



UACAM
Universidad Autónoma de Campeche



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



Centro de Investigación en
Materiales Avanzados, S.C.



**UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA**

Sistema de captación de agua lluvia

GRUPO DE TRABAJO DEL PROYECTO: “Planta comunitaria para el secado de productos pesqueros operada con energía termosolar para su integración en comunidades rurales”, número de aprobación CONAHCYT 319524



ÍNDICE

CONTENIDO

1	RESUMEN	5
2	INTRODUCCIÓN	6
3	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	7
3.1	FUNCIONAMIENTO	8
4	MARCO TEÓRICO.....	11
4.1	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA	12
4.2	TIPOS DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA	14
4.3	OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	15
5	DISEÑO DEL SISTEMA.....	16
5.1	PLANOS ARQUITECTÓNICOS	19
5.2	RESULTADOS DEL CÁLCULO.....	19
6	DESTILADOR SOLAR	22
7	RESULTADOS DE LA INSTALACIÓN.....	22
8	CONCLUSIONES	27
9	BIBLIOGRAFÍA	28

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama de flujo de un sistema de captación de agua de lluvia	10
Figura 2	Beneficios de la recolección de agua de lluvia	12
Figura 3	Componentes del sistema de captación de agua	15
Figura 4	Modelado del sistema con el programa Sketchup.....	16
Figura 5	Vista lateral del estanque. Nivel 1 (sobre el suelo) y Nivel 2 (localización del sistema).....	17
Figura 6	Vista superior del tanque sobre el edificio B.	17
Figura 7	En la imagen se muestra un cuadro que representa un soporte para evitar se mueva la tubería. Se divide la tubería y el agua se dirige hacia un destilador.....	18
Figura 8	Vistas del edificio B y colocación del sistema de almacenamiento.....	19
Figura 9	Tanque de almacenamiento y vista frontal del edificio.	19
Figura 10	Destiladores solares.	22
Figura 11	Preparación del área del sistema de captación de agua lluvia.....	23
Figura 12	Proceso de construcción del sistema de captación de agua de lluvia.....	24
Figura 13	Instalación de tanque de almacenamiento con capacidad de 1100 litros.	24
Figura 14	Recorrido del agua de lluvia por tubería de 1 pulgada.	25
Figura 15	Azotea del edificio B de la facultad de ingeniería.	25
Figura 16	Estanque del sistema de captación de agua lluvia.....	26
Figura 17	Vista frontal del sistema de captación de agua lluvia.	26

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Precipitación (mm) en el Estado de Campeche 2022.....	20
Tabla 2 Cantidad de agua recolectada por mes.	20
Tabla 3 Datos técnicos de la bomba de agua instalada en el sistema de captación de agua lluvia.	21

1 RESUMEN

Se diseñó, construyó e implementó un sistema de recolección de agua de lluvia en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche con la finalidad de realizar pruebas y análisis asegurando el funcionamiento de este sistema para trasladarlo a la población en la que se instale la Planta comunitaria operada con energía solar durante la Tercera etapa del proyecto.

El sistema de captación de agua de lluvia tiene acoplados tres destiladores solares conectados en serie y recibiendo una dotación controlada de agua proveniente del área de almacenaje del agua recolectada. Se pretende que mediante un pequeño sistema de purificación final se obtenga un agua de calidad apta para el consumo humano. Los destiladores solares son dispositivos que aprovechan la energía solar para calentar el agua de lluvia y luego condensar el vapor resultante, dejando atrás impurezas y contaminantes. Al conectar tres destiladores en serie, se busca aumentar la eficiencia del proceso de destilación y mejorar la calidad del agua obtenida por el sistema de captación de agua de lluvia.

El agua recolectada se almacena en un área designada para su posterior tratamiento. Para garantizar la calidad del agua destinada al consumo humano, se implementa un pequeño sistema de purificación final. Este sistema probablemente incluirá tecnologías como filtros de alta eficiencia, desinfección ultravioleta o métodos de filtración avanzados para eliminar cualquier impureza residual.

La implementación de energía solar para obtención de agua para operar la Planta comunitaria es una elección sostenible y respetuosa con el medio ambiente. El uso de fuentes renovables de energía contribuye a reducir la dependencia de recursos no renovables y disminuye la huella de carbono asociada con la generación de energía.

La transferencia de esta tecnología a comunidades locales puede tener un impacto significativo en áreas donde el acceso a agua potable es limitado. Además, al utilizar energía solar, se brinda una solución que es económicamente viable y sostenible a largo plazo. Este enfoque comunitario puede implicar la instalación de plantas similares en áreas que carecen de acceso confiable a agua potable, mejorando así las condiciones de vida de las poblaciones locales.

Como parte del sistema integrado de gestión ambiental, la presente propuesta es una iniciativa integral que aborda la recolección, tratamiento y suministro de agua potable utilizando tecnologías sostenibles, como la captación de agua de lluvia, destiladores solares y energía solar. La fase comunitaria general del proyecto podría tener un impacto significativo en la mejora de las condiciones de vida de las comunidades beneficiadas.

2 INTRODUCCIÓN

El mayor desafío que enfrenta la humanidad en la actualidad es el suministro de agua. El problema asociado con la creciente demanda de las grandes ciudades (crecimiento demográfico y económico del desarrollo industrial), los problemas de uso y la contaminación irracional limitan su disponibilidad. La situación actual exige el ahorro y uso eficiente del agua dentro de un marco de sostenibilidad, donde el esfuerzo de toda la población y en todos los niveles (instituciones gubernamentales, de educación, población en general), tiene el papel más importante para alcanzar este objetivo. A continuación, se mencionan algunas estadísticas mundiales importantes que hacen notar la importancia de buscar mecanismos que apoyen al ahorro y reúso del agua:

- En 2025, 1,800,000 personas vivirán en países o regiones con escasez absoluta de agua y 2/3 partes de la población mundial podrían hacerlo en condiciones de estrés hídrico (ONU).
- Una de cada 5 personas en el mundo en desarrollo carece de acceso al agua limpia suficiente (mínimo sugerido de 20 litros/día, mientras que en Europa y los Estados Unidos, entre 200 y 600 litros/día (OMS).
- Cada día mueren alrededor de 3,900 niños a causa del agua insalubre y de la falta de higiene (OMS).
- Los barrios pobres de los países en desarrollo suelen pagar de 5 a 10 veces más por unidad de agua que los que tienen acceso a la red hidráulica (ONU).
- México está catalogado a nivel mundial, entre los países con disponibilidad de agua baja (entre 1,000 y 5,000 m³/hab/año); La tendencia indica que esta disponibilidad irá disminuyendo a medida que la población crece.

