

## Condensador de Agua por Medio de Refrigeración Líquida

### [ Water Condenser by Means of Liquid Cooling ]

*Gregorio Castillo Quiroz, Ramiro Francisco Cuautenco, Tadeo Galindo Ordoñez, Pedro Antonio García Cabrera, Gabriel Márquez Cruz, and Jonathan Pacheco Ponce*

Ingeniería Mecatrónica, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Huauchinango, Puebla, Mexico

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The invention consists in the construction of a water collecting prototype by means of condensation in order to study an alternative means for obtaining it. By implementing a liquid refrigerant conducted through serpentine-shaped aluminum pipes creating a temperature change between the surface of the tube and the environment. Finding that a significant amount of water can be generated with the considerable difference in temperature (ambient-prototype). With this, checking that the search for the alternative obtaining of the resource can contribute in a beneficial way to the needs of society.

**KEYWORDS:** Condensation, temperature, refrigerant, pressure, compressor.

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

Los procesos para la obtención de agua son muy variados y se utilizan diferentes metodologías y técnicas para su desarrollo, actualmente la falta de este líquido a provocado que se comiencen a estudiar diferentes métodos de recolección muy aparte de la extracción en ríos, manantiales, mantos acuíferos pozos etc.... La actual forma que se busca es recolectar agua desde procesos naturales como la lluvia la destilación y la condensación logrando crear maquinas capaces de aprovechar estos procesos y el algunas otras de imitarlos de manera artificial.

Entre algunos de ellos encontramos la captación directa de aguas pluviales a partir de sistemas de escurrimiento, canales, filtros y contenedores normalmente se ve aplicado en casas con doble agua esto funciona por una tubería que permite la entrada de agua de la lluvia por un embudo para después ser almacenado en un tanque debajo de la tubería y posteriormente ser bombeado hacia los tinacos en la parte superior, todo esto aprovecha solo las aguas que caen por las precipitaciones.

La recolección por medio de mallas a la intemperie que recolectan la humedad del ambiente este arreglo de mallas funciona en los campos abiertos o de cultivo también en lugares donde no hay objetos altos como paredes o árboles y el aire pueda correr libremente cuando existe mucha neblina en el ambiente y también cuando cae sereno en la noche las mallas se llenan de la humedad y provoca que se formen gotas a lo largo de ellas resbalando por su superficie y siendo almacenada en tanques colocados justamente debajo de las mallas. y por ultimo tenemos algunos sistemas más sofisticados que tratando de simular el proceso de condensación que ocurre en la naturaleza crean una atmosfera óptima para la producción de este líquido.

La patente WO2003/031886 A1 [3-octubre-2002] Condensador mejorado para sistema de refrigeración, muestra un condensador para refrigeración que ofrece una condensación adecuada y permanente, el cual se constituye de: una hoja de lámina metálica de un serpentín de tubo y aletas que cubren el cuerpo del tubo, que forma el serpentín. El objeto de esta invención, es proporcionar un condensador para sistema de refrigeración novedoso y diferente a los existentes y que elimine los problemas que han existido desde el inicio de la refrigeración, por medios mecánicos y hasta la actualidad [1].

La invención WO 2012/072836 1-junio.2011 Al Evaporador/condensador de micro canales, da a conocer un evaporador/condensador de micro canales que comprende al menos dos tubos, por los que circula un fluido refrigerante, conectados entre sí por una serie de micro canales multipuerto, y una multitud de aletas dispuestas en la misma dirección que los tubos y transversales a los micro canales multipuerto. De este modo se facilita el drenaje de agua condensada sobre las aletas gracias a la disposición en vertical de dichas aletas en la posición de uso del evaporador/condensador [2].

Entre las invenciones que aprovechan el fenómeno de la condensación está WO 2013/117783 Al 15-agosto-2013 Aparato desalinizador y condensador con energía renovable con número de solicitud PCT/ES20 13/000036 que, siguiendo e imitando el natural ciclo del agua en la naturaleza, comienza por extender el agua salada en bandejas, para ganar superficie en contacto con el aire dentro de armarios, donde, cerrados herméticamente, se produce descompresión y evaporación del agua por la aspiración causada por los tornillos de Arquímedes, que movidos por un cilindro-motor, conducen el aire y el vapor de agua aspirado hasta introducirlo en un depósito de agua dulce, donde se produce la inmediata condensación [3].

