# SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA

## CAMPO TÉCNICO

La presente divulgación se refiere a dispositivos para la purificación de fluidos. Particularmente, la presente divulgación se refiere a dispositivos y sistemas para la purificación y desalinización de agua mediante ultrasonido.

## DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

Actualmente, los sistemas de purificación de agua se están convirtiendo en un aspecto esencial de la vida moderna a medida que los recursos hídricos convencionales se vuelven cada vez más escasos, los recursos de agua potable de desabastecen y en ocasiones hay contaminación de agua salina. Además, debido al incorrecto manejo de afluentes existe una contaminación de las fuentes de agua debido a una variedad de actividades, que incluyen, por ejemplo, agricultura intensiva, aditivos de gasolina y metales tóxicos pesados.

Por lo tanto, existen algunos métodos para la purificación de agua como por ejemplo la ósmosis inversa (OI), la filtración y el tratamiento químico, sin embargo dichas tecnologías en ocasiones no pueden manejar la diversa gama de contaminantes que puede tener el agua. A veces, se requieren múltiples etapas de tratamiento o una combinación de varias tecnologías para lograr una calidad de agua aceptable. Por otro lado, las tecnologías menos convencionales, como la irradiación con luz ultravioleta (UV), el tratamiento con ozono, o tecnologías de destilación, si bien pueden ser superiores para eliminar algunos contaminantes, en ocasiones no pueden manejar todos los tipos de contaminantes.

Por ejemplo, la aplicación de la cavitación por ultrasonido produce atractivos efectos físico-químicos que pueden emplearse para tratar aguas contaminadas y salinas gracias a su capacidad de oxidación. Por lo tanto, los documentos CA2847882C y US20100163472A1 divulgan algunos sistemas para la purificación de agua.

El documento CA2847882C divulga un sistema de purificación de agua que comprende una serie de ensamblajes de recipientes para la transferencia y recuperación de calor, en el que cada ensamblaje de recipiente forma una sola etapa Particularmente CA2847882C divulga un condensador, una placa separadora con tubos de calor sellados y una caldera o cámara de evaporación, donde la etapa única está contenida por una parte superior e inferior no compartida con ninguna otra etapa, en el que la serie de conjuntos de vasijas comprende al menos una primera etapa que comprende una vasija de entrada de calor y una primera caldera o cámara de evaporación.

CA2847882C también divulga una segunda etapa que comprende un primer condensador, una primera placa separadora con tubos de calor y una segunda caldera o cámara de evaporación, donde la primera placa separadora se encuentra entre un primer condensador y una segunda caldera o cámara de evaporación, extendiéndose los tubos de calor a través de la primera placa separadora desde dentro del condensador hasta dentro de la caldera o cámara de evaporación.

CA2847882C indica que el sistema está configurado para que agua contaminada entre en la primera caldera o cámara de evaporación y se hierva para generar vapor, en el que el vapor entra en el primer condensador y se condensa en los tubos de calor para crear vapor condensado, dicho tubos de calor recuperan calor de condensación del vapor condensado, donde el vapor condensado se recoge como agua de producto. Además, CA2847882C indica que se proporciona energía vibratoria en forma de vibración mecánica, vibración electromecánica o ultrasonido de alta frecuencia a los tubos de calor para mejorar la transferencia de calor.

Por su parte, el documento US20100163472A1 divulga un sistema de purificación de agua que puede incluir una entrada, un precalentador, una caldera (cámara de evaporación), un desgasificador, un desempañador, un condensador de producto, una salida de desechos, una salida de producto y un sistema de control. US20100163472A1 divulga también un sistema de control que permite la operación del sistema de purificación a través de ciclos repetidos sin requerir la intervención o limpieza del usuario. Además, dicho sistema también puede incluir un interruptor de entrada para regular el flujo de agua a través de la entrada. El interruptor puede incluir un mecanismo que puede ser, por ejemplo, un solenoide, una válvula, una abertura y similares.

El sistema de control puede controlar la entrada en función de la retroalimentación de una cámara de evaporación y/o un flotador del tanque. US20100163472A1 divulga además que en otra realización de un sistema de purificación de agua en el que se previene o reduce la formación de incrustaciones duras incluye al menos un generador de ultrasonido que está asociado con el agua en el sistema. El generador de ultrasonidos puede ponerse en contacto con el agua del precalentador, que puede ser, por ejemplo, una caldera, para evitar o reducir la formación de incrustaciones duras en este componente del sistema.

Por lo tanto, si bien dichos documentos se refieren a sistemas de purificación de agua, dichos sistemas de purificación no divulgan el uso de la cavitación con ultrasonido en combinación con otras técnicas como la vaporización y la presión negativa.

**BREVE DESCRIPCIÓN**

La presente divulgación se refiere a un sistema de purificación de agua que puede purificar agua de mar, que comprende un tanque conectado con un calentador, dicho tanque está configurado para almacenar un fluido calentado previamente en el calentador, un transductor de ultrasonido dispuesto dentro del tanque. Dicho transductor de ultra sonido está configurado para convertir el fluido líquido en vapor de agua. El invento también se refiere a un sensor de entropía dispuesto dentro del tanque, y configurado para detectar un valor correspondiente a la entropía de multiescala de las cavidades generadas en el tanque, y una bomba de vacío conectada con el tanque, donde la bomba de vacío está configurada para generar una presión negativa que permite extraer el vapor de agua del fluido del tanque.