Ante el reto que se deja ver alrededor de este escenario, tanto instituciones nacionales como internacionales dedicadas a la investigación y a la educación ambiental, han llegado a determinar diferentes acciones inmediatas como reforestación, conservación de suelos, manejo adecuado de agua de riego y captación de agua de lluvia. Enfocándonos a la captación de agua de lluvia, se puede esperar que las implementaciones de diferentes técnicas darán como resultado un incremento significativo de la disponibilidad de agua, además de otros beneficios tanto en el aspecto social como económico y ambiental, sobresaliendo:

- Aumento de la disponibilidad de agua de buena calidad.
- Generación de abundante empleo productivo.
- Generación de riqueza: leña, madera, alimentos, biodiversidad, entre otros.
- Regeneración y activación del ciclo hidrológico.
- Conservación de suelos y aguas.
- Mejoramiento del paisaje, medioambiente, la biodiversidad y el potencial turístico.
- Pago por los servicios ambientales: bonos de Carbono, tarifas adecuadas de agua, etc.

El agua, como recurso estratégico, depende del manejo sostenible de los ecosistemas y por esta razón debe ser una prioridad nacional y mundial, se puede ver entonces la importancia de promover estrategias que apoyen a que la población en general adquiera el hábito del aprovechamiento del recurso hídrico mediante los diferentes métodos de captación de agua de lluvia, los cuales son sencillos, de nulo mantenimiento y por lo tanto de fácil adopción.

El agua es un recurso vital para la producción vegetal y animal. Bajo la perspectiva del calentamiento global, el problema de la escasez de agua tiende a empeorar en aquellas regiones en las que ya se presenta déficit, sea por la tendencia de reducción de los niveles de precipitación o por el aumento de los niveles de evaporación y transpiración.

La captación y el aprovechamiento de la lluvia representan sólo una de las estrategias en el uso racional del agua. La mayoría de las técnicas de captación de lluvia tienen un origen empírico y han sido desarrolladas a lo largo del tiempo, a partir de las civilizaciones ancestrales de Meso y Sudamérica y de otras regiones del mundo. En los últimos 30 años, se han perfeccionado muchas técnicas gracias al aporte de diferentes instituciones y países (Silva et al, 2000). Hay una gran variedad de técnicas adaptadas a diferentes situaciones, las que cumplen diferentes finalidades (FAO, 2013).

De acuerdo con la SEMARNAT y la Comisión Nacional del Agua, en México llueve aproximadamente 711 mm de lluvia al año (1 mm de lluvia es igual a 1 litro por m²). Sin embargo, el agua pluvial cae de manera desigual a lo largo de todo el territorio del país y el 67 % de las lluvias se concentra entre los meses de junio y septiembre. En Campeche se tienen lluvias prominentes en tres meses en específico: julio, agosto y septiembre. Sin embargo, en los 9 meses restantes se tiene carencia de precipitaciones, la lluvia promedio acumulada en el mes es de 5.9 mm que representa el 24.8% de la lluvia promedio histórica del mes, la cual es de 23.9 mm.

3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Con el hecho de recolectar agua de lluvia se puede garantizar, por un lado, el riego de alguna sección de un jardín así como para cubrir algunas de las necesidades propias de la comunidad de Lerma, donde se pretende instalar la Planta de secado solar, además, se pudiera complementar con estanque para almacenamiento del agua y finalmente proporcionar agua purificada mediante destiladores solares. El sistema de captación de agua de lluvia se instaló en la Facultad de Ingeniería con la intención de realizar pruebas y poder evaluar su eficiencia; durante la segunda etapa del proyecto se realizará dicha evaluación para su posterior traslado a la comunidad de pescadores.

El sistema instalado cuenta con una tubería de PVC de 1 pulgada, a la entrada de esta tubería tiene una malla con el propósito de recolectar hojas o basura existente sobre el techo del edificio de la Facultad de Ingeniería, la tubería de PVC va desde la gárgola del techo del edificio hasta un estanque con dimensiones de 2x3 metros y una profundidad de 30 cm, considerando un volumen de 1,800 litros, lo que servirá como un segundo filtro donde se

recolectará sedimentos recogidos por el agua lluvia, una vez lleno el estanque, el agua de lluvia pasará por un último filtro el cual va con dirección a una cisterna de almacenamiento con capacidad de 1100 litros, finalmente para utilizar el agua almacenada, se cuenta con una bomba de agua periférica con capacidad de ½ hp la cual, para su funcionamiento puede estar conectada a la red eléctrica de CFE o mediante un arreglo de módulos fotovoltaicos, es importante mencionar que el sistema de captación de agua de lluvia instalado tiene suministro de agua por medio de la red disponible en la Facultad de Ingeniería.

El aprovechamiento hídrico mediante la purificación solar de agua demuestra la forma en que las tecnologías energéticas renovables aplicadas de una forma correcta están en armonía con el medio ambiente.

3.1 FUNCIONAMIENTO

Sistema de recolección de agua de lluvia

Para fines potables, únicamente la tubería de PVC es la adecuada, ya que sólo este tipo de tubería es fabricada con materiales vírgenes o no reciclados que pudieron haber obtenido contaminantes de usos previos. Tuberías recubiertas de aluminio también son aptas para usos potables. Las que no son: ABS, DWV, PVC, cobre y las que contienen plomo y las galvanizadas. Las bajantes son instaladas apropiadamente para permitir que haya una pulgada cuadrada de bajante por cada 100 pies cuadrados de superficie de azotea. Como por ejemplo, una bajada de 4 pulgadas de diámetro debe drenar una superficie de 400 pies cuadrados.