Otro de los artículos relacionados al tema es US 8,820,107 B2 2 de septiembre de 2014 Máquina para producir agua por energía eólica, que es una maquina eólica para producir agua por condensación, incluye un rotor eólico, una unidad de deshumidificación de aire y al menos una unidad de generación de energía eléctrica, estas son respaldadas por una torre anclada al suelo, la unidad de deshumidificación incluye al menos un compresor de refrigeración, al menos un evaporador que están conectados juntos por un circuito de fluido refrigerante, incorporado un miembro para expandir el fluido, la maquina además incluye elementos para recuperar y almacenar vapor de agua condensado. Al menos la unidad de generación de energía eléctrica es mecánica. Acoplada directamente al rotor eólico a través de su eje de rotación. La máquina de viento incluye un dispositivo para almacenar y recuperar la energía eléctrica así generara un dispositivo para auto controlar y regular matemáticamente la unidad de deshumidificación [4].

La invención WO 2015/088363 A2 9 de diciembre de 2014 Panel publicitario que genera agua potable, presenta una solución técnica, eficiente y viable frente al problema del abastecimiento de agua. La ventaja técnica de la invención radica en que se trata de un panel que genera agua potable para mejorar la calidad de vida de comunidades sin acceso agua potable. La invención propuesta produce agua potable a partir de la humedad del aire por condensación y la convierte en agua potable a través de filtros de purificación y la distribuye a la población [5].

Las patentes antes mostradas resuelven el mismo problema, pero se pueden detectar variaciones dentro de sus utilidades y el método empleado entre ellas y con respecto a la invención que se presenta, además se encuentra que los sistemas se pueden mejorar y optimizar en cuanto a los materiales y métodos ofreciendo un producto más accesible al público, gracias a la utilización de materiales comunes y con un principio menos complejo a los que se han utilizado.

El objetivo de la presente se mostrará conforme al desarrollo del documento comenzando con una descripción de las piezas que conforman el condensador de agua por medio de refrigeración líquida para mayor comprensión del principio de funcionamiento de la invención.

Tenemos también otro caso donde un condensador de humedad utilizando energías renovable que trata de un condensador que depende directamente de la temperatura del aire y su humedad en consideración con esta invención el aporte del presente proyecto funciona automáticamente en cualquier tipo y temperatura de clima para esto está presente el módulo de control y el termostato modificado por un opto acoplamiento [6].

El mundo hoy afronta un problema global del cual se viene hablando desde hace varios años. Se trata del cambio climático, tema de gran importancia debido a que afecta a la sociedad, el ecosistema y porque no la economía de un país. Bajo este contexto, en la actualidad el planeta se encuentra ante difíciles y diferentes problemas como consecuencia del calentamiento global, el cambio de periodos estacionales que cada vez son más prolongados ha generado épocas de sequía, donde el suelo es árido generando escases de alimentos, provocando medidas de racionamiento y la inexistencia de agua, dichas condiciones se convierten en la mayor afectación de los pueblos alejados, con poca infraestructura. Un continente que evidencia esta problemática en el planeta, es por ejemplo África. Sus comunidades sufren de sed y hambre ante la imposibilidad de tener de manera frecuente el líquido preciado.

Existen algunas propuestas que intentan dar solución a este problema universal entre ellas tenemos los captadores de agua a través de las lluvias torrenciales que básicamente aplican un sistema que colocado hacia la intemperie puede llegar a almacenar varios litros de agua en una lluvia, existe otra donde es colocada una malla hacia la intemperie esto con el fin de que en las noches se aproveche el agua en la atmósfera que también cae en forma de líquido conocida como sereno así mismo también aprovecha el agua de la niebla, existe una tercera propuesta que utiliza el cambio de temperatura para condensar la humedad a través de dispositivos capaces de modificar la temperatura de una superficie como es la celda peltier, la cual esta permite el efecto de cambio de temperatura a partir de la energía eléctrica, pero de entre todas las ya mencionadas la tercer propuesta resulta ser la más aceptable para la producción u obtención del agua.

Debido al mal manejo del recurso y a que no hay maneras sustentables del uso y la recolección del agua nuestro proyecto tiene como objetivo la recolección de agua en casi cualquier lugar que solo cuente con energía eléctrica y una diferencia considerable de temperatura.

