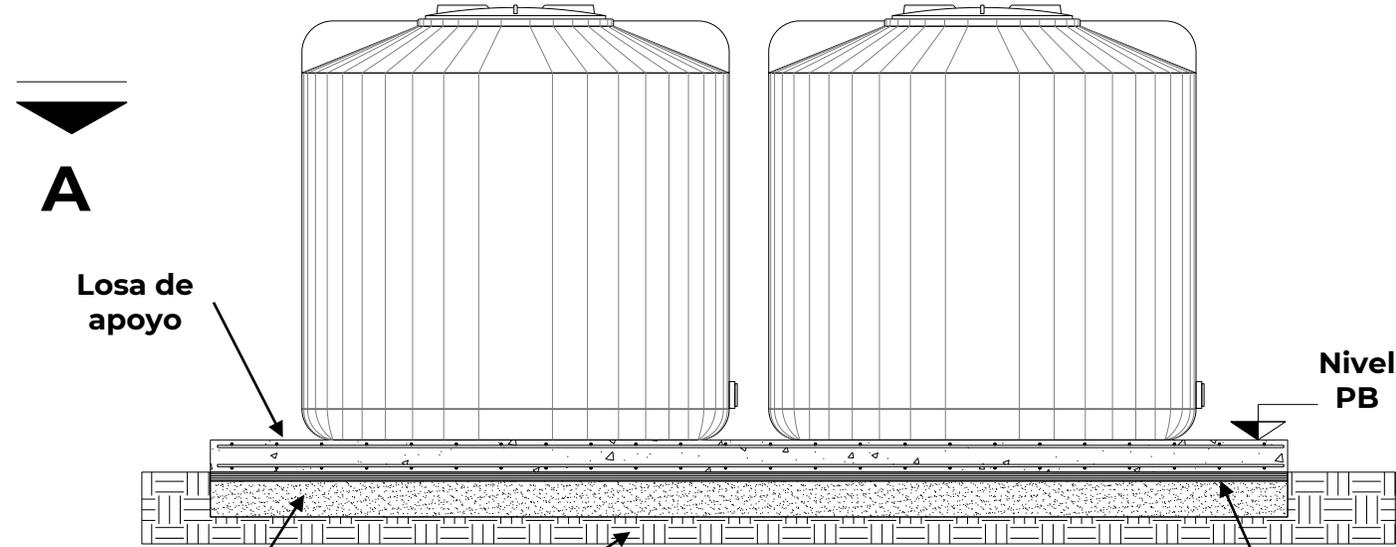


EJECUCIÓN POR ETAPAS: EDIFICIO DE OFICINAS

Archivo digital Cenapred DI-VE (2023; M. Gómez)



VISTA EN PLANTA



CORTE A - A

Para ejecutar por etapas el proyecto de captación en el Edificio de Oficinas, se propone dividir en cuatro **módulos de captación**, cada módulo consistente en dos tanques de almacenamiento apoyados en una base de concreto reforzado de 3.6×6 m, y esta a su vez en una cama de material de relleno mejorado, incluyendo sus propias unidades de tratamiento y conducciones y accesorios.