Para evitar la transportación de hojas y basura desde una azotea, es importante tomar en cuenta la colocación de una rejilla en un marco metálico que cubra todo el canal que recolecta el agua pluvial. Las rejillas son importantes ya que reducen la frecuencia en el mantenimiento, eliminan materiales inflamables de la azotea y reducen ambientes aptos para la formación de mosquitos.

Distribución

Es el sistema que lleva el agua desde la zona de almacenaje hasta donde va a ser utilizada. El agua almacenada puede ser distribuida por medio de sistemas de bombeo o por gravedad, todo depende de la presión requerida. La distribución comienza desde el sistema de almacenaje en las bombas de flotación.

Estas bombas deben tener válvulas que regulan los niveles de agua requeridos, si el nivel de agua dentro de una cisterna baja mucho, la bomba succiona sedimentos que deben de ser evitados.

Es necesario esperar lo suficiente entre un evento pluvial y el inicio del bombeo, ya que los sedimentos tardan tiempo en asentarse. El sobre-flujo de un tanque también es considerado como parte del sistema de distribución. Estos deben tener una rejilla que impida a los

animales entrar al depósito. Para abastecer un sistema de riego es necesario colocar un filtro junto con la bomba utilizada para evitar que las tuberías para riego se tapen.

Purificación: si el agua va a ser utilizada para consumo humano debe de purificarse. El agua para consumo humano debe de ser llevada desde el depósito de almacenaje hasta un sistema de purificación (destilación solar), para finalmente ser distribuida a los diferentes puntos en donde va a ser usada. Un sistema de purificación incluye filtros, aparatos de desinfección y de control de pH.

Almacenamiento

El hecho que la tapa selle apropiadamente ayudará a prevenir la evaporación, la generación de mosquitos y la intrusión de insectos, lagartijas, roedores y pájaros. Los tanques no deben permitir que entre la luz del sol ni que propicien el crecimiento de algas. Algunos tanques tienen compartimentos que permiten que los sedimentos se asienten para evitar queden suspendidos. La entrada de agua a un tanque viene con filtros de arena o de otros sistemas de filtrado previos al almacenamiento.

El sobre-flujo de un tanque o cisterna debe desalojar el exceso de agua. La salida de este componente conviene que sea en un área dirigida al exterior, o bien a un sistema de drenaje. La salida de agua del tanque lleva al sistema de distribución. El sistema de sobre-flujo tiene que ser colocado para aprovechar el máximo volumen de agua.

Algunos tanques de almacenaje requieren una entrada de agua adicional a la del sistema, como la toma de agua de la red pública. Un sello de aire de por lo menos 14 pulgadas es necesario entre la superficie del agua y la entrada de agua alternativa. Una válvula “check” es colocada para evitar contaminación adicional desde el sistema alterno.



Figura 1 Diagrama de flujo de un sistema de captación de agua de lluvia

Como se mencionó anteriormente, el estado de Campeche sólo cuenta con tres meses de lluvias prominentes por lo que el contenedor que almacenará el agua lluvia debe ser amplio para cubrir la recirculación de agua.

Parte de esta agua, se utiliza para otras actividades por lo que, si se diera el caso de requerir mayor presión de agua, se contempló la posibilidad de usar una bomba periférica que permitiera un flujo continuo.

Si se considera un pozo como medio de almacenamiento de agua lluvia el cual suministra agua para recircular, se le adaptaría una bomba periférica.

Los filtros de agua de lluvia además de estar ubicados de tal manera que faciliten su mantenimiento, se debe cuidar que el área sea segura; los filtros no pueden sufrir daño alguno, ya sea por personas u otras razones.

Justificación

Es viable integrar un sistema de recolección de agua de lluvia que esté conformado por principios básicos, que al trabajar de manera conjunta con el suministro del agua de la red realice varias funciones, una de las más importantes es permitir la captación de agua.

De acuerdo con la SEMARNAT y la Comisión Nacional del Agua, en México llueve aproximadamente 711 mm de lluvia al año (1 mm de lluvia es igual a 1 litro por m²). Sin

embargo, el agua pluvial cae de manera desigual a lo largo de todo el territorio del país y el 67% de las lluvias se concentra entre los meses de junio y septiembre.

En Campeche se tienen lluvias prominentes en tres meses en específico: julio, agosto y septiembre. Sin embargo, en los 9 meses restantes se tiene carencia de precipitaciones. Con el hecho de recolectar agua de lluvia podremos garantizar, por un lado, el riego de nuestro jardín y hortalizas, además de un pequeño estanque que servirá como filtro de sedimentación y por medio de destiladores solares aportará agua purificada. Las hortalizas se utilizarán en el Laboratorio de Secado Solar de Alimentos ubicado en la Facultad de Ingeniería.

Un parámetro importante es la purificación del agua recolectada: el agua de lluvia tiene un grado de acidez proveniente de mezclas con otros compuestos en la atmósfera. La tecnología de destilación solar aunado a un sistema de purificación adicional, permitirá hacer incluso bebible el agua obtenida mediante el sistema de captación de agua de lluvia. Se plantea monitorear la calidad de agua destilada obtenida continuamente.

Este sistema es ideal para zonas aisladas y sin disponibilidad de agua, ya bien sea, por encontrarse en lugares poco accesibles, como es el caso de zonas montañosas, o en sectores rurales de países en desarrollo que todavía no disponen de agua potable. En este caso resultará muy útil para los pescadores de la comunidad de Lerma, porque la construcción de este sistema de recolección de agua, disminuirá el desperdicio de agua, maximizando el aprovechamiento del recurso hídrico.

4 MARCO TEÓRICO

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para uso y consumo humano. En lugares donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento a nivel domiciliario (De & Potable, n.d.).

El objetivo de los sistemas de captación de agua pluvial en un entorno urbano es la captación del agua de lluvia que cae sobre nuestras viviendas para utilizarla en tareas domésticas. Aunque esta agua no es potable, contiene una baja concentración de contaminantes dada su escasa manipulación. Por lo tanto, el agua de lluvia puede sustituir el agua potable y utilizarse para fines de limpieza como regar las plantas y el jardín, agua para la lavadora, el lavavajillas y/o el wc.