## **1.2 OBJETIVOS**

Implementar una forma alternativa para la obtención de recursos naturales como el agua a través del efecto de la condensación por diferencia de temperatura.

La solución presentada al problema esta dado por la invención presentada en este articulo que consta de un condensador que hace el uso de refrigerantes líquidos como el amoniaco o el CH<sub>4</sub> para intensificar el cambio de temperaturas hasta llegar a su punto crítico, en la actualidad existen invenciones muy similares que buscan aprovechar el fenómeno de la condensación en la búsqueda de la obtención alternativa del agua. Nuestro condensador aporta una mejora en la producción de agua por la intersección de los sensores de temperatura y los controladores de potencial con el cual, se asegura una mejor producción de agua en climas húmedos con temperatura templada y medianamente en climas secos con temperaturas bajas. Este proyecto posee la capacidad de analizar la temperatura de su superficie y hacer una comparación con el ambiente aprovechando mejor la luz eléctrica y reduciendo su costo por el consumo de la bomba de presión, además se dispondrá de disipadores de calor adecuados para perder temperatura rápidamente por lo que la condensación no tendrá perdidas por calentamiento del mismo sistema.

## **2 METODOLOGÍA**

El funcionamiento del circuito y código consiste en describir una diferencia entre la temperatura del ambiente y la temperatura de la serpentina doble, todo esto con el fin de monitorear las dos para después mandar una señal a través de un controlador (Fig. 1) que leerá la diferencia y después en su salida el controlador mandará un voltaje definido desde 0v hasta 5v con esto será activado un opto transistor y su pulso será enviado por un amplificador operacional para medir la diferencia y tener una seña del rango definido dependiendo del resultado de la resta, una vez hecho el proceso del control el pulso será enviado a un TRIAC que permite el paso de un voltaje de corriente alterna a través de sus pines y tiene una tolerancia de 27 amperes todo esto con el fin de poder activar la bomba y regular la presión con la que esta enviará el líquido, el monitoreo lo hará en u promedio de 7200 segundos para estar verificando los cambio de temperatura. Si la diferencia entre las dos medidas no es mayor a 3°C el controlador enviará un pulso del máximo (5v) y entonces el motor arrancará a su máxima velocidad, en cambio y su temperatura excede los 18°C de diferencia el pulso será nominal para la velocidad media del motor y con esto mantener constante esta diferencia. Para el control del sistema se aplica una lógica por medio de un diagrama de flujo y con él se presenta el funcionamiento del sistema.

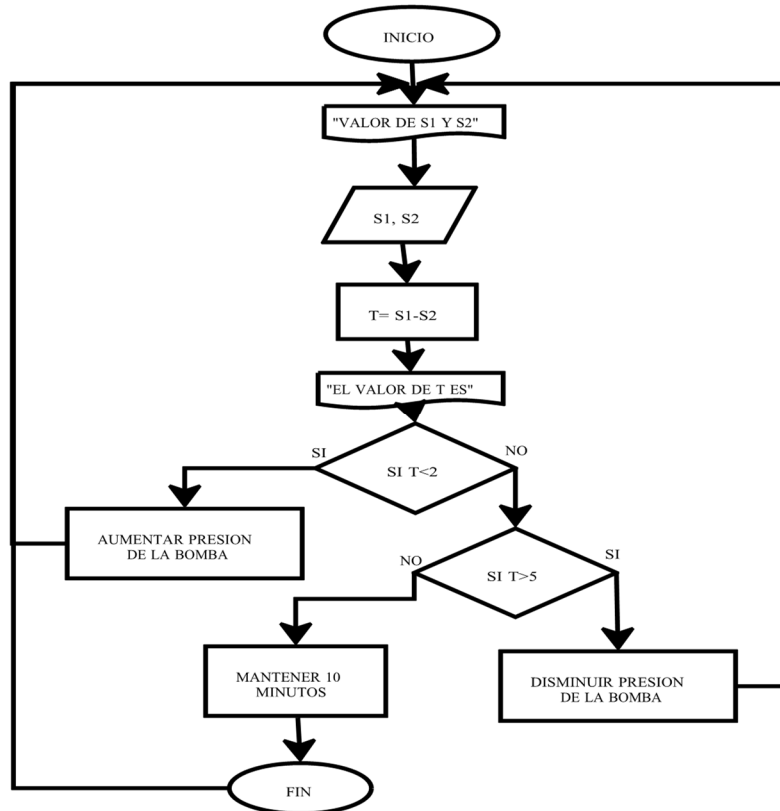


Fig. 1. Diagrama de programación

Para el desarrollo de este proyecto se tuvo disposición de un PIC 16f84a con el cual se realiza la programación necesaria para el control de las señales enviadas del termostato de la bomba y la acción de los sensores mostradas en el siguiente esquema (Fig. 2):

