

Diseño de un sistema de captación de agua pluvial para casa habitación

César Argüelles López ^{1,*}, Claudia Itzel Vázquez Moreno ², Edwin Daniel Méndez Cruz ³ y Miguel Ángel López Ramírez ³

¹ Departamento de Ingeniería en Mecatrónica e Ingeniería Empresarial, TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Martínez de la Torre, Veracruz, México.

² Departamento de diseño y construcción, Empresa de estudios topográficos: proyectos y construcciones, Martínez de la Torre, Veracruz, México.

³ Departamento de Ingeniería Ambiental, TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Martínez de la Torre, Veracruz, México.

* Autor de correspondencia: arguelles457@gmail.com

Desarrollo Sustentable.

Resumen: En este artículo se presenta el diseño de un sistema de captación de agua pluvial como solución a uno de los problemas más grandes que existen en la actualidad por falta de suministro de agua en algunas zonas rurales y urbanas, las cuales resultan afectadas por la escasez de agua y por la falta de red de agua entubada o potable. En este sentido, el proyecto busca ofrecer una alternativa para la captación y almacenamiento de agua pluvial en las casas-habitación, principalmente, a través de un dispositivo semiautomático que la capta y almacena para que pueda ser usada en actividades domésticas e higiénicas. El proyecto se enfoca en la construcción de un prototipo a través de la metodología de Bruce Archer y adecuaciones de otros modelos que ya existen en el mercado, como los sistemas SCALL, los sistemas de captación de Rotoplas, proyectos como SMARTTANK, PHOTOFLOW, RAIDPOD, entre otros. El objetivo es aportar una alternativa para el aprovechamiento del agua pluvial y resolver un problema de escasez de agua que cada vez es más evidente, no solo en zonas rurales, sino en zonas urbanas, ya que el proyecto puede ser extrapolado para múltiples aplicaciones y necesidades. Por último, es importante mencionar que el proyecto presenta ventajas respecto a otras formas de captación y almacenamiento de agua, por ejemplo: es más económico, se puede instalar en las azoteas de las casas, es plegable, puede conducir el agua hacia depósitos cerrados para evitar la incubación de mosquitos, es adaptable para funcionar con energía solar a través de fotoceldas y almacenándola en baterías para el uso posterior. Además, es de fácil replicabilidad por su bajo costo de materiales.

Palabras clave: Agua pluvial; Captador pluvial; Diseño; Prototipo; Aprovechamiento.

Design of a rainwater collection system for a home

Abstract: This article presents the design of a rainwater harvesting system as a solution to one of the biggest problems that currently exist due to lack of water supply in some rural and urban areas, which are affected by the scarcity of water. water and the lack of piped or potable water network. In this sense, the project seeks to offer an alternative for the collection and storage of rainwater in houses-dwellings, mainly through a semi-automatic device that captures and stores it so that it can be used in domestic and hygienic activities. The project focuses on the construction of a prototype through the Bruce Archer methodology and adaptations of other models that already exist in the market, such as SCALL systems, Rotoplas capture systems, projects such as SMARTTANK, PHOTOFLOW, RAIDPOD, among others. The objective is to provide an alternative for the use of rainwater and solve a problem of water scarcity that is increasingly evident, not only in rural areas, but also in urban areas, since the project can be extrapolated for multiple applications and needs. Finally, it is important to mention that the project has advantages over other forms of water collection and storage, for example: it is more economical, it can be installed on the roofs of houses, it is foldable, it can lead the water into closed tanks for prevent mosquito incubation, it is adaptable to run on solar energy through photocells and storing it in batteries for later use. In addition, it is easy to replicate due to its low cost of materials.

Keywords: Rainwater; Rain collector; Design; Prototype; Exploitation.