Los sistemas de captación de aguas pluviales en nuestras viviendas utilizan los tejados o las cubiertas de las casas o edificios como captadores. El agua se recoge mediante canalones y sumideros, se conduce a través de bajantes y se almacena en depósitos herméticos, mediante previo filtrado de hogas y sedimentos. Posteriormente, el agua se distribuye al resto de la

casa a través de un circuito hidráulico independiente de los sistemas de agua potable (Sistemas de Captación de Agua Pluvial - Econova Institute, n.d.).

Estos depósitos para el almacenamiento de agua de lluvia suelen estar colocados en el jardín o en otra superficie de la vivienda. Su tamaño se determina en función de la necesidad de uso del agua de lluvia y la pluviometría del lugar (Figura 2).



Figura 2 Beneficios de la recolección de agua de lluvia

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

❖ Sistema sustentable

Cuando afirmamos que recolectar agua de lluvia es sustentable, estamos haciendo referencia a que esta es una verdadera solución al problema del desabastecimiento de agua, en la medida en que es capaz de satisfacer los requerimientos o necesidades particulares del hogar en el momento presente, pero que la implementación de este sistema también permanecerá para las generaciones futuras.

Asimismo, lo más importante es que con un sistema para recolectar y almacenar el agua de lluvia se logra satisfacer una necesidad primordial sin comprometer el medio ambiente, la

economía, la comunidad o el espacio donde se instala. Los sistemas de recolección pluvial se caracterizan precisamente porque logran alcanzar sus objetivos administrando muy bien estos recursos, respetando la naturaleza.

❖ **El agua es de alta calidad**

El agua de lluvia es de alta calidad físicoquímica. No tiene residuos de químicos como cloro ni de cal, aunque no se recomienda su consumo directo. Puedes usarla para regar plantas, porque al no tener residuos minerales o cloro es fantástica para su cuidado. También puedes usarla para lavar ropa, y en las actividades de limpieza del hogar y más.

❖ **Abastecimiento de agua en época de sequía**

Uno de los efectos más devastadores del calentamiento global es que las temperaturas han aumentado, haciendo que los veranos o épocas de calor y sequía sean más prolongadas y extremas. En muchísimos lugares las temperaturas promedio de estas épocas del año se han visto alteradas, y con ello sufren las plantas y otros seres vivos, que no están acostumbrados a estas condiciones medioambientales tan rudas y terminan muriendo.

❖ **Sistema independiente**

Es muy difícil y engorroso depender de las veleidades de un sistema de acueductos que no es confiable o, peor aún, tener que contratar camiones cisterna que surtan el área donde vives y estar sujeto a la disponibilidad del servicio además de tener que pagar un montón de dinero.

Olvídate de tener que esperar por otras personas, preocuparte si tendrás agua suficiente para enfrentar la época de calor; con el sistema de captación pluvial podrás resolver el problema del abastecimiento del agua en tu hogar de forma permanente pues te permitirá reutilizar el agua de lluvia y almacenarla hasta que la necesites.

❖ **Baja inversión de larga duración**

Los sistemas de captación pluvial requieren una inversión inicial bastante discreta, aún si se tienen en cuenta los gastos de instalación, pero está hecho para durar durante varias generaciones pues se elabora con materiales de calidad. Como no tiene elementos electrónicos, su instalación y mantenimiento es bastante sencillo. Además, no consume electricidad ni ningún otro tipo de combustible. Esto es de verdad sostenible, sustentable y amable con el medio ambiente.

❖ **Abastecimiento de agua dulce en zonas costeras**

El sector pesquero consume gran cantidad de agua dulce, para el uso de lavado de sus productos se requiere gran cantidad de agua, por ello, es indispensable el tener un suministro de agua dulce para las necesidades de los pescadores ya sea de lavado de sus productos, lavado de manos o lavado de área de trabajo.

❖ **Reduce inundaciones y erosión**

El calentamiento global también ha afectado las temporadas de lluvias, haciendo que las precipitaciones se hagan más frecuentes y densas en momentos menos esperados, lo que causa erosión e inundaciones.

Cuando tienes un sistema de captación pluvial, el agua de lluvia se canaliza hacia un tanque de almacenamiento, en donde podrá mantenerse potable por muchos meses (Características y Beneficios Del Sistema de Captación Pluvial - Rotoplas Centroamérica, n.d.).

4.2 TIPOS DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA

Existen tres tipos principales: bombeo directo, bombeo indirecto y gravedad indirecta, en ciertas situaciones es posible tener un sistema puramente gravitatorio, aunque este método no suele ser tan frecuente.

Bombeado directo (sumergible): este sistema de captación pluvial es perfecto para uso doméstico y uno de los más fáciles de instalar. La bomba se ubica dentro de un tanque subterráneo y el agua recolectada, se bombea directamente para los distintos usos de la casa.

Bombeo directo (succión): este sistema de captación pluvial lleva la bomba fuera del tanque y se recomienda para espacios amplios o en propiedades con gran cantidad de consumo de agua.

Gravedad indirecta: en este tipo de sistema de captación pluvial el agua recolectada se bombea primero a un tanque de alto nivel (tanque de cabecera), y la bomba sólo funciona cuando el tanque del colector necesita ser llenado (5 Sistemas de Recogida de Agua de Lluvia, n.d.).

A continuación, en la figura (Figura 3) se presentan los componentes indispensables que conforman un sistema de captación de agua lluvia.