PRIORIDAD 1: COSTO



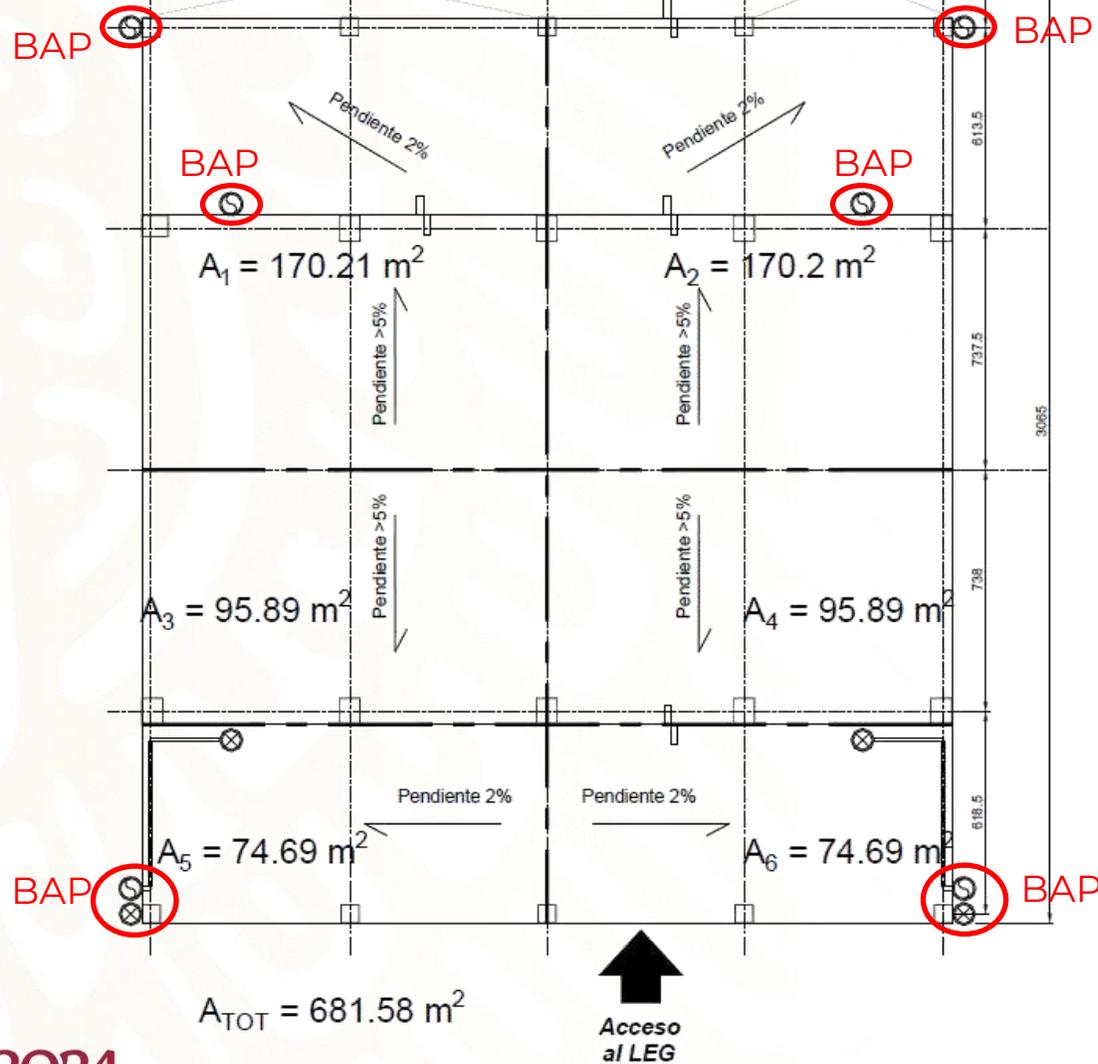
SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

- Los trabajos necesarios para implementar la prioridad 1:
- Limpia, deshierbe y acarreo en el terreno, realizado a mano y a pie de camión.
- Trazo, excavación y nivelación para desplante de base.
- Elaboración de plantilla y base de concreto.
- Suministro e instalación de tanques, tuberías y accesorios.
- Suministro e instalación de filtro separador, repuestos y sistema de desinfección con esferas cerámicas tratadas con iones de plata coloidal.
- Costo aproximado para cada módulo: \$192,000.00

PRIORIDAD 2: LABORATORIO DE ESTRUCTURAS GRANDES (LEG)



Cuenta con seis bajadas de agua pluvial (BAP): las bajadas de la porción sur poseen drenaje independiente para la cubierta superior e inferior, mientras que la porción norte desfoga, primero, en la parte baja de la azotea; posteriormente, se drena por un único tubo hacia una cisterna en la bajada pluvial del lado poniente y hacia un canal de recolección en el lado oriente.

Los materiales de bajadas son tubo de fierro fundido (FoFo) y tubo de polivinilo de cloruro (PVC), de 10 cm (4 pulgadas) de diámetro.

La superficie total del edificio es de 681.6 m².