Introducción

En la mayoría de las áreas rurales y urbanas el adecuado abastecimiento de agua para satisfacer la creciente demanda de la población y asegurar la equidad al acceso del agua resulta un reto significativo y urgente que tienen que considerar las autoridades correspondientes. Existen dos soluciones para satisfacer el manejo sostenible del agua: la primera es encontrar nuevas alternativas para el abastecimiento y la segunda es utilizar, de manera eficiente, los limitados recursos disponibles. Hasta ahora los esfuerzos se han centrado en la primera opción y solamente se ha dado limitada atención a la segunda. Una alternativa con potencial es usar el agua de lluvia, ya que para su colecta sólo se requiere de un sistema de captación, el cual tiene ciertas ventajas, como: un ahorro de energía, ya que se evita todo el proceso de extracción, el sistema de distribución y el bombeo para su transporte al área de suministro. Además, el tratamiento requerido para garantizar la calidad adecuada para el uso en actividades humanas, es relativamente barato. Una desventaja es que la disponibilidad de agua se limita a las temporadas de precipitación altas y varía para cada región

del país. También, depende del tamaño del área de captación y del tamaño de cisterna de la edificación en caso de ya estar implementada (Rojas, 2012). En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no virga, neblina, ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o monto pluviométrico (Davies, 2021). Un sistema de captación de agua de lluvia es cualquier tipo de ingenio para la recolección y el almacenamiento de agua de lluvia, y cuya viabilidad técnica y económica depende de la pluviosidad de la zona de captación y del uso que se le dé al agua recogida (Ordaz, 2021).

Este proyecto busca ofrecer una alternativa viable para solucionar un problema que cada vez es más evidente por el incremento de la población y por la escasez de agua. En este sentido, es importante crear soluciones que aprovechen los recursos naturales sin afectar al medio ambiente. Además, recolectar el agua de lluvia puede ayudar a los hogares a ser autosuficientes en zonas en las que no hay conexión a las redes municipales, o también para contribuir al ahorro del vital líquido y disminuir la demanda sobre el suministro público, además que protege el flujo de los ríos o las aguas subterráneas, ya que disminuye la necesidad de extraerla de fuentes naturales, la cultura de la captación de agua de lluvia ha empezado a ser una solución real para sus habitantes, donde gracias a este método cuentan con agua durante la temporada pluvial, que es de casi seis meses al año (Moscoso, 2021). El objetivo de la investigación es aportar una alternativa para el aprovechamiento del agua pluvial y resolver un problema de escasez de agua que cada vez es más evidente, no solo en zonas rurales, sino en zonas urbanas, ya que el proyecto puede ser extrapolado para múltiples aplicaciones y necesidades.

Materiales y Métodos

El proyecto, se desarrolló a través de una metodología de diseño integrada y adaptada por diferentes autores. De acuerdo con Archer (1968), el diseño se define como una serie de pasos, en el que el primero es seleccionar los materiales correctos, después darles forma para satisfacer las necesidades de función y estéticas dentro de las limitaciones de los medios de producción disponibles. Por lo tanto, el proceso de diseño debe contener fundamentalmente las siguientes tres etapas: la analítica, la creativa y la ejecutiva.

Por lo anterior, la figura 1 muestra la metodología usada para llevar a cabo el proyecto.

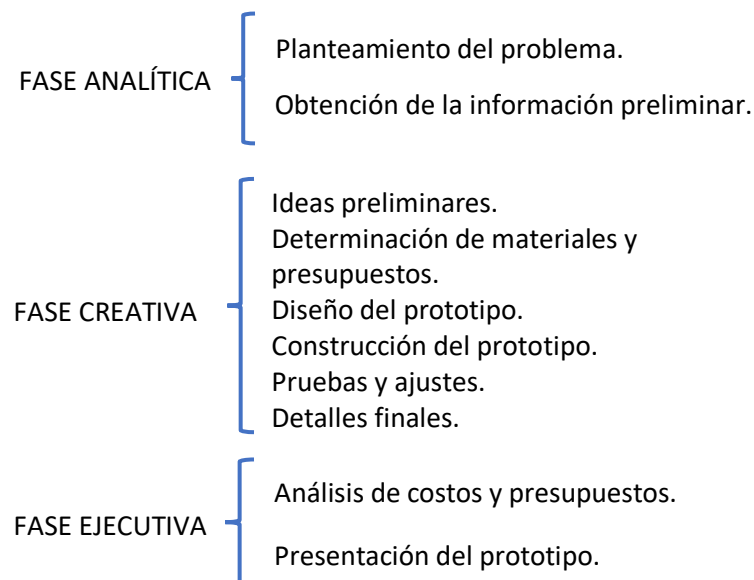


Figura 1. Esquema de metodología de diseño para el proyecto.