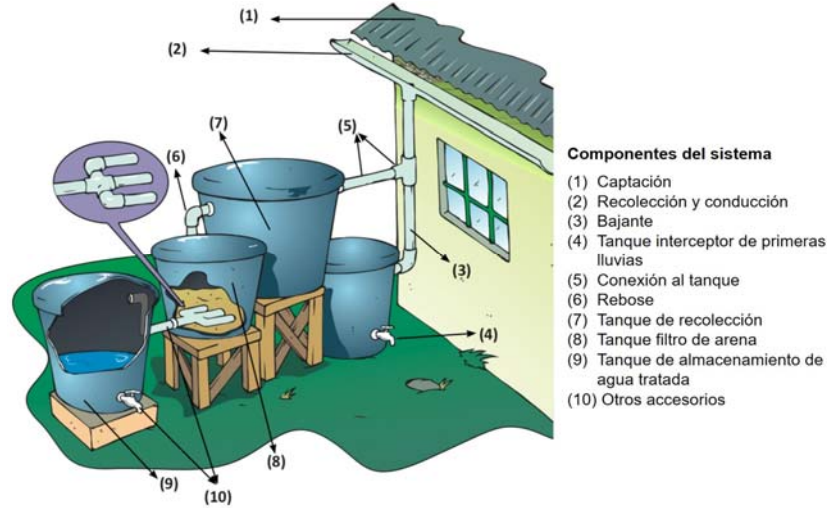


Figura 3 Componentes del sistema de captación de agua

4.3 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Objetivo general

Aprovechamiento del recurso hídrico para aplicaciones sustentables mediante captación de agua de lluvia para la comunidad pesquera en Lerma.

Objetivos específicos

1. Aprovechamiento del agua para el uso de lavado de pescado y necesidades de la Planta de secado solar.
2. Purificación de agua por medio de destiladores solares.
3. Abastecimiento de agua para las viviendas contiguas a la Planta.

Detección de necesidades

Existen zonas como campos, ranchos, lugares montañosos, edificios aislados en los cuales se podría adaptar el sistema con el fin de tener agua dulce almacenada para riego o aplicaciones de uso diario, en este caso sería para comunidades aledañas a la Planta de secado solar donde el agua es indispensable para los pescadores ya que utilizan una gran cantidad de agua y el servicio de agua es intermitente durante el día.

Los mantenimientos requeridos son mínimos por los tipos de materiales aplicados, programadamente se realizan la limpieza de filtros, inspección de tuberías, etc. La parte de

destilación solar es una aplicación fundamental para consumo, eliminando bacterias, partículas disueltas y organismos.

5 DISEÑO DEL SISTEMA



Figura 4 Modelado del sistema con el programa Sketchup

El sistema de captación de agua lluvia se localiza en el nivel más bajo del terreno de la Facultad de Ingeniería. Mantiene dimensiones de 2x3 metros y una profundidad de 30 cm, se considera un volumen de 1800 litros. El agua pasa a través de una cascada artificial que permitirá un filtrado de partículas sólidas, además se colocará vegetación a un costado del estanque donde también se aprovechará el agua para riego (microaspersión o goteo). El tanque de almacenamiento (cisterna) tiene una capacidad de 1100 litros (Alberto et al., 2020).

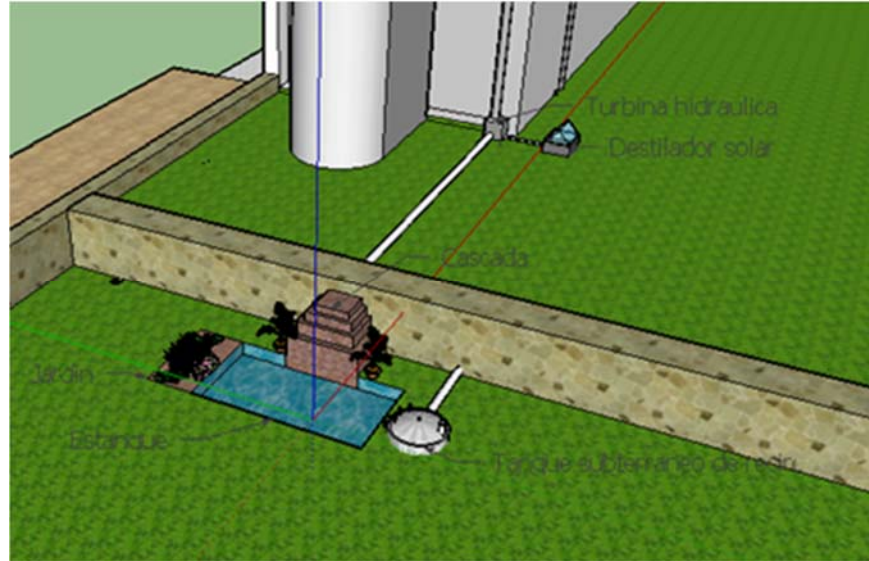


Figura 5 Vista lateral del estanque. Nivel 1 (sobre el suelo) y Nivel 2 (localización del sistema)

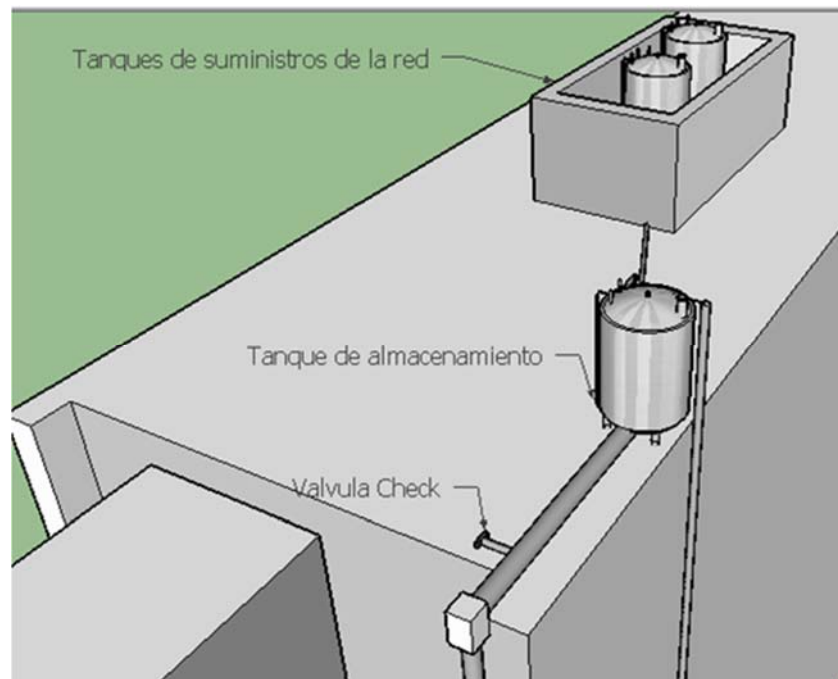


Figura 6 Vista superior del tanque sobre el edificio B.

