

## RECOLECTOR DE AGUA PLUVIAL

Santillán-Hernández Ever Jair <sup>a</sup>, Lugo-López Kevin Giovanni <sup>a</sup>, Mendoza-López Oscar Francisco <sup>a</sup>, Santillán-Valdelamar María Guadalupe <sup>a</sup>, Dimas-Díaz, Francelin <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo (División de ingeniería industrial), Paseo del Agrarismo 2000, Carr. Mixquiahuala – Tula, km 2.5, Mixquiahuala de Juárez, C.P. 42700, Hidalgo, México. [esantillanh@itsoeh.edu.mx](mailto:esantillanh@itsoeh.edu.mx)

Recibido 01 de noviembre de 2018; aceptado 25 de abril de 2019

*Palabras clave:*  
Sustentabilidad, ingeniería,  
economía

**RESUMEN.** La implementación del diseño de agua pluvial permite la recolección de este vital líquido en zonas donde las condiciones geográficas y económicas no permiten la fácil obtención del mismo. El objetivo del diseño del recolector es generar volúmenes significativos del líquido con el aprovechamiento del agua de lluvia y la humedad que se encuentra en el aire que será recolectada por medio de un sistema de paneles instalados en las partes altas de casas, terrazas, edificios entre otros; transportada por medio de ductos hasta llegar a un sistema de filtrado que reduce al mínimo la cantidad de contaminantes que el agua pueda encontrar a su paso hasta llegar a un depósito donde es almacenada hasta su pronta utilización. Se presenta el diseño detallado en el software SolidWorks y la aplicación de la metodología descriptiva que consta de cinco fases para lograr el diseño eficaz las cuales se describen en: 1) definición del problema: se analizaron las necesidades del nicho de mercado en la actualidad por la escases del líquido, objetivos a realizar y se establecieron las funciones del sistema, 2) diseño conceptual: se conceptualizó la idea del diseño en un boceto a mano alzada y la generación de alternativas de funcionamiento; 3) diseño preliminar: se analizó el diseño y se evaluó en cuanto a sus materiales a utilizar y dimensiones; 4) diseño detallado: se analiza el diseño y se optimiza para una mejor recolección y 5) comunicación del diseño: se presenta el diseño final y se documenta en cuanto los materiales, dimensiones y el funcionamiento. El diseño del recolector de agua pluvial permitirá construir el primer prototipo a escala para su futura construcción en casas.

*Key words:*  
Sustainability, engineering,  
economy

**ABSTRACT.** *he implementation of rainwater design allows the collection of this vital liquid in areas where geographic and economic conditions do not allow easy obtaining it. The objective of the design of the collector is to generate significant volumes of the vital liquid with the use of rainwater and moisture that is in the air that will be collected through a system of panels installed in the upper parts of houses, terraces, buildings among others, transported by means of pipelines until reaching a filtering system that minimizes the amount of contaminants that water can find in its path until it reaches a deposit where it is stored until its early use. The detailed design in SolidWorks software and the application of the descriptive methodology that consists of five phases to achieve the effective design are presented which are described in: 1) definition of the problem: the needs of the market niche were analyzed at present by the shortages of the liquid, objectives to be made and the functions of the system were established, 2) conceptual design: the idea of design was conceptualized in a freehand sketch and the generation of alternative operations; 3) preliminary design: the design was analyzed and evaluated in terms of their materials to be used and dimensions; 4) detailed design: the design is analyzed and optimized for better collection and 5) design communication: the final design is presented and documented in terms of materials, dimensions and functioning. The design of the rainwater collector will allow us to build the first scale prototype for future construction in homes.*

### INTRODUCCIÓN

Una de las estimaciones más aceptadas, poco más del 97% del volumen de agua existente en nuestro planeta es agua salada y está contenida en océanos y mares; mientras que apenas algo menos del 3% es agua dulce o de baja salinidad. Del volumen total de agua dulce, estimado en unos 38 millones de kilómetros cúbicos, poco más del 75% está concentrado en casquetes polares, nieves eternas y glaciares; el 21% está almacenado en el subsuelo, y

el 4% restante corresponde a los cuerpos y cursos de agua superficial (lagos y ríos) <sup>1</sup>.