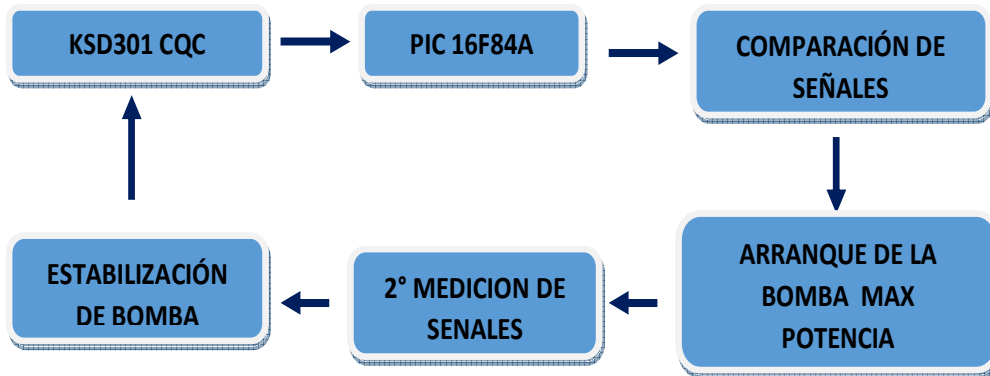


Fig. 2. Esquema de acción en el programa

El controlador del circuito está dado por un PIC 16f84a que nos permite tener un control basado en operaciones matemáticas muestreadas por los sensores de temperatura también mandamos la señal de salida para la activación de la bomba a través del termostato (Fig.3).

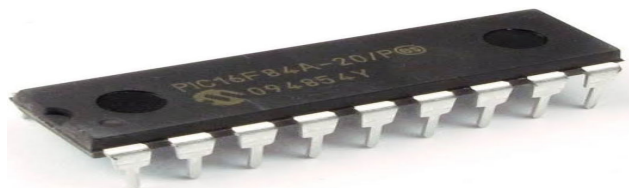


Fig. 3. Integrado EPROM 16f84A

El controlador brinda la operación por diferencia y el voltaje de la señal al opto acoplador dado por el siguiente diagrama eléctrico (Fig. 4), que muestra las conexiones internas en el gabinete de control con esto el termostato estará regulado para encender de manera mínima y corregir el uso excesivo de potencia por la bomba.