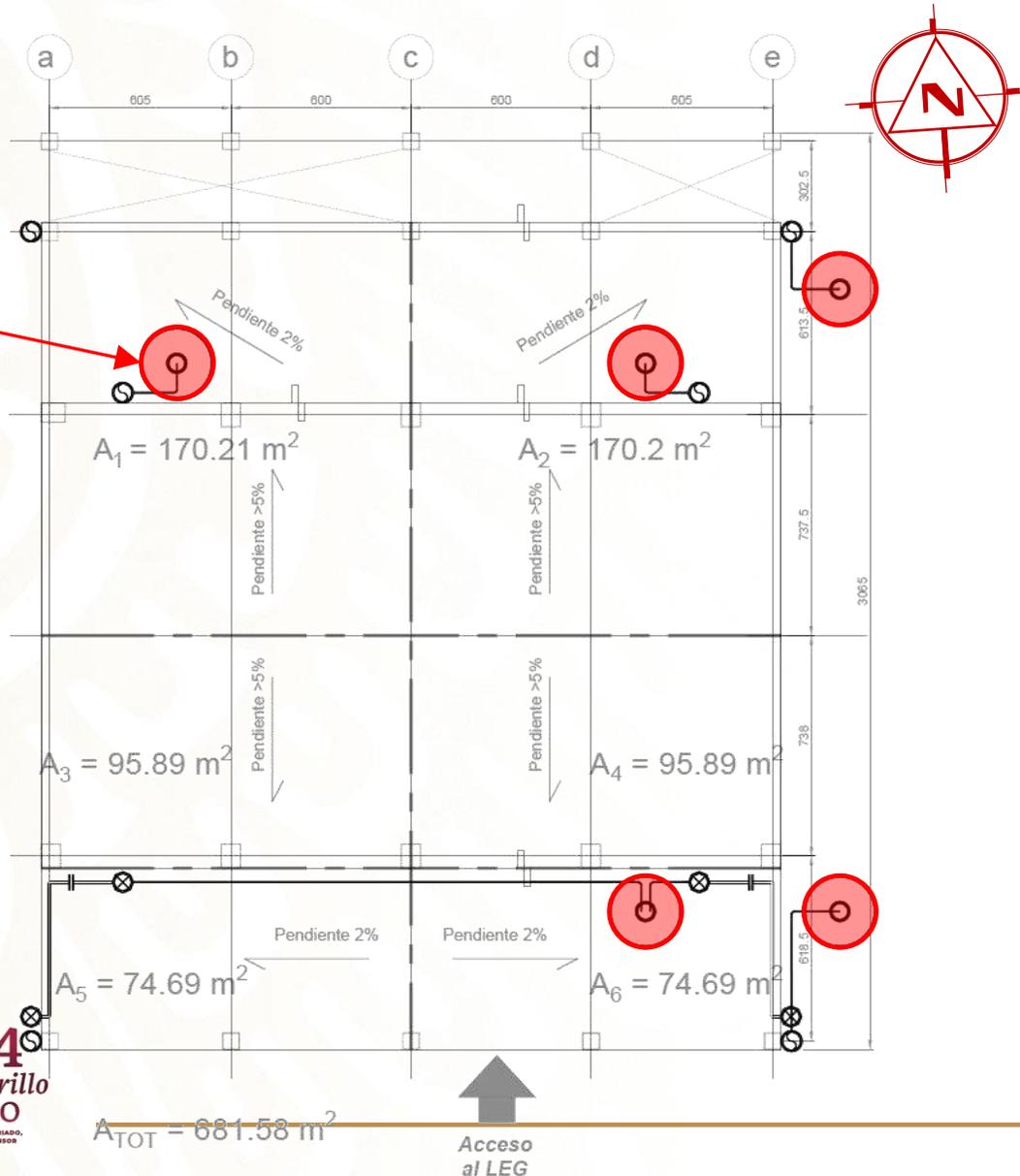
Nomenclatura:

-  BAP Tubo Fo.Fo. Ø=110 mm
-  BAP Tubo PVC. Ø=110 mm
-  Límite de área tributaria
-  Cambio de nivel

PRIORIDAD 2: UBICACIÓN DE TANQUES



Tanque
de agua



Se propone la colocación de **cinco** módulos de tratamiento: tres ubicados en la azotea para recolectar el agua que escurre hacia el norte y sur de la cubierta ligera a dos aguas (azotea que se encuentra a nivel), así como dos adicionales a nivel de piso en la fachada este (lado del jardín) para el agua que escurre en las cubiertas del lado este, las bajadas que actualmente drenan el lado oeste (patio de maniobras) no se modificarán, puesto que alimentan una cisterna existente.