El primer sistema de filtración se encontrará antes de bajar el agua por la tubería, la tubería viaja 12 metros hacia abajo donde llega al nivel 1 del edificio donde se encuentra localizado el estanque.

El sistema tiene suministro de agua por medio de la red disponible y mediante la captación de agua de lluvia que entra por la válvula check cuando el nivel del agua de la azotea tiende a subir.

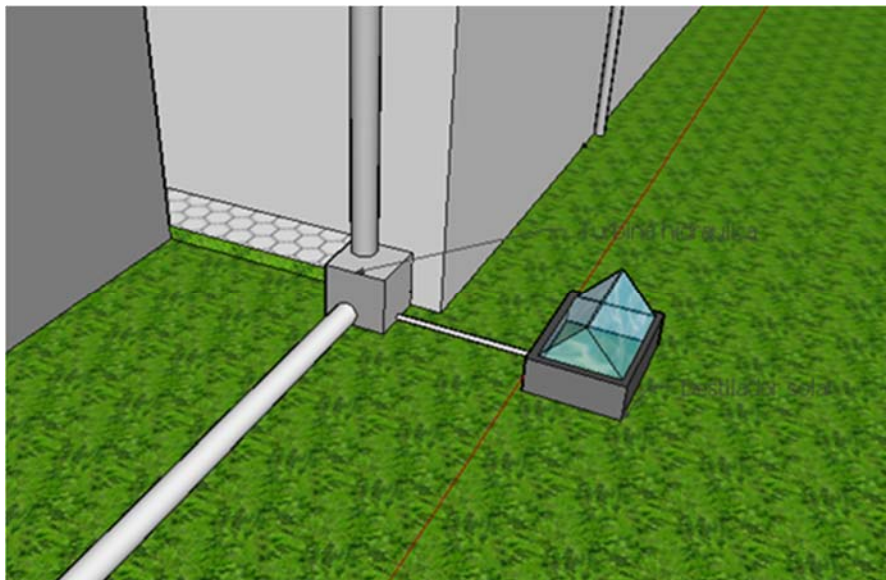


Figura 7 En la imagen se muestra un cuadro que representa un soporte para evitar se mueva la tubería. Se divide la tubería y el agua se dirige hacia un destilador

5.1 PLANOS ARQUITECTÓNICOS

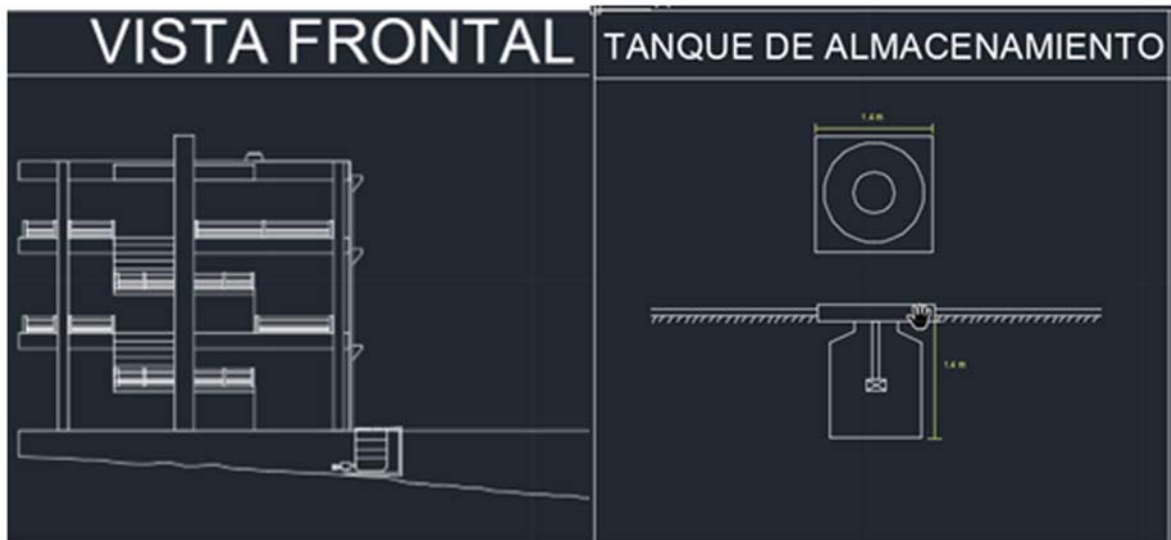


Figura 8 Vistas del edificio B y colocación del sistema de almacenamiento.

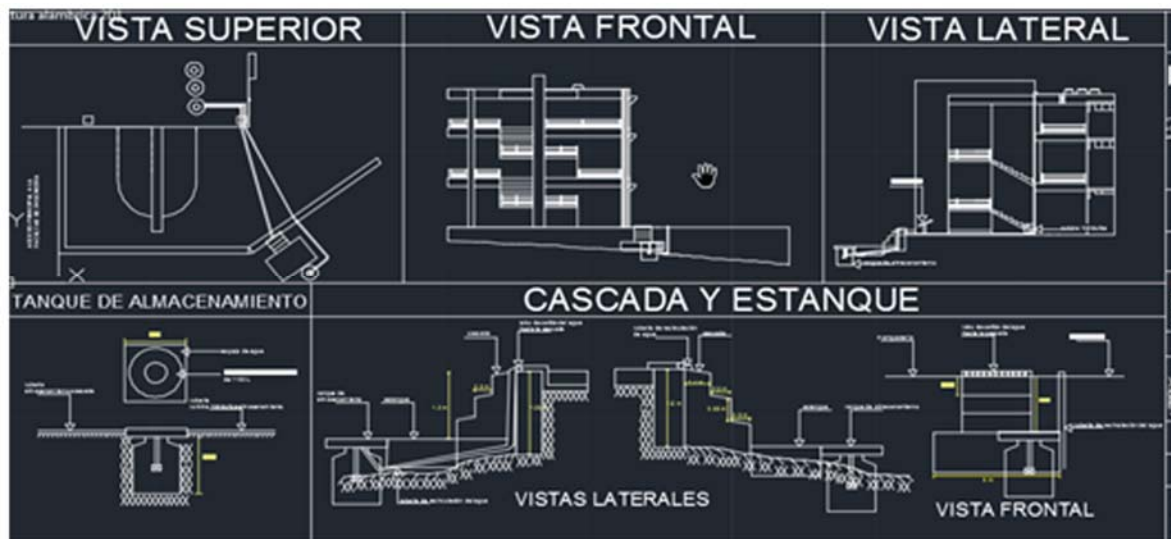


Figura 9 Tanque de almacenamiento y vista frontal del edificio.