La fuerte demanda de un líquido tan vital para el ser humano como lo es el agua en lugares donde las condiciones geográficas, económicas y la sobrepoblación no permiten el fácil acceso a este, tales son los casos como ciudades donde la población excede la cantidad de agua que se tiene para ese lugar en particular, zonas marginadas donde el suministro se encuentra demasiado lejos de

la población y que para su obtención las personas se desplazan largas distancias; lugares donde a causa de las condiciones independientes a la población como el clima, el terreno y la cantidad de agua que se pueda extraer del subsuelo, no son idóneas para que la población pueda recibir la cantidad de agua mínima que necesita para subsistir.

A la fecha los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia son el resultado de las necesidades (demanda), de los recursos disponibles y las condiciones ambientales en cada región. Sólo cuando no existe red de agua potable, el suministro es deficiente o el agua tiene un costo muy alto, se piensa en buscar sistemas alternativos de abastecimiento, por ello la documentación sobre sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias, se limita a las acciones realizadas en las últimas décadas en zonas del planeta con las deficiencias mencionadas anteriormente <sup>2</sup>.

Un caso muy en específico se da en la comunidad Huichol de “La Cebolleta”, en Mexquitic, Jalisco. Ésta comunidad, 100% indígena Wírrarika (Huichol) tradicional, vive en un estado de extrema pobreza, careciendo de todos los servicios básicos como luz, agua, saneamiento y recolección de basura. Subsisten con cantidades de agua que se encuentran por debajo de los niveles promedios nacionales e incluso muy por debajo de los límites inferiores establecidos por la ONU y la OMS como mínimos para el digno desempeño de la vida <sup>3</sup>.

La comunidad depende al 100% de fuentes de agua silvestre para las cuales deben caminar largas distancias, y que pueden presentar contaminación biológica peligrosa para la salud. Además, su dificultad de obtención resulta en un abastecimiento insuficiente para mantener niveles adecuados de higiene para la comunidad.

Por ello, la población se ha visto obligada a recurrir a otras estrategias para su obtención, como su compra por medio de “pipas de agua”, recolección en tambos, cubetas, para lugares donde sistema de suministro solo abastece días en específico, recolección en tanques grandes obtenidos de ríos, manantiales y pozos.

El diseño de un sistema de recolección de agua pluvial generará volúmenes significativos de este vital

líquido, generado por medio de instalaciones en azoteas, jardines y zonas vastas, para el uso del propietario. El agua de lluvia es captada en depósitos grandes que puedan albergar agua lista para ser utilizada en caso de que el actual suministro tenga problemas para abastecer a los habitantes.

El proyecto presenta el diseño del recolector como resultado final, justificado por una investigación previa sobre el tema del agua en la actualidad, el diseño deriva de la metodología de Cross, donde se explica a detalle cada una de las fases: como boceto, diseños preliminares en diferentes software, materiales a utilizar y algunas especificaciones como dimensiones, procesos de fabricación y ensamble del sistema <sup>4</sup>.

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar un sistema de recolección de agua pluvial, para la recolección de volúmenes significativos de este vital líquido, a través de instalaciones en azoteas, jardines y zonas vastas, para el uso del propietario.

## METODOLOGÍA

Modelo descriptivo de Cross propuesto en 1999. Este modelo es básico, pero permite identificar las fases del diseño que son comúnmente aceptadas por la mayoría de los investigadores.

En la primera fase se buscan conceptos o principios de solución al problema, para la cual se analiza el problema identificado, se sintetiza una o varias posibles soluciones y se evalúan con respecto a restricciones (especificaciones) impuestas. Algunos la denominan fase de «síntesis» del diseño. En esta fase se generan principios de solución, pero no se obtienen estructuras de solución lo suficientemente validas (o acabadas) como para materializar la respuesta al problema.<sup>4</sup>

Sin embargo, es la etapa que demanda del diseñador una alta dosis de abstracción y de creatividad, caracterizada por la incertidumbre del éxito y por la dinámica de la evolución hacia estructuras válidas. En la fase de diseño preliminar se avanza en la concretización de una solución al problema, determinando componentes e interacciones con el suficiente grado como para poderla evaluar objetivamente. Se obtienen formas específicas, materiales propuestos y planos de conjunto con

dimensiones generales, que representan al producto como un conjunto organizado de piezas, componentes, enlaces y acoplamientos. Se puede decir, que esta fase es más «comprendida» por los ingenieros de diseño que la anterior, dada la formación curricular específica <sup>4</sup>.