Cada módulo consiste en tanques, conducciones y dispositivos de tratamiento independientes entre sí.

PRIORIDAD 2: EJECUCIÓN POR ETAPAS



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

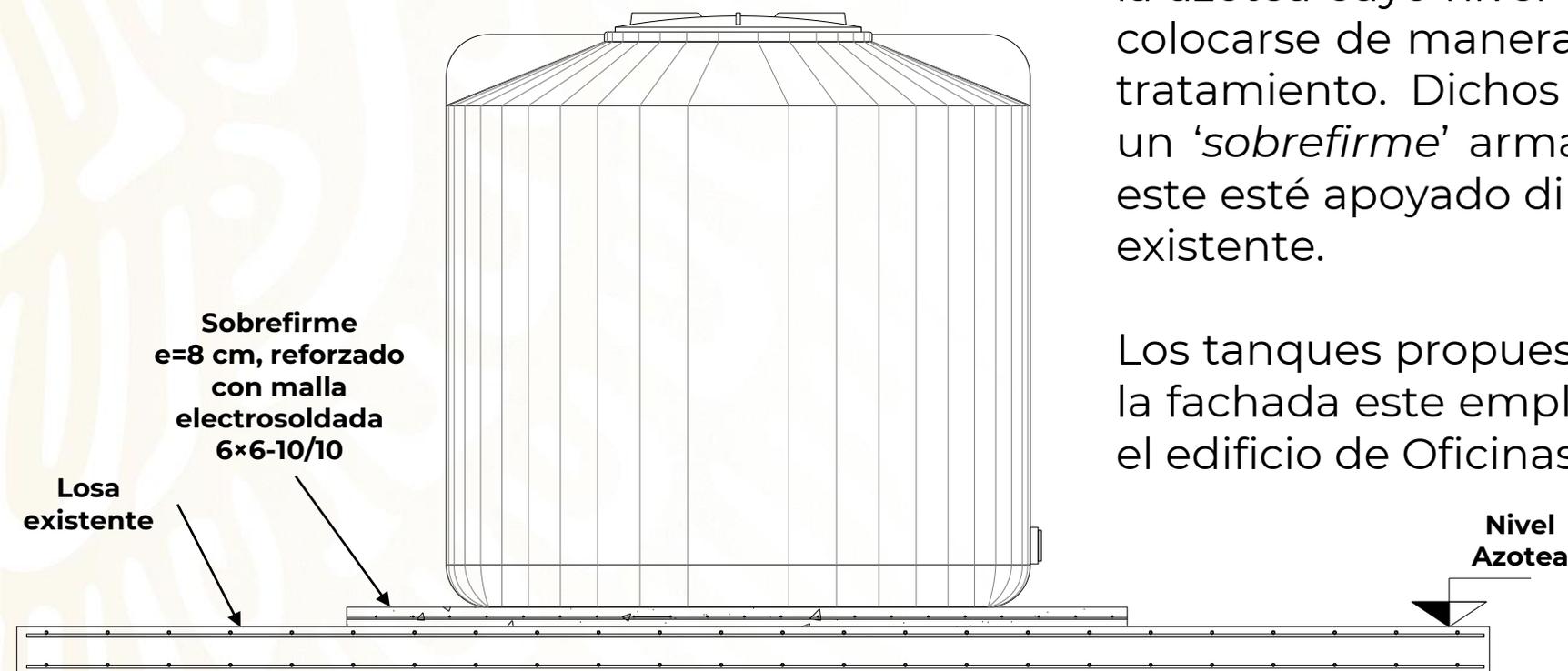


CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Archivo digital Cenapred DI-VE
(2023; M. Gómez)