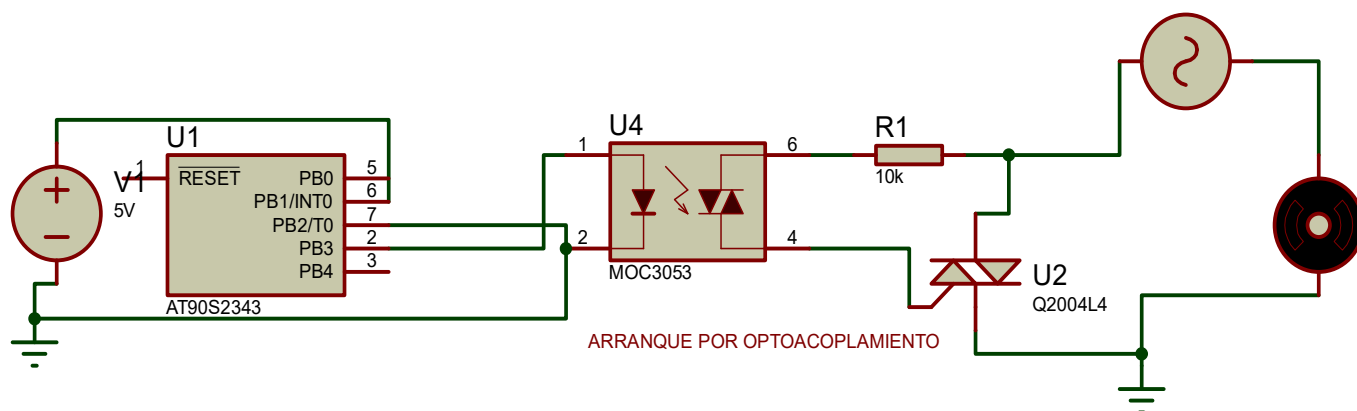


Fig. 4. Circuito eléctrico de control

Sensores de temperatura del ambiente estos están constituidos por una resistencia variable con una salida analógica, funcionara como medidores de la temperatura ambiental con respecto al aluminio de la base instalados en los laterales de la superficie de aluminio. Este sensor se encarga de monitorear la temperatura de la serpentina con la cual se declarará la velocidad y presión de la bomba. Estos están constituidos por unas superficies de acero dulce el cual puede medir óptimamente la temperatura y no guardar el calor de la misma. (Fig.5.)

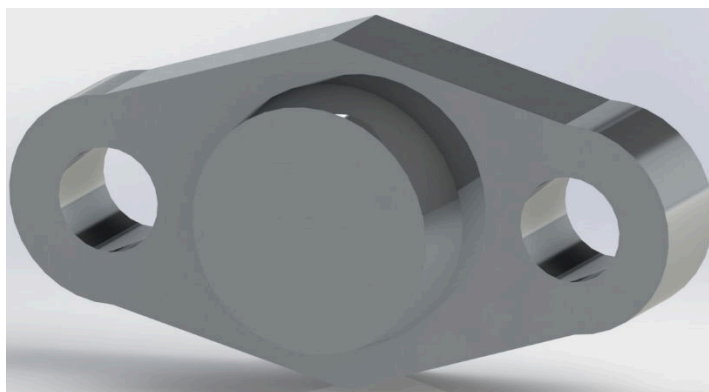
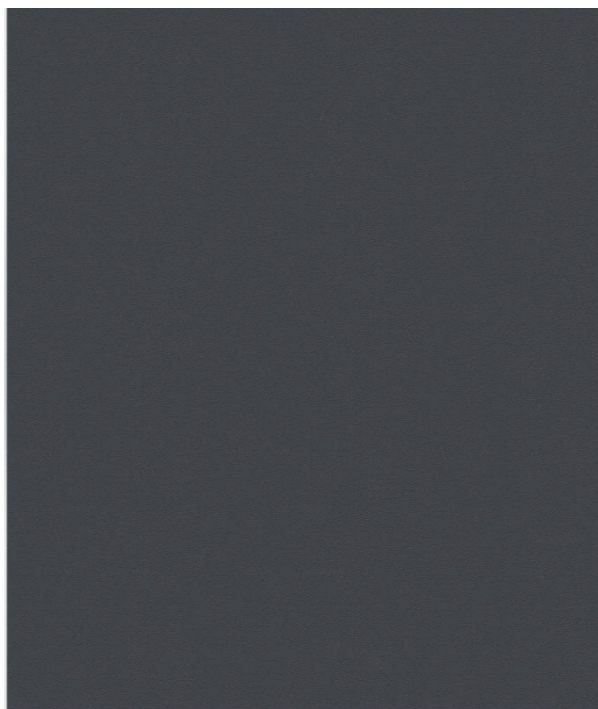


Fig. 5. Sensores de temperatura

Las piezas para la construcción del condensador constan de una base de aluminio (Fig.6.) que funciona como soporte para las serpentinatas, para la bomba, para los sensores de temperatura del ambiente, para la válvula de expansión y para sostener las bases de los disipadores. El material metálico de su construcción al ser aluminio también funciona como un concentrador de temperaturas que toma la temperatura de los disipadores y lo expande por toda su superficie para reducir el calentamiento provocado por el líquido a alta presión.