En la presente divulgación, el sistema de purificación de agua puede incluir un enfriador conectado entre la bomba de vacío y el tanque de almacenamiento, donde la bomba de vacío está configurada para generar una presión negativa que permite circular el vapor de agua del fluido desde el tanque, para que pase por el enfriador hacia un tanque de almacenamiento.

Particularmente, cuando el sistema de purificación de agua incluye un enfriador, la presión negativa creada por la bomba de vacío dentro del tanque, hace circular el vapor de agua dulce a través del enfriador produciendo un cambio de fase de vapor a líquido de agua destilada, lo que permite que dicho líquido se almacene dentro del tanque de almacenamiento.

Además, la presente divulgación también se refiere a un método para purificar agua que comprende las etapas de:

- calentar un fluido a purificar a una temperatura entre 30ºC y 90ºC;
- emitir una frecuencia de entre 90 kHz y 2 MHz en el fluido calentado y obtener un vapor de agua;
- obtener un valor de entre 0 hasta 0,5 nats en el fluido calentado; y
- condensar el vapor de agua obtenido en la etapa anterior.

Lo anterior permite purificar una amplia variedad de contaminantes (biodegradables, recalcitrantes, orgánicos e inorgánicos) y eliminación de productos farmacéuticos (ácido clofíbrico, ibuprofeno, ketoprofeno, naproxeno, diclofenaco, carbamazepina), cianobacterias tóxicas (Microcystis aeruginosa), microalgas verdes (Chlorella vulgaris), bacterias (Legionella pneumophila) y virus (Rotavirus) del agua y las aguas residuales.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La FIG. 1 ilustra una modalidad de un sistema de purificación de agua que comprende un calentador conectado con un tanque, y una bomba de vacío conectada con el tanque, donde dicho tanque comprende en su interior una pluralidad de transductores de ultrasonido y un sensor de entropía.

La FIG. 2 ilustra el sistema de purificación de agua de la FIG. 1, que comprende además, una bomba conectada con el calentador, y un enfriador conectado entre el tanque y la bomba de vacío.

La FIG. 3 ilustra el sistema de purificación de agua de la FIG. 2, que comprende además, un tanque de almacenamiento conectado a una salida de la bomba de vacío, una primera válvula dispuesta entre la bomba y el calentador, y una segunda válvula dispuesta entre el calentador y el tanque.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

La presente divulgación se refiere a un sistema de purificación de agua, que permite purificar agua o desalinizar agua marina para su provecho en diferentes tipos de industrias. Dicho sistema de purificación comprende un tanque (3) conectado con un calentador (2), donde dicho tanque está (3) configurado para almacenar un fluido calentado previamente en el calentador (2); un transductor de ultra sonido (4) dispuesto dentro del tanque (3). Dicho transductor de ultra sonido (4) está configurado para convertir el fluido líquido en vapor de agua; y un sensor de entropía (5) dispuesto dentro del tanque (3), y configurado para detectar un valor correspondiente a la entropía de multiescala de las cavidades generadas en el tanque (3). Además, el sistema de purificación de agua también incluye una bomba de vacío (7) conectada con el tanque (3) configurada para generar una presión negativa que permite extraer el vapor de agua del fluido del tanque (3).

Inicialmente, haciendo referencia a la FIG. 1, un fluido a purificar entra al sistema de purificación de agua mediante una entrada (1), hacia el calentador (2). Luego, dicho fluido se caliente a una temperatura entre 50ºC y 98ºC, y después dicho fluido calentado se desplaza hacia el tanque (3). Una vez allí el fluido calentado, el transductor de ultrasonido (4) empieza a operar a una frecuencia entre 90 kHz y 2 MHz, permitiendo convertir el fluido líquido en vapor de agua y además, permitiendo que los sedimentos resultantes queden en el fondo del tanque (3). Luego, el sensor de entropía (5) dispuesto dentro del tanque (3) detecta un dato correspondiente a la entropía de multiescala de las cavidades generadas en el tanque (3). Y una vez, el valor de entropía supera un valor determinado la bomba de presión negativa (6)

comienza a funcionar, creando así una presión negativa que retira el vapor de agua desde el tanque (3) para que pueda ser usado por un usuario.

Para el entendimiento de la presente divulgación, se entenderá por fluido a purificar a agua salada, agua marina, aguas residuales o contaminadas, o agua que se desee purificar.

Particularmente, el calentador (2) conectado con el tanque (3) es un calentador de agua que permite que el agua que va a ser purificada se caliente entre 20ºC y 95ºC. Dicho calentador (2) se selecciona del grupo conformado por calentadores solares de agua, intercambiadores de calor, tanques con calentadores como calentadores de resistencias eléctricas, calentadores a gas, como de gas propano o metano, calentadores de chaqueta de vapor, calentadores de carbón, calentadores que usan elementos combustibles, calentadores equivalentes conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinación de las anteriores. El hecho que el calentador (2) sea por ejemplo, un calentador (2) solar, es que evita el uso de energía el uso de eléctrica para poder purificar el fluido.