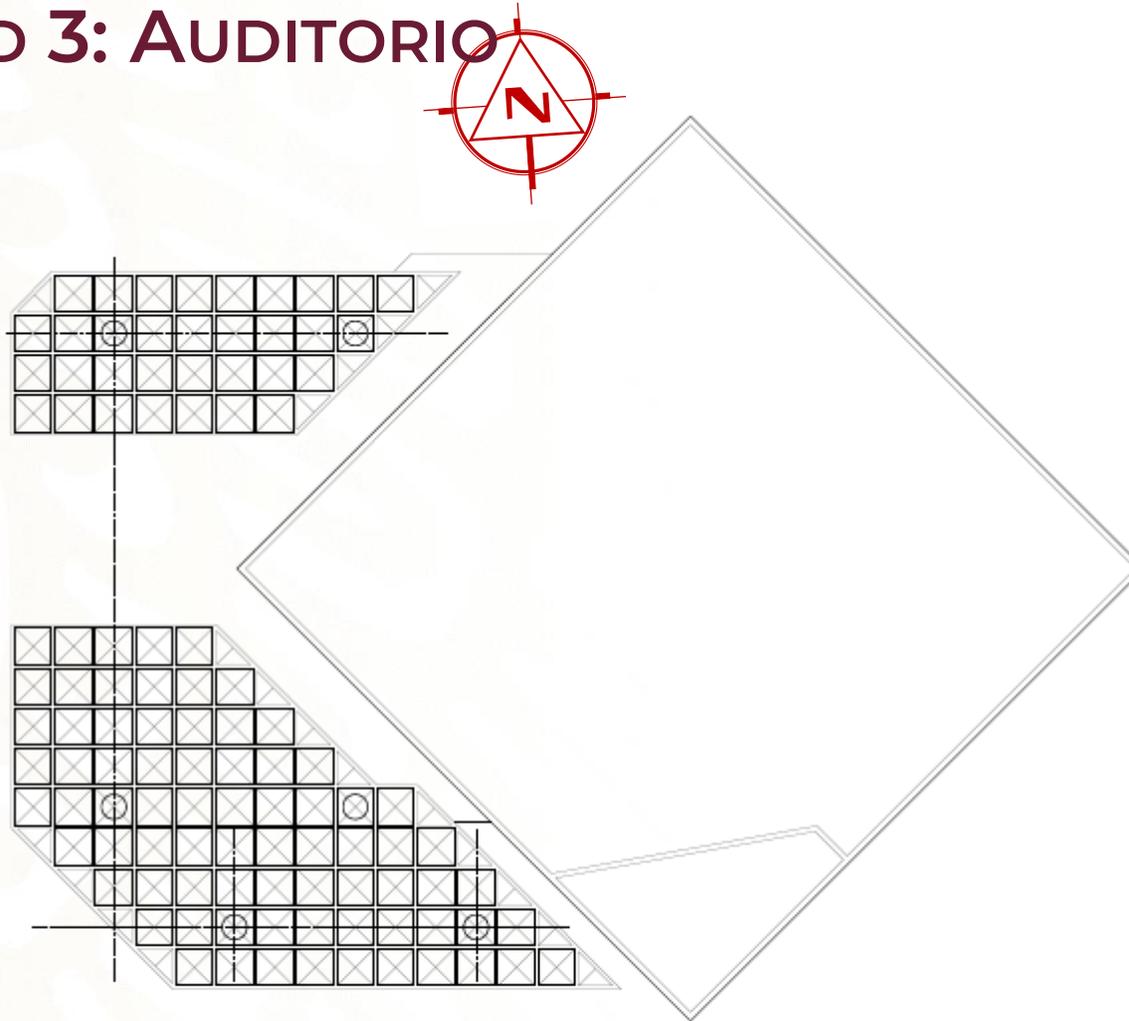
Se recomienda instalar primero los tanques de almacenamiento para captar el agua que escurre en la azotea cuyo nivel es el más alto, los cuales podrán colocarse de manera independiente en unidades de tratamiento. Dichos tanques se podrán colocar en un 'sobrefirme' armado con malla electrosoldada, y este esté apoyado directamente sobre la losa maciza existente.

Los tanques propuestos en planta baja en la zona de la fachada este emplearán la misma solución que en el edificio de Oficinas.



CORTE TRASVERSAL

PRIORIDAD 3: AUDITORIO



$$A_{TOT} = 345.96 \text{ m}^2$$

En el Auditorio las bajadas de agua pluvial no son visibles externamente. En la porción de cubierta del vestíbulo del Auditorio se observaron marcas de agua, lo que puede implicar que haya problemas de encharcamiento al no tener una pendiente adecuada.

La superficie total de este recinto es de 345.96 m².