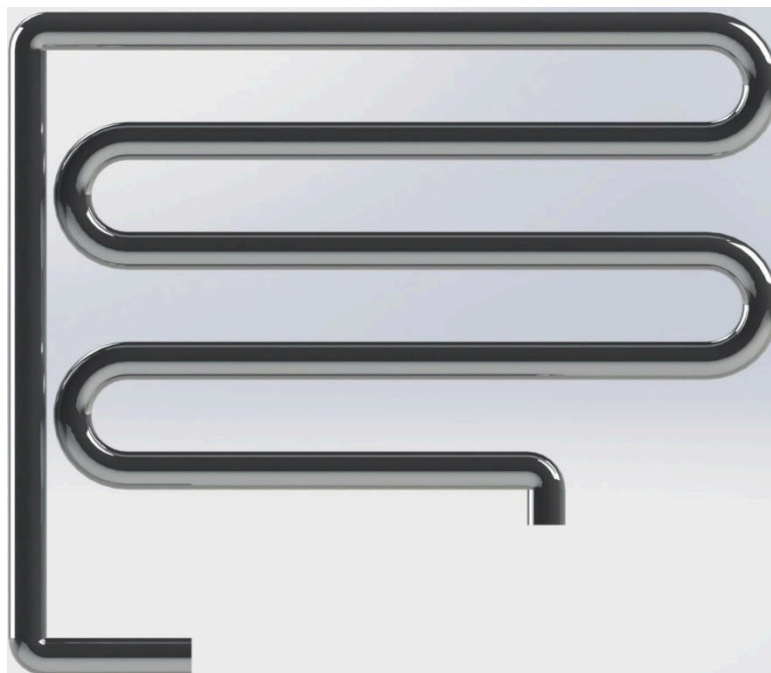
**Fig. 6. Superficie de Aluminio**

Se busca regular la presión del líquido con una bomba de presión (Fig.7.) conectada de una salida principal para el líquido a presión, una entrada de retorno del líquido a baja presión, una conexión para el motor, una turca para drenado y una entrada de ignición, también consta de un enchufe para el arranque del motor con una electroválvula regulable. En su parte superior consta de: una bornera para sujeción. La bomba funcionara como un accionador para el movimiento del líquido, esta lo envía a alta presión y aumenta su temperatura a través del serpentín sencillo. En su parte posterior entra el líquido de baja presión salido de un filtro de secado para volver a ser presionado y ciclar el proceso.



**Fig. 7. Bomba de Presión**

El paso del líquido a alta presión donde perderá temperatura será a través de un serpentín sencillo que consta de un tubo de aluminio doblado cinco veces, funcionará como guía principal para el líquido a alta presión con esto disipará la temperatura del líquido a través de toda su superficie. (Fig.8.)



**Fig. 8. Serpentina sencilla**

Después del líquido ser pasado por el primer conducto llega a un tubo aún más pequeño conocido como tubo capilar consta de un tubo de lámina galvanizada en forma de espiras que soporta presiones y temperaturas muy altas. este tubo será la continuación después del serpentín sencillo aumentando la presión y temperatura del líquido hasta siete veces más con esto absorbiendo el calor del líquido sobre su propia superficie. (Fig.9.)



**Fig. 9. Tubo capilar**

Después de haber pasado por bastante presión el líquido se enviará a una válvula de expansión, que consta de una válvula con cople invertido construida de acero inoxidable que servirá como entrada de líquido a muy alta presión para dejarlo salir a una muy baja presión con esto asegurando que el cambio de presión sea optimo y sin riesgo de rasgaduras o rupturas. La salida de la válvula se puede variar de tal modo que no permita el paso al líquido de presión. (Fig.10.)



**Fig. 10. Válvula de expansión**

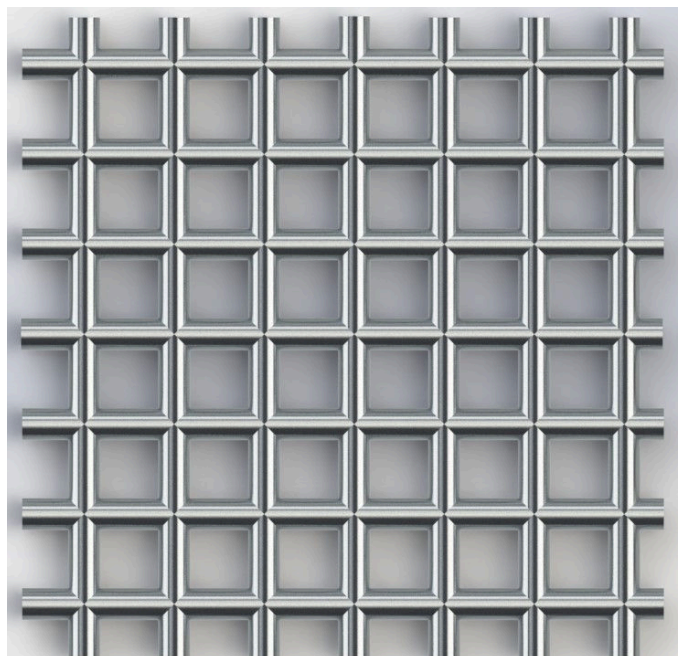
El líquido de baja presión y temperatura por debajo de los 7 grados Celsius se conduce ahora por una serpentina doble consta de un tubo de aluminio doblado nueve veces en una vuelta y de regreso nueve para un total de dieciocho vueltas servirá como la guía principal para el líquido a baja presión disipando el frio adquirido por la disminución de presión en liquido con esto enfriando su propia superficie y absorbiendo el calor del ambiente. Esta parte del prototipo es la que enfría de tal modo que es posible la condensación de vapores de agua inmersos en el aire. (Fig.11)