5.2 RESULTADOS DEL CÁLCULO

- Caudal de bajada: 8.94 lts/s
- Velocidad de flujo en tubería: 1.11 m/s
- Velocidad a la salida de la turbina 14.87 m/s

Consideraciones: Agua a Temperatura Ambiente, densidad de 1000 kg/m³, presión atmosférica 1 atm.

De la página de gobierno de la CONAGUA podemos obtener los siguientes datos de precipitaciones en mm, que serán útiles para calcular la cantidad de agua que recolecta nuestro sistema.

Tabla 1 Precipitación (mm) en el Estado de Campeche 2022.

Entidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Campeche	65.0	57.3	52.3	79.2	141.3	180.9	138.1	199.3	187.8	127.2	129.9	65.1	1423.2

Si un mm de agua caída equivale a un litro por metro cuadrado de agua, según las precipitaciones registradas en la tabla anterior, podemos decir que junio, julio, agosto y septiembre son los meses que más agua cae en el estado, por lo que nuestro sistema de captación de agua lluvia puede recaudar la siguiente cantidad de agua.

Tabla 2 Cantidad de agua recolectada por mes.

Mes	Precipitación en mm	Superficie de área recolectora en m ²	Agua recolectada en litros
Junio	180.9	60.5	10,944
Julio	138.1	60.5	8,355
Agosto	199.3	60.5	12,057
Septiembre	187.8	60.5	11,361.9

Bomba

En la tabla 3 se muestran las especificaciones del motor que está instalado en el sistema de captación de agua lluvia.

Tabla 3 Datos técnicos de la bomba de agua instalada en el sistema de captación de agua lluvia.

	QB60
Tipo de motor	1 Fase
Tensión	1F – 120V ~
Frecuencia	60 Hz
Corriente	5 A
Potencia	0,37 KW(1/2 HP)
Grado de protección	IP44
Velocidad	3 450 r/min
Ø Succión	2,54 cm (1” FNPT)
Ø Descarga	2,54 cm (1” FNPT)
Máxima profundidad de succión	8 m
Máximo caudal	30 L/min
Altura manométrica mínima	2 m
Altura máxima	24 m
Paso de sólidos	3 mm
Máxima temperatura líquida	35°C
Máxima temperatura ambiente	40° C
Tipo de sujeta cables	Y
Tipo de aislamiento térmico de los devanados del motor (CI)	Clase F
Clase de construcción de la herramienta	Aislamiento básico
Tipo de conductor eléctrico	18 AWG

	Protección térmica incluida
--	--------------------------------

6 DESTILADOR SOLAR

La destilación solar es una manera simple de destilar agua, usando el calor del sol extrayendo el agua de la evaporación del suelo húmedo o del aire ambiental para condensarlo en alguna superficie. El modo de funcionamiento de un destilador solar consiste en la réplica del efecto invernadero o del ciclo hidrológico del agua.

Como se mencionó anteriormente, uno de los componentes principales del sistema de captación de agua de lluvia son tres destiladores solares. Para el destilador solar se puede considerar una tubería de $\frac{1}{2}$ pulgada, se requiere un caudal muy pequeño para simular el efecto de destilación. Esta tubería sale posterior a la caída del agua lluvia por la tubería de 1 plg. La dimensión del destilador es de 1.26 m de largo por 85 cm de ancho. Los destiladores solares tienen un flotador en su interior para asegurar que no se sobrepase el nivel de agua permitido.



Figura 10 Destiladores solares.

7 RESULTADOS DE LA INSTALACIÓN.

Sistema de captación de agua de lluvia en la Facultad de Ingeniería Campus V

Es importante mencionar que este sistema de captación se instaló en la Facultad de Ingeniería para su evaluación, donde se probó su viabilidad como sistema para captar y purificar agua de lluvia. Se aprovechó un espacio en el que ya se tenía construido un estanque, mismo que fue construido por alumnos de la Facultad, como parte de la materia de Energía y Medio ambiente. Se presentan a continuación las labores realizadas para la instalación del sistema de captación de agua de lluvia contemplando desde el inicio de sus componentes hasta la conclusión de dicho sistema.

1. Después de seleccionar el lugar y delimitar el área donde se instaló el sistema de captación de agua se realizó un estudio topográfico de la zona con el fin de verificar la inclinación del terreno.



Figura 11 Preparación del área del sistema de captación de agua lluvia.

2. Se excavó para poder construir un estanque de 2 metros de ancho y 3 metros de largo con una profundidad 30 cm, resultando con una capacidad volumétrica de 1,800 litros. Se dejaron los orificios por donde pasan los tubos de drenaje y de la bomba.



Figura 12 Proceso de construcción del sistema de captación de agua de lluvia.

3. Se instaló la cisterna de almacenamiento de agua (rotoplas) con capacidad de 1,100 litros, donde se almacena el agua limpia que pasa por el filtro de agua acoplado en la tubería.



Figura 13 Instalación de tanque de almacenamiento con capacidad de 1100 litros.

4. Para captar el agua de lluvia se utilizó tuberías de 1 pulgada, las cuales están instaladas a un costado del edificio B de la Facultad de Ingeniería el cual se conecta a la parte superior del estanque donde se procederá a descargar el agua colectada durante las precipitaciones.



Figura 14 Recorrido del agua de lluvia por tubería de 1 pulgada.



Figura 15 Azotea del edificio B de la facultad de ingeniería.

5. Se repelló y pintó el depósito de agua (estanque) para darle integridad a la estructura de concreto además de protegerlo de la humedad, en este caso se optó por pintura azul impermeabilizante resistente al agua.