La fase de diseño de detalle corresponde a la generación de todas las especificaciones necesarias para la producción del producto - solución. La elaboración de planos de detalle, la determinación de etapas de fabricación, la identificación de proveedores, etc., son típicas actuaciones en esta fase, que es la mejor desarrollada a nivel empresarial, dado su interés particular y su organización orientada a materializar soluciones. Así, estas fases, además de describir el proceso, evidencian la diferenciación de intereses en la práctica del diseño. La primera, suele ser de interés para los investigadores de diseño que buscan mejores métodos para abordar la tarea, la segunda, interesa especialmente a los académicos que quieren forjar profesionales capaces de concretar soluciones, y la tercera, es de interés de la industria o del nivel empresarial que quiere materializar productos innovadores <sup>4</sup>.

**Método aplicado**

**Definición del problema.** En la primera fase, a través de una recolección de ideas, la cual partió del objetivo principal que es diseñar un sistema de recolección de agua pluvial que genere volúmenes significativos de este vital líquido, se consideraron los siguientes puntos:

- Erradicar el desperdicio de este vital líquido.
- Un diseño estorboso o inadecuado que impida la ergonomía del sistema de recolección de agua pluvial para el sistema donde ha de ser instaurado.
- Obstrucciones en el sistema de filtrado.
- Fugas del agua en el almacenamiento.
- Aprovechar al máximo el área de recepción del líquido.

**Diseño conceptual.** Para la ideación del boceto se tomó en cuenta principalmente la función que debe cumplir el recolector, por medio de una superficie el agua será recabada, así mismo el rocío de la mañana, esta facilitará su trayectoria aunado que la

superficie tiene 30 grados de inclinación para el desliz.

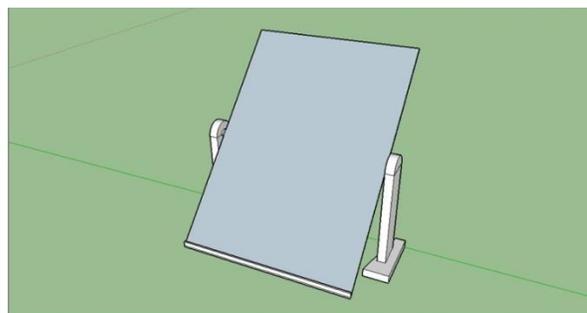
**Diseño preliminar.** Los materiales propuestos para la construcción se muestran en la tabla 1.

Básicamente la estructura del recolector será de acero inoxidable por las propiedades físicas que favorecen al recolector como lo son: anticorrosión para evitar el deterioro pronto de la estructura, anti oxidación para evitar contaminación con el líquido y dureza ya que este estará expuesto a la fuerza del viento. La malla de recolección está compuesta de alambre tejido de acero galvanizado, material resistente para exteriores y anti oxidación y la tubería está pensada del policloruro de vinilo (PVC), ideal para instalaciones exteriores. Por medio de diseño asistido por computadoras (CAD), se conceptualizó la idea preliminar del boceto para su mejor visualización del sistema recolector de agua pluvial.

**Tabla 1.** Elementos del recolector y su composición

Elemento	Material
Base de soporte	Acero inoxidable
Biga de soporte	Acero inoxidable
Marco de malla	Acero inoxidable
Malla	Alambre tejido de acero galvanizado
Tubo	PVC

En la figura 1 se muestra una vista frontal del diseño conceptualizado en Sketchup. Muestra la apariencia sin definición de medidas, se puede apreciar la malla recolectora, bases y bigas de soporte, así como el marco de la malla.



**Figura 1.** Vista frontal del sistema recolector hecho en Sketchup

**Diseño detallado.** En esta fase de la metodología se empleó una nueva herramienta CAD: SolidWorks, la cual facilita la especificación de detalles del sistema recolector, tales como acotaciones, vistas de 360 °, materiales empleados, ensambles completos y representaciones más conceptualizadas.