Además, el calentador (2) puede tener conectado un sensor de temperatura (12) conectado con una unidad de control (14), y está configurado para obtener un dato de temperatura del fluido que se está calentando en dicho calentador. Además, dicho dato de temperatura es enviado a la unidad de control (14).

En una modalidad de la divulgación, el calentador (2) cuenta con una entrada de fluido y una salida de fluido, en donde una bomba (8) se conecta con la entrada de fluido de dicho calentador (2). Dicha bomba (8) está conectada con la unidad de control (14) y está configurada para distribuir el fluido hacia el calentador (2) desde un reservorio. El hecho que el sistema de purificación de agua incluya una bomba (8), es que permite controlar la cantidad de fluido que entrará en el calentador (2).

Por su parte, el tanque (3) es un reservorio de agua configurado para recibir el fluido caliente proveniente del calentador (2). Dicho tanque (3) puede ser de un material que se selecciona del grupo conformado por acero al carbono, fundiciones de hierro, hierro galvanizado, aceros al cromo, aceros al cromo-níquel, aceros al cromo-níquel-titanio, aleación de níquel-cromo-molibdeno-tungsteno, aleaciones ferrosas al cromo-molibdeno, acero inoxidable 301, acero inoxidable 302, acero inoxidable 304, acero inoxidable 316, acero inoxidable 405, acero inoxidable 410, acero inoxidable 430, acero inoxidable 442, acero aleado con manganeso, equivalentes conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinación de las anteriores.

Como se mencionó anteriormente, haciendo referencia a la FIG. 1 dicho tanque (3) comprende en su interior un transductor de ultrasonido (4) o una pluralidad de transductores

de ultrasonido (4) que operan a una frecuencia entre 90 kHz y 2 MHz, lo que permite generar microcavidades en el fluido a purificar las cuales actúan como por ejemplo, micro reactores, generando radicales oxidantes. Dichas microcavidades después de alcanzar un tamaño máximo, y a medida que se produce la recuperación de la presión y el estado de no equilibrio da lugar al colapso de la microcavidad o burbuja, que bajo ciertas condiciones, pueden considerarse implosivas. Al implosionar las microcavidades, los efectos de compresión sobre su interior produce una disociación en radicales H y OH.

El radical hidroxilo es un oxidante fuerte y la mayoría de las sustancias se oxidan fácilmente en su presencia. Dicha cavitación generada por ultrasonido en combinación con el calentamiento del fluido a purificar, permite purificar dicho fluido sin necesidad de requerir grandes volúmenes de energía en comparación con otros sistemas de purificación de agua.

Por ejemplo, cuando el fluido a purificar es agua salada, dicha agua con una temperatura aproximadamente a 80°C se conduce hacia el tanque (3), en donde, por acción de los transductores de ultrasonido (4) se convierte en vapor de agua dulce destilada a una temperatura cercana también a los 80°C. La salmuera resultante se sedimenta en el fondo del tanque (3).

Adicionalmente, la cantidad de transductores de ultrasonido (4) se puede escoger en relación con el volumen de agua purificado y medidos en litros. Por ejemplo, si se quiere un volumen de 20 litros/ hora de agua a purificar, se escoge una agrupación de 5 transductores de ultrasonido con una ejecución de 4 litros por hora cada uno en condiciones de radiación solar adecuada y baja nubosidad.

Dicho transductor de ultrasonido (4) se selecciona del grupo conformado por transductores que pueden tener las siguientes características: un tiempo de emisión de 20 segundos, un área de saturación de 120 metros cúbicos, un impulso de activación eléctrica de al menos 3 voltios, una energía de detonación de 2,5 mJ/Ohm, un corriente de operación de entre 1A y 2A, un tiempo mínimo de impulso de 100ms, y una temperatura de entre -40º y 90ºC, una humedad de trabajo de -10% hasta 100%, o de entre -10º hasta 85%.

En una modalidad de la divulgación, el fluido que entra en el tanque (3), dicho tanque (3) cuenta con una presión por debajo de la presión de saturación, lo que facilita la formación de gotas finas obtenidas por cavitación gracias al transductor de ultrasonido (4). Parte de estas gotas de agua se convierten inmediatamente en vapor, que posteriormente se condensan obteniendo agua desalinizada cuando el fluido a purificar es agua de mar.

Además, dicho transductor de ultrasonido (4) está conectado con una unidad de control (14), la cual está configurada para controlar dicho transductor de ultrasonido (4) y la frecuencia a la cual este opera.

Por su parte, haciendo referencia a la FIG. 1 el sensor de entropía (5) dispuesto dentro del tanque (3) también está conectado con la unidad de control (14). Particularmente, dicho sensor de entropía (5) está configurado para obtener un dato correspondiente a la entropía de multiescala de las cavidades generadas en el tanque (3) debido a la acción del transductor de ultrasonido (4). Luego, el dato entropía de multiescala de las cavidades generadas en el tanque (3) es enviado a la unidad de control (14).

Particularmente, las cavidades generadas dentro del tanque (3) crean una señal de salida en forma de pulsos con anchura de tiempo variable y son llevadas como datos hacia la unidad de control (14). En una modalidad de la divulgación, el sensor de entropía (5) está conectado con un amplificador operacional, en donde la salida de pulsos del amplificador es llevada a la unidad de control (14). Dicha unidad de control (14) está configurada para determinar la entropía multiescala (S) en un rango de 0 hasta 0,5 nats, lo que permite identificar si el fluido contenido en el tanque (3) ya está purificado.