**Fig. 11. Serpentina Doble**

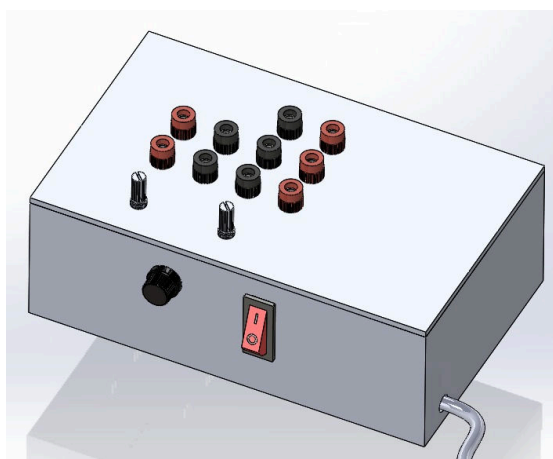


El calor restante en los componentes anteriores será disipado por medio de un disipador de calor (Fig.12) están constituidos por unos cortes de aluminio con forma de aletas esto con la finalidad de disipar el calor proveniente de la serpentina sencilla y el tubo capilar, consta de unas anclas para sujetarse con la superficie de aluminio para transferir su calor y seguir en óptimas condiciones de disipación. Además, el disipador también será para la serpentina doble con uniones antitérmicas para esparcir la baja temperatura dese su misma superficie.



**Fig. 12. Disipadores de Temperatura**

El gabinete estará situado en la parte baja del condensador y contiene el circuito del módulo de control módulo de control consta de un gabinete que contiene un circuito de potencia que consta de un actuador optointerruptivo que recibe los pulsos a través de un transductor todo esto con el fin de encender y regular la velocidad y presión de la bomba. (Fig. 13)



**Fig. 13. Gabinete de Control**

### **3 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Una vez seleccionados los elementos para el condensador se realizó el modelado completo del prototipo y se muestra como queda de manera real y como estarán acomodadas cada una de las piezas. (Fig.14)



**Fig. 14. Ensamble Completo del Prototipo**

Se espera que con la construcción del prototipo se pueda condensar una mayor cantidad de agua y que la condensación sea en el menor tiempo posible, con la condicional en el muestreo de las temperaturas para reducir el trabajo de la bomba y que solo se ocupe al máximo en los casos necesario, también se desea lograr una disipación adecuada que no permita las perdidas por el calentamiento del mismo sistema.

El condensador esta diseñado el tal modo que aproveche los cambios de temperatura entre las diferentes etapas de conducción así que el funcionamiento deberá tener una mayor producción y un menor consumo por parte de la bomba.

De acuerdo con un análisis los resultados obtenidos en base al funcionamiento del condensador se tuvieron que en condiciones climáticas a una temperatura de 22° C la producción del condensador es de 20L de agua en 4 horas, con ello teniendo en cuenta que en un funcionamiento de 24 horas continuas el condensador lograra producir 80L de agua por la diferencia en el clima a diferentes horas del día.

La prueba anterior se desarrollo como piloto para resaltar los beneficios del condensador ayudándonos de un análisis de costo-beneficio, se demuestra que la implementación del proyecto resulta favorable para la producción de agua. Ver Tabla 1.