En la figura 2 se muestra la base del soporte con medidas, alto 3 cm, largo 45 cm y ancho de 25 cm, cuenta con dos ranuras de 4 cm de diámetro. Su objetivo es ajustar el recolector a una superficie fija como azoteas o jardines, al igual, cuenta con un redondeo en las cuatro aristas superiores de 2 cm, con el fin de evitar lesiones al contacto con el cuerpo humano, en la parte derecha muestra la viga de soporte con medidas de 1 m de alto, ancho 7 cm y largo de 15 cm. Cuenta con una ranura en la parte superior de 6 cm de diámetro para la función del nuevo sistema de inclinación.

En la figura 3 en la parte superior izquierda se aprecia el nuevo sistema mejorado para dar el ángulo de inclinación, el cilindro central cuenta con 6 cm de diámetro y largo 7cm, esta irá dentro de la ranura de la viga de soporte para dar la facilidad de inclinación, la ranura con un diámetro de 1 cm coincidirá con las ranuras de la viga de soporte para fijar con solo una pieza con forma de "L", de 1 cm de diámetro y 10 de largo, para obtener el ángulo deseado, en la parte inferior se muestra el marco que tendrá el recolector. Con una altura de 165 cm, extruida a 0.50 cm y ancho de 6 cm y en la parte superior derecha se muestra la ceja que sobre sale del marco, la función de esta es atrancar la malla por medio de 4 tornillos con

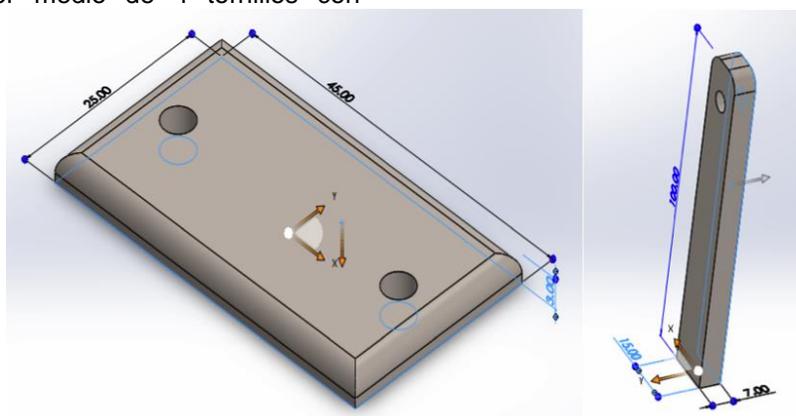
rondanas. Sus dimensiones son 3 cm de alto, extruido por 0.50 cm y largo 168 cm.

En la figura 4 a la izquierda se observa la malla de alambre tejido de acero galvanizado, con las medidas de 3 m de largo y 1.65 m de alto y a la derecha se muestra el tubo donde caerá el agua ya captada por el sistema. Con medidas de 300 cm de largo y 11 cm de diámetro interior.

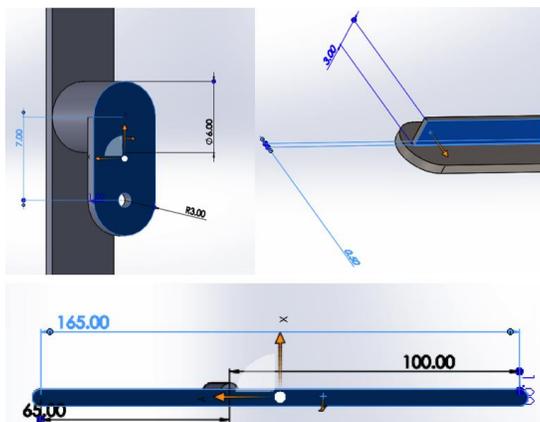
**Comunicación del diseño.** La fabricación de la base de soporte consta de cortes de materia, por medio de la fresadora, perforaciones por taladro, el redondeo se realiza con esmeril o fresadora. Se considera que es la primera pieza a fabricar. La fabricación de la viga de soporte constará de desbastes en una parte superior con el fin de dar el redondeo y una pequeña ranura de 6 cm de diámetro, realizada con taladro convencional. El sistema de inclinación constará de un cilindro ya especificado, elaborado en torno, una placa con las dimensiones ya mencionadas, elaborada en fresadora y una ranura realizada con taladro. Ambas piezas estarán soldadas una vez colocado dentro de la viga de soporte.