El valor de la entropía/segundo tomado de las cavidades de vapor de agua gracias al sensor de entropía (5), se utiliza en las operaciones de la unidad de control (14) para confirmar la producción de agua dulce destilada. Por ejemplo, si se desea purificar agua de mar, y para determinar si dicha agua de mar ya es agua dulce, se mide un valor de la entropía multiescala (S) dentro del tanque (3), y si S< 0,3 nats indica que todavía no hay agua dulce tanque (3), siendo necesario esperar más tiempo hasta que el agua marina se caliente en el calentador solar a una temperatura mayor.

Dicho sensor de entropía (5) puede ser un hilo caliente a una temperatura de entre 25ºC hasta 35ºC, o de entre 28ºC hasta 33°C aproximadamente, siendo excitado por una corriente DC constante a 25 miliamperios lo que permite detectar así la presencia de las cavidades generadas en el tanque (3).

Haciendo referencia a la FIG. 2, cuando la unidad de control (14) procesa los datos recibidos por el sensor de entropía (5), y determina que el agua dentro del tanque (3) ya está purificada, es decir, que la entropía multiescala (S) en un rango de 0 hasta 0,5 nats, se enciende la bomba de vacío (6), que a su vez está conectada con la unidad de control (14). Cuando se activa dicha bomba de vacío (6) se genera una presión negativa dentro del tanque (3) que permite extraer el vapor de agua del fluido que se encuentra en dicho tanque (3).

Por otro lado, la bomba de vacío (6) puede estar conectada con un tanque de almacenamiento (9), el cual permite almacenar el fluido purificado extraído mediante la bomba de vacío (6). Lo anterior permite que el fluido extraído mediante la presión negativa del tanque (3), se almacene en dicho tanque de almacenamiento (9) para su posterior disposición.

En una modalidad de la divulgación, haciendo referencia a la FIG. 2 y FIG. 3, el sistema de purificación de agua incluye un enfriador (7) conectado entre la bomba de vacío (6) y el tanque de almacenamiento (9), donde la bomba de vacío (6) está configurada para generar una presión negativa que permite circular el vapor de agua del fluido del tanque hacia el enfriador (7) y luego hacia el tanque de almacenamiento (9).

Cuando el sistema de purificación de agua incluye un enfriador (7), la presión negativa creada por la bomba de vacío (6) dentro del tanque (3), hace circular el vapor de agua dulce a través del enfriador (7) produciendo un cambio de fase de vapor a líquido de agua destilada, lo que permite que dicho líquido se almacene dentro del tanque de almacenamiento (9). Dicho tanque de almacenamiento (9) puede contener además en su interior un sensor de nivel (13) conectado con la unidad de control (14), donde dicho sensor de nivel (13) toma un dato correspondiente al nivel de fluido dentro del tanque de almacenamiento (9), y lo envía a la unidad de control (14) para establecer así la cantidad de fluido purificado y almacenado.

Dicho enfriador (7) se selecciona del grupo conformado por enfriadores de altura, inundados, sobrealimentados, según tipo de construcción, tubo descubierto, de superficie de placa, evaporadores aleteados, evaporadores para enfriamiento de líquido, enfriador de doble tubo, enfriador baudelot, enfriador tipo tanque, enfriador con serpentín en casco, enfriador acorazado, enfriadores equivalentes conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinación de las anteriores.

Además, en una modalidad de la divulgación, haciendo referencia a la FIG. 3 entre la bomba (8) y el calentador (2), entre el calentador (2) y el tanque (3), y el tanque (3) y el enfriador (7) pueden disponerse válvulas que permiten controlar el paso del flujo de dichos elementos. Por ejemplo, entre la bomba (8) y el calentador (2) se puede disponer una primera válvula (10) que permite que exista o no un flujo de fluido desde la bomba (8) hacia el calentador (2). Por otro lado, entre el calentador (2) y el tanque (3) puede disponerse una segunda válvula (11).

Dichas válvulas pueden ser manuales o pueden ser solenoides conectados con la unidad de control (14), donde dichas válvulas pueden estar controladas por la unidad de control (14). Las válvulas se pueden seleccionar del grupo conformado por válvulas de retención, válvulas de compuerta, válvulas de bola o válvula esférica, válvula de seguridad o de alivio de presión,

válvula de globo (o de asiento), válvula mariposa, válvula de diafragma, válvula rotatoria, válvula antirretorno, como como por ejemplo válvula de clapeta oscilante, válvula de muelle, válvula de pistón, válvula de retención de bola, y válvulas equivalentes conocidos por una persona medianamente versada en la materia.

Por otro lado, y de acuerdo a cualquiera de las modalidades anteriormente descritas, el calentador (2), el transductor de ultrasonido (4), el sensor de entropía (5), la bomba de vacío (6), el enfriador (7), la bomba (8), la unidad de control (14) y los diferentes sensores están conectados a una fuente de alimentación (15) la cual suministra energía a dichos elementos.