Para demostrar el funcionamiento del dispositivo, se realizó un prototipo de prueba considerando materiales reciclados. Algunos de los materiales que se ocuparon, son: CPVC (las varillas y el ducto donde se conducirá el agua recolectada), madera, cartón, tornillos, tuercas, desarmadores, lona de plástico, motorreductores en L 48:1 de dos ejes,

una tarjeta Arduino y una tarjeta Shield controlador de motor L293d, cable calibre 22, bandas para la elevación de las astas, cargador o fuentes para la realización de pruebas.

El bosquejo del dispositivo recolector de agua pluvial se muestra en la figura 2. En éste, se pueden apreciar los componentes básicos para construir el prototipo de prueba.

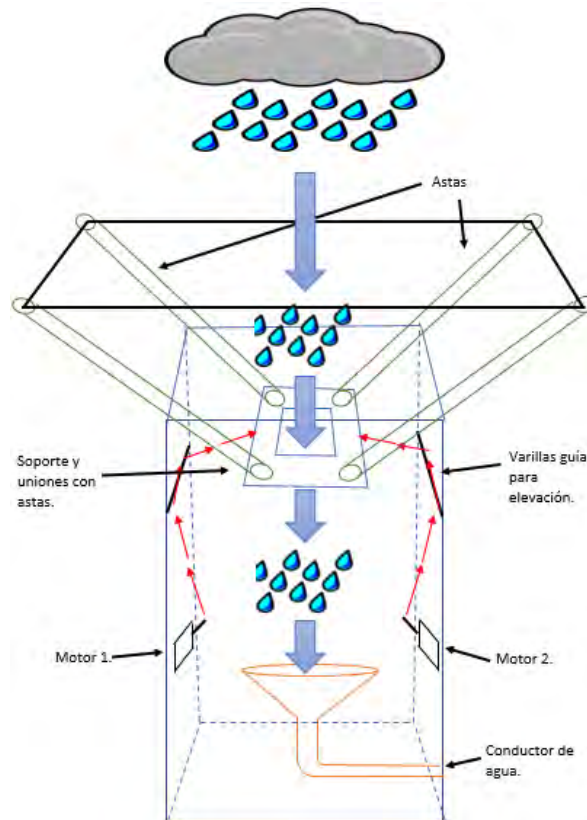


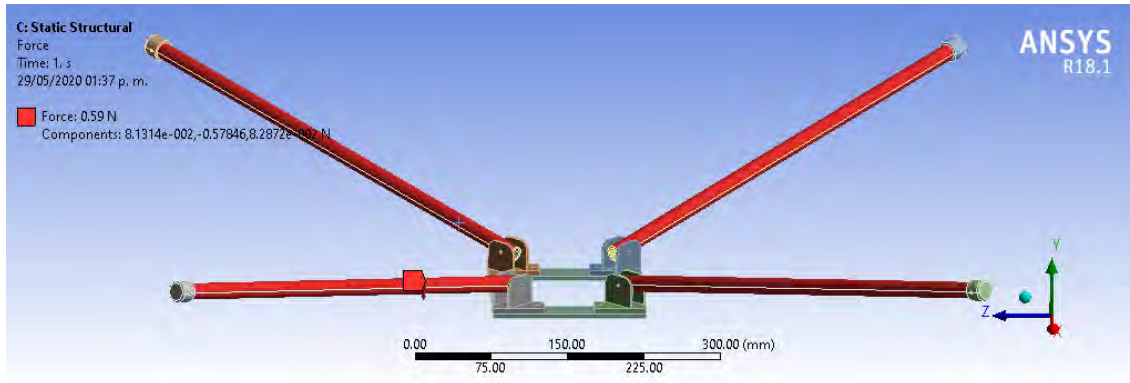
Figura 2. Vista interna extendida del sistema captador.

Resultados y Discusión

En este proyecto, se realizaron dos diseños en 3D; el primer diseño se realizó en SolidWorks (figura 3) para una mejor visualización y para la determinación de las propiedades de cada componente sobre la base de las astas, ya que este software puede determinar las masas de cada uno de ellos. El segundo diseño fue creado en AutoCAD (Figura 4) en el que se visualizan los elementos exteriores, así como las acotaciones de una casa habitación, el almacenamiento de agua (color amarillo), el conducto (color azul), el captador de agua (color café y azul) y la casa habitación estándar (color gris).