Planta Azotea Auditorio

Esc.: S/E
Unidades en cm

La superficie del Auditorio presenta dificultades técnicas para la implementación de captación pluvial:

- Porque se requiere revisar las pendientes y el estado de las bajadas pluviales. Si estas no se encuentran en estado óptimo, es necesario realizar una inversión inicial para renivelar y reacondicionar la carpeta impermeabilizante, así como sustituir si es necesario los tubos de las BAP.
- Es complicada la ubicación del sistema de captación, especialmente sus tanques, puesto que implicarían inhabilitar áreas considerables en jardín exterior al vestíbulo, zona que es empleada a veces para reuniones y eventos en el Centro.
- Por lo anterior, no se realiza una estimación de costo para dicho escenario.

En función de su factibilidad, se establecen tres prioridades para la ejecución del proyecto:

1 Edificio Oficinas:

Ventajas:

- Área de captación y tuberías en buenas condiciones.
- Ejecución de trabajos a nivel de planta baja.

Desventajas:

- Pérdida de áreas verdes.

2 LEG:

Ventajas:

- Los tanques en la parte superior no restan área útil en estacionamiento ni patio de maniobras.
- Área de captación y tuberías en condiciones aceptables.

Desventajas:

- Algunos tanques se localizarán en azotea, por lo que las maniobras se complican.
- Pérdida de áreas verdes en los módulos de la zona este.

3 Auditorio:

Ventajas:

- Ejecución a nivel de planta baja.

Desventajas:

- Área de captación y tuberías se encuentran en malas condiciones.
- Costo se elevaría por los trabajos preliminares.
- Se pierde área útil donde el Centro celebra eventos.

- Para lluvias ordinarias, se observa que es posible captar hasta 80 m³ de agua en el edificio de oficinas, 45 m³ en el LEG y 25 m³ en el auditorio, si es que se decide aprovechar 100% de agua.
- Para la fase de almacenamiento sería necesario emplear ocho (Oficinas) y cinco (LEG) cisternas comerciales de rotomoldeado de 10 000 litros de capacidad.
- El costo de una cisterna de rotomoldeado es de aproximadamente \$50 000.00 por unidad.
- La longitud aproximada de tubería para la conducción es de 85 m para el edificio de oficinas y 35 m para el LEG; no se consideró el auditorio por el estado de la instalación actual. Se prevé el uso de 120 m de tubería, con un porcentaje de accesorios entre codos, coples y válvulas.
- Los módulos pueden ser ejecutados de manera independiente, en función del presupuesto disponible.
- El agua excedente puede disponerse a la red de drenaje pluvial existente.

El costo aproximado de tuberías y accesorios necesarios se puede estimar en \$23 000.00 por unidad.

El costo por unidad de tratamiento de agua se estima en \$25 000.00, cada tanque contaría con una unidad de tratamiento.

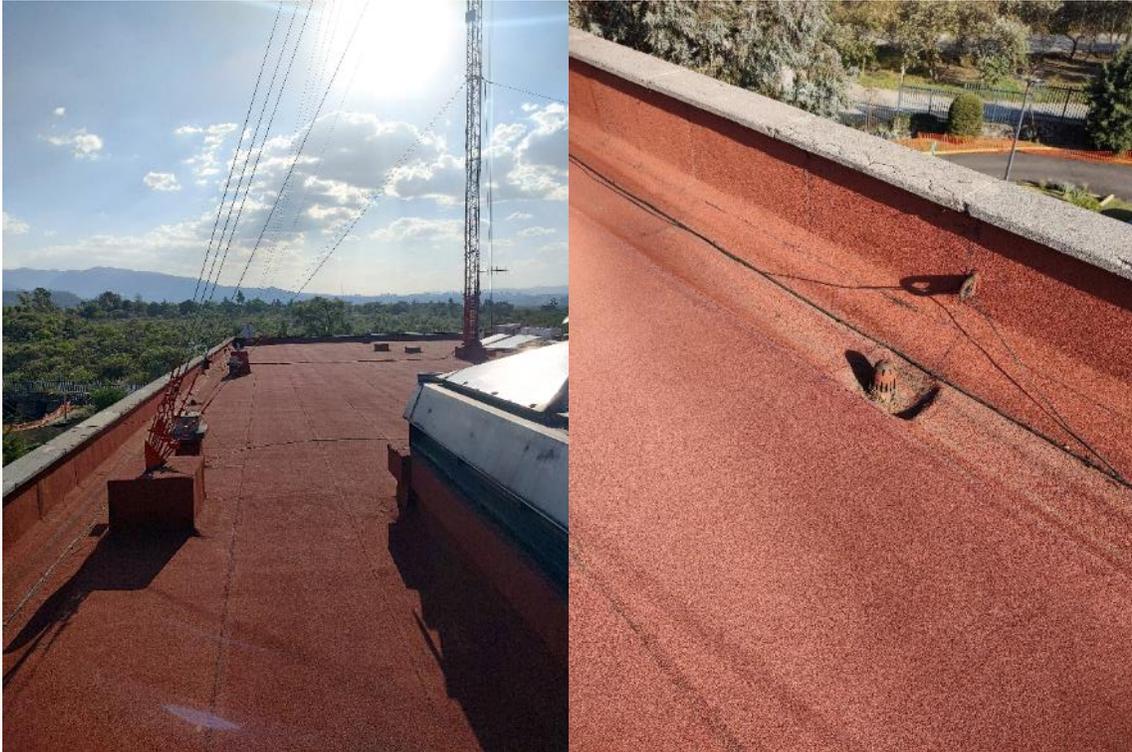
En un esquema de ejecución por etapas, se pueden proponer los siguientes escenarios:

- Dividir el edificio de **Oficinas** en cuatro módulos de tratamiento cuyo costo por unidad es de: \$192 000.00.
- Dividir el **LEG** en cinco unidades de tratamiento, cuyo costo por unidad instalada es de \$96 000.00.
- En función del presupuesto se pueden realizar diferentes configuraciones de instalación combinando módulos y unidades ya que estos son independientes entre sí.

Es importante tomar en consideración lo siguiente:

- Nota 1: No se consideran gastos de mantenimiento o de acondicionamiento para recibir el sistema.
- Nota 2: En caso de rebose, el Centro cuenta ya con infraestructura para el drenaje de los volúmenes de agua sobrante.
- Nota 3: Los precios aquí presentados corresponden a las condiciones del mercado al momento de la elaboración de este documento.
- Nota 4: Componentes adicionales de análisis de costos (mano de obra, materiales, herramienta y equipos) pueden no haber sido considerados al momento de la estimación, por lo que dicho costo puede variar.
- Nota 5: La calidad del agua dependerá de los procesos de tratamiento que especifique el fabricante; asimismo, será factible ingresar el agua a la red de abastecimiento del Centro, siempre y cuando esta cumpla con parámetros químicos y organolépticos establecidos en las normas correspondientes, a saber la NOM-127-SSA1-1994.

*Archivo digital Cenapred DI-VE
(2023; Fotos: M. Gómez)*



Azotea del edificio de oficinas. Se observa carpeta impermeabilizante y drenes en buen estado.