Dicha fuente de alimentación (15) se puede seleccionar del grupo conformado por celdas fotovoltaicas, celdas monocristalinas, celdas policristalinas, baterías, fuentes AC, fuentes DC, motores de combustión interna, generadores eólicos, fuentes equivalentes conocidas por una persona medianamente versada en la materia o combinación de las anteriores.

Por otro lado, el dato de entropía de multiescala de las cavidades generadas en el tanque (3) obtenido por el sensor de entropía (5), el dato de temperatura obtenido por el sensor de temperatura (12), el dato de nivel obtenido por el sensor de nivel (13) que son enviados a la unidad de control (14), pueden ser almacenado en un módulo de memoria de la unidad de control.

Dicha unidad de control (14) se puede seleccionar del grupo conformado por: controladores lógicos programables (PLC), microprocesadores, DSCs (Digital Signal Controller, por sus siglas en inglés), FPGAs (Field Programmable Gate Array, por sus siglas en inglés), CPLDs (Complex Programmable Logic Device, por sus siglas en inglés), ASICs (Application Specific Integrated Circuit, por sus siglas en inglés), SoCs (System on Chip, por sus siglas en inglés), PsoCs (Programmable System on Chip, por sus siglas en inglés), computadores, servidores, tabletas, celulares, celulares inteligentes, generadores de señales y unidades de control equivalentes conocidas por una persona medianamente versada en la materia y combinaciones de estas.

Además, el módulo de memoria de la unidad de control puede seleccionarse entre memorias RAM (memoria caché, SRAM, DRAM, DDR), memoria ROM (Flash, Caché, discos duros, SSD, EPROM, EEPROM, memorias ROM extraíbles (v.g. SD (miniSD, microSD, etc), MMC (MultiMedia Card ), Compact Flash, SMC (Smart Media Card), SDC (Secure Digital Card), MS (Memory Stick), entre otras)), CD-ROM, discos versátiles digitales (DVD por las siglas en inglés de Digital Versatile Disc) u otro almacenamiento óptico, casetes magnéticos, cintas magnéticas, almacenamiento o cualquier otro medio que pueda usarse para almacenar información y a la que se puede acceder con la unidad de control. En los registros de memoria

generalmente se incorporan instrucciones, estructuras de datos, módulos de programas informáticos. Algunos ejemplos de estructura de datos son: una hoja de texto o una hoja de cálculo, una base de datos.

Por otro lado, la presente divulgación también se refiere a un método para purificar agua que comprende las etapas de:

- calentar un fluido a purificar a una temperatura entre 30ºC y 90ºC;
- emitir una frecuencia de entre 90 kHz y 2 MHz en el fluido calentado y obtener un vapor de agua;
- obtener un valor de entre 0 hasta 0,5 nats en el fluido calentado; y
- condensar el vapor de agua obtenido en la etapa anterior.

Lo anterior permite purificar una amplia variedad de contaminantes (biodegradables, recalcitrantes, orgánicos e inorgánicos) y eliminación de productos farmacéuticos (ácido clofíbrico, ibuprofeno, ketoprofeno, naproxeno, diclofenaco, carbamazepina), cianobacterias tóxicas (Microcystis aeruginosa), microalgas verdes (Chlorella vulgaris), bacterias (Legionella pneumophila) y virus (Rotavirus) del agua y las aguas residuales.

En dicho método, y como se mencionó anteriormente, la etapa de calentar un fluido a purificar a una temperatura entre 30ºC y 90ºC, se realiza mediante un calentador (2). Por otro lado, la etapa de emitir una frecuencia de entre 90 kHz y 2 MHz en el fluido calentado y obtener un vapor de agua, se realiza en un tanque (3), en donde dicha frecuencia es emitida mediante un transductor de ultrasonido (4). Por su parte, la etapa de obtener un valor de entre 0 hasta 0,5 nats en el fluido calentado, se realiza dentro del tanque (3) y dicho valor se obtiene mediante un sensor de entropía (5). Finalmente, la etapa de condensar el vapor de agua obtenido en la etapa anterior, se refiere a condensar el agua que está en forma de vapor de agua dentro del tanque (3) mediante un enfriador (7).

Para el entendimiento de la presente divulgación, se entenderá por emitir una frecuencia de en el fluido calentado y obtener un vapor de agua, a estimular el fluido a purificar mediante el transductor de ultrasonido (4), con una frecuencia de entre 90 kHz y 2 MHz.

**EJEMPLOS**

**EJEMPLO 1**

Haciendo referencia a la FIG. 3, se desarrolló un sistema de purificación de agua, con las siguientes características:

- Un calentador (2) conectado con una bomba (8);

- un tanque (3) conectado con un calentador (2), donde dicho calentador (2) es un calentador solar;
- un transductor de ultrasonido (4) dispuesto dentro del tanque (3);
- un sensor de entropía (5) dispuesto dentro del tanque (3);
- un enfriador (7) conectado al tanque (3);
- una bomba de vacío (6) conectada con el enfriador (7); y
- un tanque de almacenamiento (9) conectado con la bomba de vacío (6).

En dicho ejemplo, el calentador (2) está conectado con un sensor de temperatura (12), y además, tanto el calentador (2), el tanque (3) y el tanque de almacenamiento (9) están conectados con un sensor de nivel (13) que permite obtener un dato del nivel de fluido de dichos elementos. Además, en el ejemplo 1 hay una primera válvula (10) conectada entre la bomba (8) y el calentador (2), y una segunda válvula (11) conectada entre el calentador (2) y el tanque (3).