El marco del recolector será una solera, para esta pieza únicamente se desbasta para hacer los redondeos en los extremos. El marco será soldado al primer sistema de inclinación.

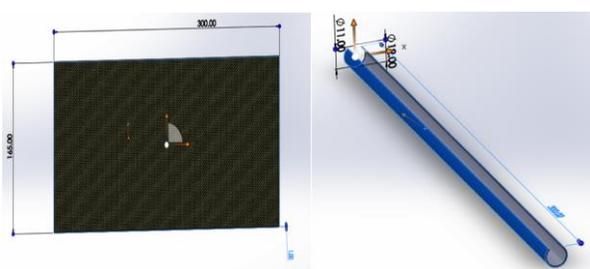
La malla es adquirida por metro cuadrado y se corta para ajustarla a las medidas de los marcos y el tubo PVC tiene un corte importante con un ángulo de 45 grados. Esta abertura ayudara a colocar la malla dentro del tubo.



**Figura 2.** Base del soporte y viga de soporte para recolector hecho en SolidWorks



**Figura 3.** Primer sistema de inclinación del recolector en centímetros, marco de recolector y ceja para la colocación de malla, hecho en SolidWorks.



**Figura 4.** Malla de alambre tejido y representación del tubo PVC con el corte, hecho en SolidWorks.

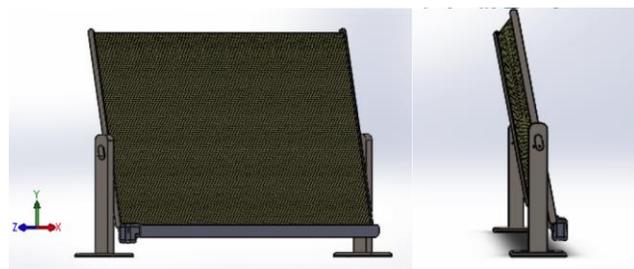
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 5 se muestra de lado izquierdo el diseño del recolector de agua pluvial y humedad definido de la vista frontal, se puede observar el ensamble de sistema con todos los componentes, al igual se muestra del lado derecho la vista lateral izquierda del recolector de agua pluvial, principalmente sea precian las vigas de soporte, inclinación para el marco de la malla y la conexión saliente del tubo PVC. El ensamble fue hecho en SolidWorks.

En el año 2014, el profesor MI Augusto Sánchez y alumnos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), desarrollan condensadores de humedad para llevar agua potable a comunidades indígenas. Especificó que la concepción básica de dispositivos de este tipo es obtener el recurso a partir de la humedad o vapor presente en el aire, al colocar

una superficie a la llamada "temperatura de punto de rocío", para que el líquido se condense en ella.<sup>5</sup>

En comparación, este proyecto al propuesto por la UNAM, este diseño no está limitado a dimensiones de recolección, es decir, las dimensiones pueden ser ajustables la área de recolección y por esta razón se esperan resultados más significativos de la obtención del líquido, además de esto, los diseños son completamente diferentes, el diseño de los alumnos de la UNAM se presenta en tipo embudo y el de este proyecto se presenta como una maya rectangular con inclinación y de dimensiones opcionales para el cliente.



**Figura 5.** Recolector de agua pluvial de vista frontal y lateral izquierda. Echo en SolidWorks

## CONCLUSIONES

Con la utilización del diseño de recolector de agua pluvial se podrá proceder a su construcción para su futura aplicación en partes superiores de casas, edificios y construcciones. Con la finalidad de ayudar a las localidades en donde el agua es escasa o no se encuentra en condiciones de ser utilizada por la población, así se podrá beneficiar a la comunidad de manera económica y sustentable aprovechando al máximo un recurso natural.

## REFERENCIAS

1. Alder (2005). El agua y la Ciudad de México: una propuesta ecológica; Revista Alternativa ciudadana Edición 21 julio-septiembre.
2. APHA-AWWA-WPCF (1992) Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. Díaz de Santos, España.
3. Secretaría de Economía (2010) Determinación de Nitrógeno Total Kjeldahl en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas. En Norma Mexicana NMX-AA-026-SCFI-2010, México.
4. J Chaur Bernal. (2016). Ingeniería del diseño. www.redalyc.org
5. Sánchez Cifuentes. (2014). Condensadores de humedad. 2014.