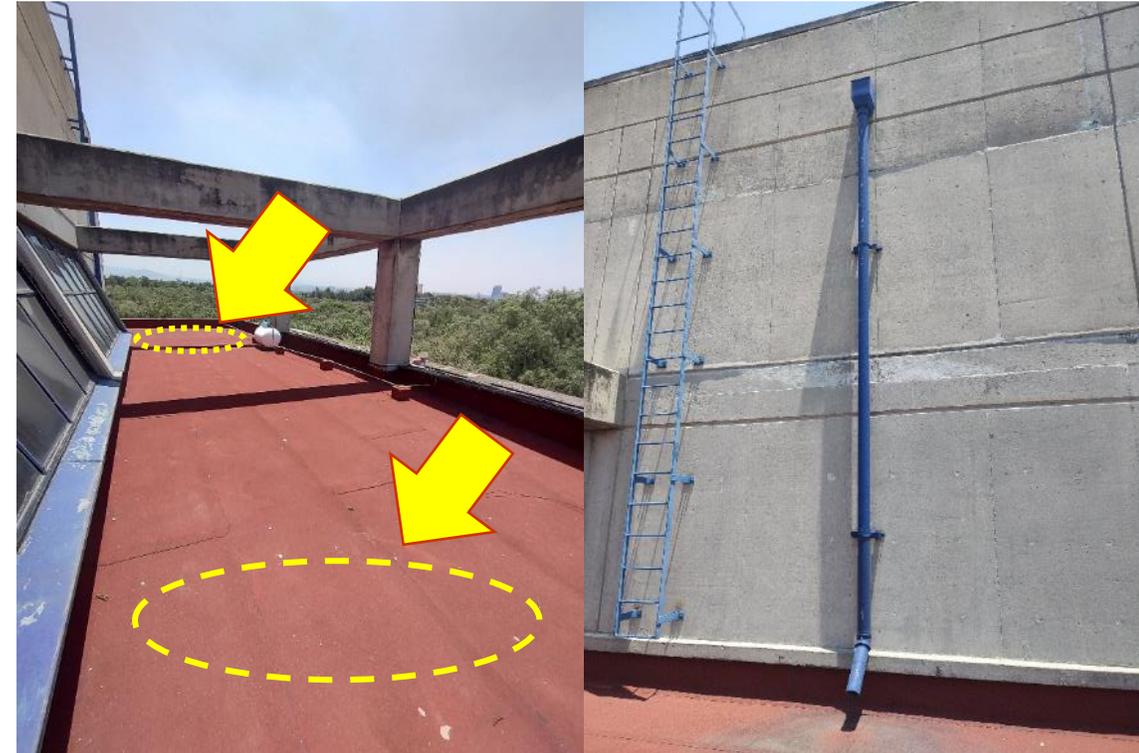


Edificio de oficinas en nivel planta baja. Se observa ubicación propuesta de cisternas (derecha), asimismo la carpeta se observa la infraestructura hidráulica existente (izquierda).

*Archivo digital Cenapred DI-VE
(2023; Fotos: M. Gómez)*

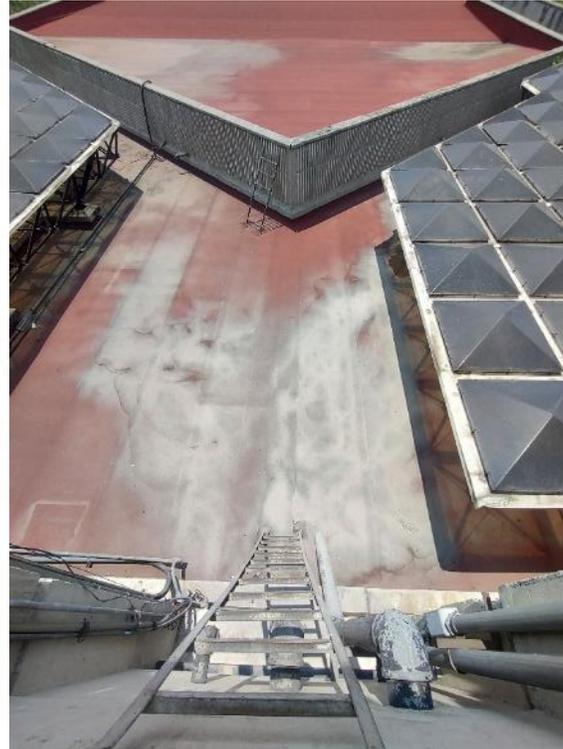


Infraestructura pluvial existente (izquierda). El suelo en el complejo de Cenapred es firme (derecha).



Azotea del LEG. Se observa ubicación propuesta de cisternas (izquierda) en la porción norte (parte baja), asimismo la carpeta impermeabilizante y bajada de agua pluvial se observan en buen estado.

*Archivo digital Cenapred DI-VE
(2023; Fotos: M. Gómez)*



Azotea del auditorio. Se observan marcas de agua, por lo que se infiere que la carpeta impermeabilizante, y probablemente la bajada de agua pluvial, presentan problemas de encharcamiento y acumulación de basura. Asimismo, se recomendaría revisar las pendientes del sistema de impermeabilización y el estado de las tuberías.

- “Guía de elaboración de sistemas alternativos”. Sacmex. (2015)
- “Cosechar la Lluvia. Manual para instalar un sistema de captación pluvial en tu vivienda”. Sedema. (2020).
- “Fundamentos de Hidrología de Superficie”. Francisco Javier Aparicio Mijares.
- “Manual de Instalación 2024. Cosecha de Lluvia”. Sedema. (2024).
- Arq. Claudia Chávez López. Supervisora Técnica en Instalaciones. Programa *Cosecha de Lluvia*.
- “¿Cómo hacer un SCALL en mi escuela?”. IMTA. (2022).



CENAPRED

**Dirección de Investigación,
Subdirecciones de VE y RH**

www.cenapred.unam.mx