**Tabla 1. Costo-beneficio del proyecto**

Concepto	Costo	Beneficio	Total
Implementación del condensador de agua.	<b>\$20,000.00</b>	Obtención de agua de manera sencilla y rápida en un 30% a comparación de los métodos convencionales.	\$ 5,000.00
		Producción de agua en zonas con escasas.	\$ 9,700.00
		Obtención de agua libre de contaminantes encontrados en los suelos en un 35% en comparación con otras aguas, por ejemplo, ríos	\$7,500.00
		Recolección de agua en todo momento requerido.	\$4,000.00
Automatización en el muestreo constante de la temperatura.	<b>\$14,000.00</b>	Reducción en el consumo de energía eléctrica por parte de la bomba en un 26%.	\$1,550.00
		Mejoramiento en la cantidad de agua condensada, gracias al muestreo y ajuste automático. La producción aumenta un 17.8%	\$5,230.00
		Independencia en el funcionamiento del condensador.	\$1,000.00
Costos totales	<b>\$34,000.00</b>	Beneficio Totales	\$33,980.00

Se considera que la implementación del sistema condensador tiene un papel importante en la búsqueda de recursos alternativos en la actualidad, esto ligado también a los avances tecnológicos para lograr un sistema que se adapta automáticamente a los diferentes tipos de climas y temperaturas, así dando otra aportación en las energías renovables

#### **4 CONCLUSIÓN**

Esta innovación tiene el potencial de mejorar la calidad de vida. Permite producir agua extrayendo la humedad del aire mediante un proceso de condensación. Se trata de una tecnología relativamente sencilla, basada en la diferencia de temperatura en dos tubos con curvas y después enviando un líquido a presión que absorbe el calor de su misma superficie.

Como alternativas de uso de nuestro prototipo se puede encontrar la realización de un sistema de refrigeración, pero utilizando en vez del gas utilizado en los refrigeradores, nosotros aprovechamos la humedad del aire para que casi haga la misma función de un sistema de refrigeración solo que para que realice totalmente esa función sería implementar diferentes técnicas y elementos, serían como mejoras de nuestro prototipo.

Pero aprovechando un poco mejor el efecto que nos ofrecen las celdas de peltier sería usar también su lado de calor, el cual podría ser utilizado para hacer un sistema de calefacción, por métodos diferentes a los que se utilizan cotidianamente en estos sistemas.

De igual manera se toma en cuenta que el consumo de electricidad podría afectar un poco en cuanto a beneficios, pero como alternativa en un futuro se le podría implementar la utilización de un panel solar que sustituya la fuente de alimentación utilizada actualmente, sin embargo, se elevaría un poco el costo del prototipo, pero beneficiaría por si se requiere utilizar el prototipo donde es por ejemplo una zona árida y no hay electricidad, se tendría que implementar esa técnica.

#### **AGRADECIMIENTO**

Los autores expresan su agradecimiento a las personas involucradas en el desarrollo de este trabajo, tanto interno como externos pertenecientes a la carrera de Ingeniería Mecatrónica del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango.

#### **REFERENCIAS**

- [1] Gandara Granger, R. Condensador mejorado para sistemas de Condensacion, Wo 03/031886 A1, (2003).
- [2] Maiz Perez, A. Evaporador/condensador de microcanales, WO 2012/072836 A1, (2012).
- [3] Arnes Carrasco, S. APARATO DESALINIZADOR Y CONDENSADOR CON ENERGÍA RENOVABLE. WO 2013/117783 A1, (2013).
- [4] Parent, M. MACHINE FOR PRODUCING WATER FOR WIND ENERGY, US 8,820,107 B2, (2014).
- [5] Julien Georges André, N. PANEL PUBLICITARIO QUE GENERA AGUA POTABLE, WO 2015/088363 A2, (2015).
- [6] Osuna Peraza S. Condensador de humedad utilizando energías renovables. (2017).
- [7] Ques es el Aire, 2017 [online] Available: «<https://sites.google.com/site/quimicaiiepoem/-que-es-el-aire-1>,», 2017.
- [8] Inzunza B. Juan, «Física: Introducción a la mecánica,» de Física: Introducción a la mecánica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, U. de Chile.
- [9] J. P. Holman, Transferencia de Calor, Madrid, Mc Graw-Hill, 8ª edición, 1998.
- [10] Temperatura, 2012. [Online] Available: «<https://solarenergia.net/definiciones/temperatura.html>,» 2012.
- [11] R. Bentley, «Temperature and Humidity Measurement. Vol.2 de Handbook of Temperature Measurements, 1998.