En el EJEMPLO 1, cuando la unidad de control (14) activa la bomba (8), la primera válvula (10) está en un modo abierto, la segunda válvula (11) está en un modo cerrado, y un fluido a purificar es bombeado hacia el calentador (2). Allí, el sensor de nivel (13) obtiene un dato de nivel del fluido del calentador (2) que es enviado a la unidad de control (14) la cual permite establecer si el calentador (2) tiene su capacidad llena. Cuando la capacidad del calentador (2) está llena, la bomba (8) para de bombear y se cierra la primera válvula (10). Una vez dispuesto el fluido a purificar en el calentador (2), dicho fluido comienza a calentarse y el sensor de temperatura (12) obtiene un dato de temperatura de dicho fluido que es enviado a la unidad de control (14). Dicha unidad de control (14) establece si la temperatura del fluido es superior a 80ºC y si la temperatura del fluido se encuentra en dicho rango de temperatura, se abre la segunda válvula (11) y el fluido a purificar pasa del calentador (2) hacia el tanque (3).

Dicho sensor de nivel (13) del tanque (3) permite establecer cuando el tanque (3) se encuentra lleno. Una vez el fluido a purificar calentado se encuentra en el tanque (3), se activa el transductor de ultrasonido (4) y el sensor de entropía (5). Dicho sensor de entropía (5) envía los datos de la entropía multiescala del tanque (3) hacia la unidad de control (14), y cuando dicha entropía está en un rango establecido por un usuario, el transductor de ultrasonido (4) deja de operar y se activa el enfriador (7) y la bomba de vacío (6). Lo anterior permite que la bomba de vacío (6) genere una presión negativa dentro del tanque (3) lo que permite extraer el vapor de agua purificada hacia el enfriador (7), donde dicho enfriador (7) condensa el vapor de agua y luego dicha agua es almacenada dentro del tanque de almacenamiento (9).

En dicho EJEMPLO 1 se logró obtener unos valores de Entropía multiescala MSE medidos por el sensor de entropía (5), tanto en agua apta para consumo humano, como para agua salada o agua contaminada con otros elementos.

| **Número** | **Agua llave** | **Agua llave con jabón** | **Agua llave con sal** | **Agua llave con sal** |
|---|---|---|---|---|
| | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 |
| 1 | 0,0209778 | 0,01387998 | 0,02238542 | 0,01303646 |
| 2 | 0,04321138 | 0,02817822 | 0,04605339 | 0,02654439 |
| 3 | 0,06691122 | 0,04305318 | 0,07135812 | 0,04059822 |
| 4 | 0,09225449 | 0,0586103 | 0,09856921 | 0,05523942 |
| 5 | 0,11947304 | 0,07490111 | 0,12782328 | 0,07051544 |
| 6 | 0,14859267 | 0,09190804 | 0,1590688 | 0,0862533 |
| 7 | 0,17946089 | 0,10964911 | 0,1919924 | 0,10235331 |
| 8 | 0,21105406 | 0,12812783 | 0,22534213 | 0,11873059 |
| 9 | 0,24262069 | 0,14703004 | 0,2585338 | 0,13529429 |
| **10** | **0,27316934** | **0,1666667** | **0,29059936** | **0,1521512** |
| 11 | 0,30202163 | 0,18629776 | 0,3207107 | 0,16903414 |
| 12 | 0,32900934 | 0,20640241 | 0,34923581 | 0,18592684 |
| 13 | 0,35407388 | 0,2255167 | 0,37522244 | 0,20273719 |
| 14 | 0,37664798 | 0,24519876 | 0,39931741 | 0,21967797 |
| 15 | 0,39808474 | 0,26369689 | 0,42041236 | 0,23627074 |
| 16 | 0,41722873 | 0,2820118 | 0,44161895 | 0,25224994 |
| 17 | 0,43349021 | 0,29976108 | 0,45870422 | 0,26812987 |
| 18 | 0,44997791 | 0,31641425 | 0,47751817 | 0,28440588 |
| 19 | 0,46595946 | 0,33232494 | 0,49180025 | 0,29937699 |
| 20 | 0,47953259 | 0,34690335 | 0,50817444 | 0,31409454 |

Adicionalmente se obtuvo agua destilada, es decir es agua desprovista de sales minerales, electrolitos, microorganismos y posibles sustancias dañinas disueltas en ella.

**EJEMPLO 2**

Se desarrolló un sistema de purificación de agua como el del EJEMPLO 1, en donde la bomba (8), la unidad de control (14), los diferentes sensores, el transductor de ultrasonido (4), el enfriador (7) y el tanque de almacenamiento (9) estaban conectados con una fuente de alimentación (15) correspondiente con un panel solar de 1 kilovatio cuya salida de 14 voltios DC carga un grupo de baterías alojadas en la UPS. Adicionalmente la UPS suministra voltajes de + 5v (36) y +12 v (37). Lo anterior permitió resultados similares al Ejemplo 1.

Se debe entender que la presente invención no se halla limitada a las modalidades descritas e ilustradas, pues como será evidente para una persona versada en el arte, existen variaciones y modificaciones posibles que no se apartan del espíritu de la invención, el cual solo se encuentra definido por las siguientes reivindicaciones.