Figura 16 Estante del sistema de captación de agua lluvia.

6. Se instaló la tubería de desagüe en la parte inferior esto con el fin de hacerle mantenimiento de limpieza y en la parte superior se instaló una tubería que aprovecha el efecto de sedimentación del estanque, donde se absorbe el agua más limpia sobre la superficie, esta tubería se direcciona hacia un filtro de agua que impide el paso de las partículas más pequeñas, permitiendo que el agua llegue a la cisterna de almacenamiento lo más limpia posible. En la parte superior del estanque se perforó un tubo con secciones uniformes, este tubo imita a una cascada, permitiendo la oxigenación del agua además de cumplir función como filtro de basura en caso de haber pasado el primer filtro que se encuentra en la azotea del edificio B, este tubo direcciona el agua recolectada por la azotea y desciende hacia el estanque.



Figura 17 Vista frontal del sistema de captación de agua lluvia.

8 CONCLUSIONES

Con base en el presente proyecto se busca el aprovechamiento del sistema de captación de agua de lluvia para generar agua de calidad, apta para el consumo en las actividades cotidianas de los pescadores de la población de Lerma. Esta práctica ambientalmente sostenible ofrece numerosos beneficios, por ejemplo; sostenibilidad ambiental, ahorro de recursos, reducción de inundaciones, calidad del agua y contribución a la autosuficiencia.

1. Sostenibilidad ambiental: la captación de agua de lluvia es una forma eficiente de utilizar un recurso natural renovable. Al aprovechar la lluvia, se reduce la dependencia de fuentes de agua no renovables, como los acuíferos subterráneos.
2. Ahorro de recursos: implementar este tipo de sistemas puede contribuir al ahorro de agua potable, especialmente en regiones propensas a la escasez de agua. Esto puede ser beneficioso tanto a nivel doméstico como industrial.
3. Reducción de inundaciones: el sistema de captación de agua de lluvia puede ayudar a mitigar las inundaciones al reducir corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o artificiales, dirigiendo el agua de lluvia hacia sistemas de almacenamiento y evitando la saturación de los sistemas de drenaje.
4. Calidad del agua: se mencionó que dicho sistema cuenta con tres destiladores solares conectados en serie que mediante energía solar calientan el agua de lluvia y luego condensan el vapor resultante, dejando atrás impurezas y contaminantes. Aunado a esto se debe considerar que esto depende de la calidad del agua de lluvia en la región donde se encuentra instalado. Además, la captación de agua de lluvia puede proporcionar una fuente de agua de buena calidad para usos no potables, como riego y lavado de vehículos.
5. Contribución a la autosuficiencia: la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia puede fomentar la conciencia ambiental y la responsabilidad individual en la gestión de recursos hídricos. Por ello, la promoción de prácticas sostenibles y la comprensión de los beneficios pueden ser clave para su adopción generalizada.

Por otra parte, a pesar de sus beneficios se debe considerar que los sistemas de captación de agua de lluvia pueden enfrentar desafíos técnicos, como la necesidad de un mantenimiento adecuado para garantizar la calidad del agua almacenada. Además, el cumplimiento de la normativa medioambiental en la zona donde se va a instalar es un factor clave para asegurar el éxito en el proyecto.

Sin embargo, es importante señalar que el éxito y la eficacia de un sistema de captación de agua de lluvia depende de diversos factores, incluyendo la cantidad de lluvia en la región, el diseño del sistema, la calidad del agua captada y la capacidad de almacenamiento. Además, la seguridad sanitaria debe ser una consideración clave para garantizar que el agua recolectada sea segura para su uso previsto.

En conclusión, el sistema de captación de agua de lluvia ofrece una solución sostenible para abordar los desafíos relacionados con el suministro de agua, al tiempo que contribuye a la conservación de recursos hídricos y la reducción de impactos ambientales negativos. Por lo tanto, su éxito depende de la comprensión, el compromiso y la gestión adecuada tanto a nivel individual como a nivel comunitario.

9 BIBLIOGRAFÍA

<http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/pronostico-climatico/precipitacionform?view=visproncliprec>.

<http://www.accuweather.com/es/mx/campeche/231865/june-weather/231865>

Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, en cooperación con el Instituto de Agricultura Tropical (Nigeria), 2000.

Captación de agua de lluvia y almacenamiento en tanques de ferrocementos: Manual técnico. Instituto Politécnico Nacional, Dirección de Publicaciones, 2007.

IV. “Agua para el consumo humano”. Informe sobre desarrollo humano. 2006. Naciones Unidas.

“El problema del agua”. Cumbre de Johannesburgo 2002. Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas DPI/2253/Rev.2 - mayo de 2012

Absalón Vásquez Villanueva, Issaak Vásquez Romero, Cristian Vásquez Romero. “Cosecha de Agua de Lluvia: Y su impacto en el proceso de desertificación y cambio climático”. Primera edición, 2014.

Fernández A. “Conservación del agua: única alternativa para el futuro”. Enero - marzo, 2001. Tláloc, No. 21, p.2. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

5 sistemas de recogida de agua de lluvia. (n.d.). Retrieved November 16, 2023, from <https://blog.structuralia.com/sistemas-de-recogida-de-agua-de-lluvia>

Alberto, G., María, L., & María, U. (2020). Revista de Ingeniería Innovativa Aprovechamiento sustentable del recurso hídrico mediante un sistema de captación de agua de lluvia y red de suministro Sustainable use of water resources through a rainwater

harvesting system and supply network. Junio, 4, 27–34.
<https://doi.org/10.35429/JOIE.2020.14.4.27.34>

Características y beneficios del sistema de captación pluvial - Rotoplas Centroamérica. (n.d.). Retrieved November 17, 2023, from <https://rotoplascentroamerica.com/caracteristicas-y-beneficios-del-sistema-de-captacion-pluvial/>

De, P., & Potable, A. (n.d.). LINEAMIENTOS TÉCNICOS: SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA A NIVEL VIVIENDA.

Sistemas de Captación de Agua Pluvial - Econova Institute. (n.d.). Retrieved November 16, 2023, from <https://econova-institute.com/sistema-captacion-pluvial/>