Gracias a la tecnología se realiza un análisis de elementos finitos (FEA) con el software ANSYS, con el objetivo de modelar y observar si existen problemas estructurales o de rendimiento. Para realizar un FEA en el software se requiere realizar un mallado sobre el cuerpo del que se desea conocer su comportamiento, tal como lo muestra la figura 5. Para realizar las pruebas de elementos finitos, se cargó el ensamble y se configuraron las propiedades de los materiales para poder realizar el mallado del ensamble, tratando de abarcar lo más que se pueda la geometría.

Después de realizar las pruebas de resistencia, se procedió a realizar la programación, para la cual fue necesario agregar una librería a la paquetería de Arduino para usar Motor Shield de Adafruit, iniciando la programación con el símbolo de numeral (#) y se especifican que motores se van a utilizar de acuerdo a la conexión y a la tarjeta Shield (motor 1 y 2), se especifica la comunicación serial y la velocidad que usan los motores en la sección void setup. Finalmente, en la sección de Void loop se realizan las condiciones de avance y retroceso de los motores con ayuda del comando “if” para que las acciones sean realizadas al mismo tiempo (Figura 6).



(a)

```

Programaci_n_del_sistema §
#include <AFMotor.h>
AF_DCMotor motor1(1);
AF_DCMotor motor2(2);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  motor1.setSpeed(200);
  motor2.setSpeed(200);
}

void loop() {
  char data = Serial.read();
  if(data == 'A'){
    motor1.run(FORWARD);
    motor1.setSpeed(50);
    motor2.run(FORWARD);
    motor2.setSpeed(50);
    Serial.print("MANDO DE AVANCE = ");
    Serial.write(data);
    Serial.println ();
  }
  if(data == 'S'){
    motor1.run(BACKWARD);
    motor1.setSpeed(50);
    motor2.run(BACKWARD);
    motor2.setSpeed(50);
    Serial.print("MANDO DE RETROCESO= ");
    Serial.write(data);
    Serial.println ();
  }
  if(data == 'D'){
    motor1.run(RELEASE);
    motor2.run(RELEASE);
    Serial.print("MANDO DE STOP O PARO= ");
    Serial.write(data);
    Serial.println ();
  }
}

```

(b)

Figura 6. (a) Fuerza en astas y (b) Programación para el prototipo.

Una vez diseñado y programado el dispositivo, se procedió a realizar la construcción del prototipo de prueba con materiales reciclables para valorar su funcionamiento. La construcción se llevó a cabo a través de los siguientes pasos:

1. Ensamble del soporte de astas.
2. Ensamble de la caja del sistema captador de agua pluvial.
3. Instalación de sujetadores y astas del catador pluvial.
4. Instalación de motores.
5. Colocación de Arduino y tarjeta Motor Shield en el prototipo.
6. Colocación de motores, soporte y astas en el prototipo.
7. Realización de las conexiones de los componentes.
8. Colocación de lona permeable.

Como resultado del proceso se obtuvo el prototipo de prueba de la figura 7. Es importante mencionar que crear el prototipo a escala con materiales reciclables fue únicamente para demostrar el funcionamiento de la alternativa que se presenta en este proyecto. La finalidad del proyecto es crearlo con materiales resistentes e implementarlo a escala para obtener la mayor captación de agua posible.



Figura 7. Prototipo armado.

De acuerdo con las pruebas realizadas (Figura 8), se obtuvo un prototipo funcional que obedece a todas las instrucciones dadas a través del sistema electrónico. Por lo tanto, el diseño puede realizarse con los materiales resistentes y a escala para su instalación en techos de las casas-habitación para la recolección de agua pluvial.



Figura 8. Pruebas en el prototipo.

Para desarrollar el proyecto real, con materiales resistentes y a las dimensiones requeridas de acuerdo a las necesidades de una casa-habitación, se realizó la cotización mostrada en la tabla 1, dando como resultado que el proyecto se puede llevar a cabo con una inversión de 2,997.60 pesos, aproximadamente.

Tabla 1. Costos del prototipo real.