.

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de purificación de agua, que comprende:
   - un tanque (3) conectado con un calentador (2), dicho tanque (3) está configurado para almacenar un fluido calentado previamente en el calentador (2);
   - un transductor de ultrasonido (4) dispuesto dentro del tanque (3), dicho transductor de ultra sonido (4) está configurado para convertir el fluido líquido en vapor de agua;
   - un sensor de entropía (5) dispuesto dentro del tanque (3), configurado para detectar un valor correspondiente a la entropía de multiescala de las cavidades generadas en el tanque (3);
   - una bomba de vacío (6) conectada con el tanque (3);

   donde la bomba de vacío (6) está configurada para generar una presión negativa que permite extraer el vapor de agua del fluido del tanque (3).

2. El sistema de la Reivindicación 1, en donde el calentador (2) está conectado con una bomba (8) configurada para distribuir el fluido hacia el calentador (2).

3. El sistema de la Reivindicación 2, en donde la bomba de vacío (6) está conectada con un tanque de almacenamiento (9), el cual permite almacenar el fluido purificado proveniente de la bomba de vacío (6).

4. El sistema de la Reivindicación 3, en donde la bomba de vacío (6) está conectada con un enfriador (7), donde la bomba de vacío (6) está configurada para generar una presión negativa que permite extraer el vapor de agua del fluido del tanque (3) hacia el enfriador (7).

5. El sistema de la Reivindicación 4, en donde la bomba de vacío (6) está conectada con un enfriador (7), dicho enfriador (7) está conectado a su vez con un tanque de almacenamiento (9);

   donde la bomba de vacío (6) está configurada para generar una presión negativa que permite circular el vapor de agua condensado del tanque (3) hacia el enfriador (7) y posteriormente hacia el tanque de almacenamiento (9).

6. El sistema de la Reivindicación 1, en donde el transductor de ultrasonido (4) está configurado para operar a una frecuencia de entre 90 kHz y 2 MHz.

7. El sistema de la Reivindicación 1, en donde el calentador (2) es un calentador solar.

8. El sistema de la Reivindicación 7, en donde dentro del calentador (2) se dispone un sensor de temperatura (12) configurado para obtener un valor de temperatura de hasta 90ºC.

9. El sistema de la Reivindicación 1, en donde el sensor de entropía (5) está configurado para obtener un valor de entre 0 hasta 0,5 nats.

10. Un método para purificar agua, que comprende las etapas de:

- calentar un fluido a purificar a una temperatura entre 30ºC y 90ºC;
- emitir una frecuencia de entre 90 kHz y 2 MHz en el fluido calentado y obtener un vapor de agua;
- obtener un valor de entre 0 hasta 0,5 nats en el fluido calentado; y
- condensar el vapor de agua obtenido en la etapa anterior.

.

## RESUMEN

La presente divulgación se refiere a un sistema de purificación de agua, que comprende un tanque conectado con un calentador, dicho tanque está configurado para almacenar un fluido calentado previamente en el calentador, un transductor de ultrasonido dispuesto dentro del tanque. Dicho transductor de ultra sonido está configurado para convertir el fluido líquido en vapor de agua. El invento también se refiere a un sensor de entropía dispuesto dentro del tanque, y configurado para detectar un valor correspondiente a la entropía de multiescala de las cavidades generadas en el tanque, y una bomba de vacío conectada con el tanque, donde la bomba de vacío está configurada para generar una presión negativa que permite extraer el vapor de agua del fluido del tanque.

**FIGURAS**

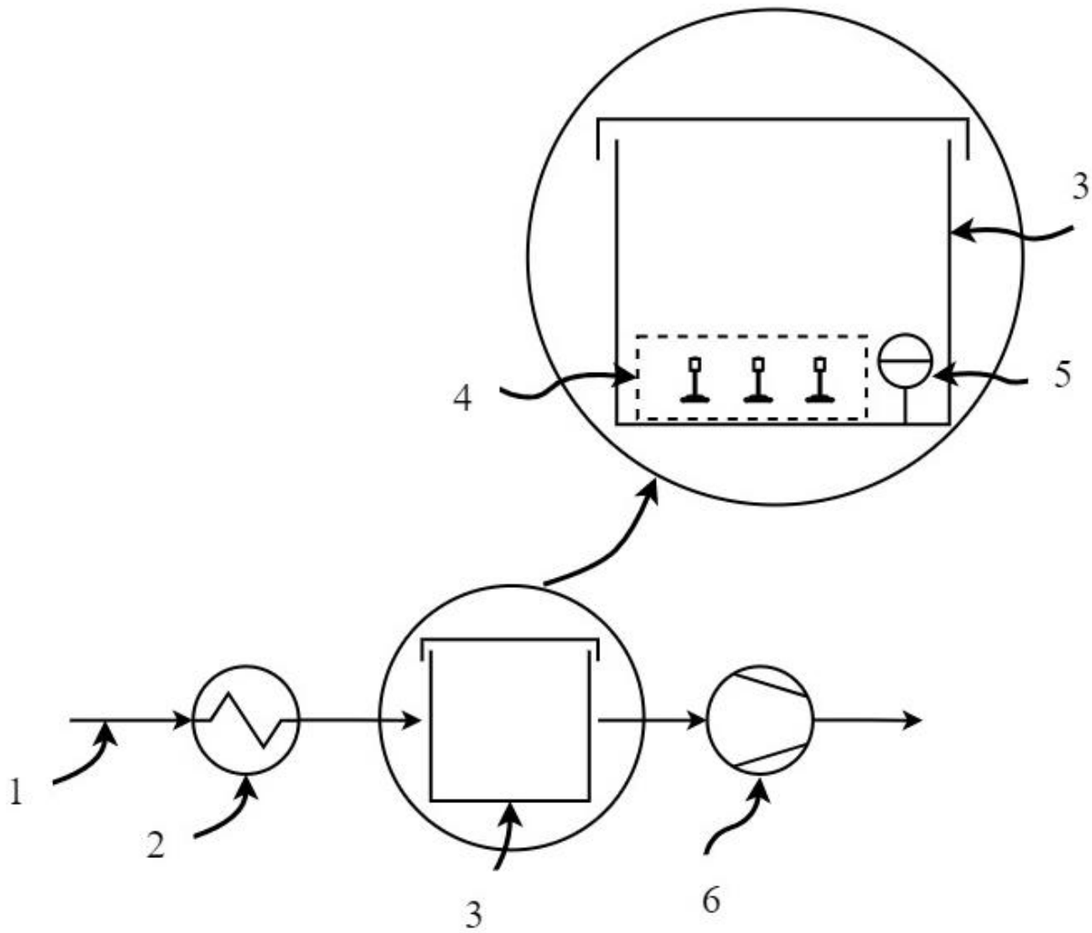


**FIG. 1**

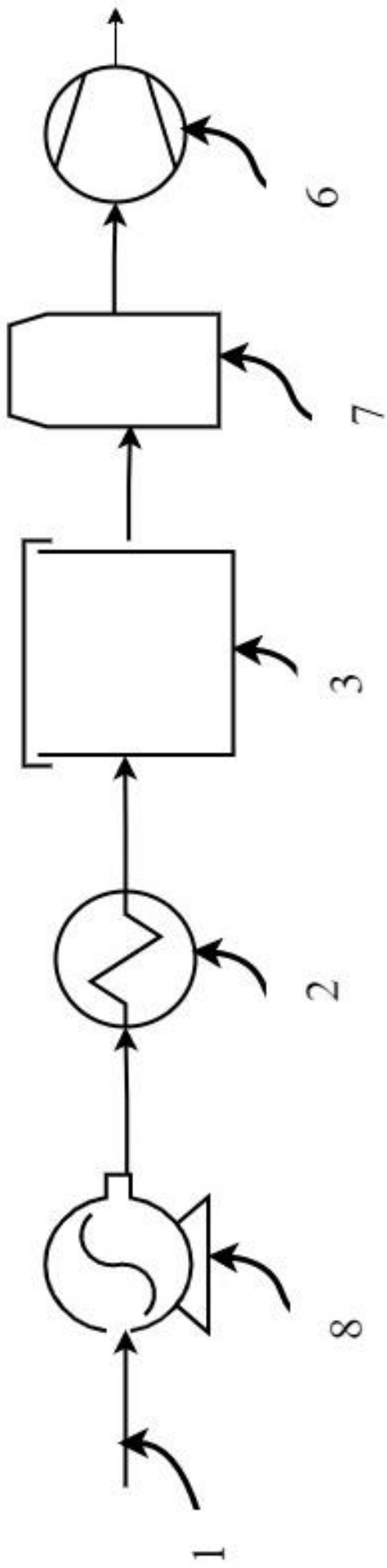


**FIG. 2**

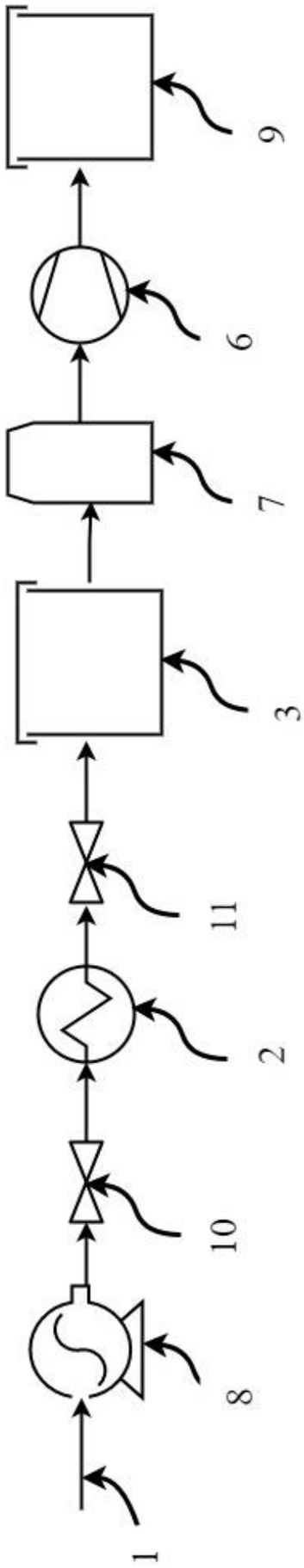


**FIG. 3**