No.	MATERIAL	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
1	Cemento	Bulto de 50 kgs.	1	\$ 160.00	\$ 160.00
2	Tabique rojo recocido	Por pieza	40	\$ 9.00	\$ 360.00
3	Arena	Por lona	1	\$ 21.00	\$ 21.00
4	Grava	Por lona	1	\$ 23.00	\$ 23.00
5	Varilla de acero inoxidable	Set de 6, Lisa redonda 5/16 x 1 metro	4	\$ 720.00	\$ 720.00
6	Motor a Pasos Tipo Nema	17hs4401 x 1 pz	2	\$ 225.00	\$ 450.00
7	Cable para Motor a Pasos Nema 17 C/Conectores	1 Metro de largo	1	\$ 67.30	\$ 134.60
8	Driver Motor A Pasos 4a Cnc Nema Tb6600 Hy-div268n-4a	Microcontrolador Driver	1	\$ 244.00	\$ 244.00
9	Panel solar Policristalino	Alimentación 10 Watts 12 v	1	\$ 420.00	\$ 420.00
10	Lona multiusos impermeable 1.5x2 Mts Reforzada Toldo Carpa	Refuerzo de plástico y material de polipropileno	1	\$ 135.00	\$ 135.00
11	Tubo PCV hidráulico	2 pulgadas x 6 metros	1	\$ 330.0	\$ 330.00
				TOTAL	\$ 2997.60

Sin duda alguna, la tecnología ha contribuido al aprovechamiento de los recursos naturales como una alternativa para satisfacer diversas necesidades. Algunos autores coinciden que el aprovechamiento del agua de lluvia es importante en el desarrollo sostenible de diferentes regiones o asentamientos humanos, ya que la escasez del vital líquido y la falta de redes de distribución de agua causan problemas comunitarios, sobre todo, en aquellas comunidades aledañas y en ciudades donde el suministro de agua entubada no es suficiente. De acuerdo con Ballén et. al. (2006), “las nuevas tecnologías y los materiales modernos permiten que los sistemas para el aprovechamiento de agua de lluvia sean factibles y estén al alcance de las comunidades donde se carece de un suministro adecuado de agua”. En este sentido, la generación de alternativas, basadas en el desarrollo tecnológico, se vuelven importantes para impactar positivamente diversas necesidades.

Aun cuando la tecnología podría resolver numerosos problemas ambientales y necesidades de los asentamientos humanos, a causa de la escasez del agua y carencia de redes de distribución de agua entubada, tiene algunas desventajas. Por ejemplo, el sistema de captación de agua estará sujeto a la cantidad de lluvia en cada zona geográfica y a la temporada de lluvias. Sin embargo, existen otras alternativas a la propuesta presentada en esta investigación. El prototipo generado, demuestra que se pueden generar estrategias viables para resolver problemas de escasez, aprovechando los recursos naturales como el agua de lluvia y la energía solar.

Conclusiones

De acuerdo con las pruebas realizadas al prototipo muestra, el dispositivo funciona adecuadamente. Sin embargo, tiene ciertas restricciones, y algunas recomendaciones para mejorar el prototipo real, son: adecuar motores con mayores capacidades, ya que la implementación en el techo de la casa habitación se requiere de motores con más torque, una fijación del soporte más exacta, una programación más completa en el sentido de agregar temporizadores y límites, agregar sensores de posición u otros sensores que se adecuen al funcionamiento. Además, integrar sensores de agua y/o lluvia para crear un captador de agua automático. Por último, también es recomendable crear un captador de agua pluvial con características similares a las de este proyecto, pero cambiando su perfil de eléctrico a mecánico ya que existen asentamientos humanos en colonias o ejidos aledaños que no cuentan con proyectos de agua, electrificación y drenaje.

Bibliografía

- Archer, B. (1968). *Systemic method for designers*. Londres: Royal College of Art.
- Ballén, J., Galarza, M., & Ortíz, R. (2006). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia. *Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua*, 1-12. Retrieved from <https://acortar.link/zWz7rK>
- Davies, E. (2021, Enero 20). *¿Cuál es el lugar más húmedo del planeta?* Retrieved from <https://cutt.ly/3WU691M>
- Moscoso, C. (2021, Enero 23). *Isla Urbana*. Retrieved from <https://cutt.ly/JWU6bn3>
- Ordaz, P. (2021, Marzo 3). *El país*. Retrieved from <https://cutt.ly/mWU50si>
- Rojas, M. (2012). Implementación y caracterización de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 0-13.