

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 929 701**

51 Int. Cl.:

F28F 25/08 (2006.01)

F28C 1/00 (2006.01)

F28D 3/00 (2006.01)

F28F 3/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.10.2017 E 21183425 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.09.2022 EP 3907462**

54 Título: **Aparato intercambiador de calor**

30 Prioridad:

13.10.2016 GB 201617362

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

01.12.2022

73 Titular/es:

**UNIVERSITY OF HULL (100.0%)
The Knowledge Exchange, Cottingham Road
Hull HU6 7RX, GB**

72 Inventor/es:

**ZHAO, XUDONG;
XU, PENG;
MA, XIAOLI;
FANCEY, KEVIN y
LI, JUNMING**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 929 701 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato intercambiador de calor

Campo técnico

5 La invención se refiere a sistemas de enfriamiento que se basan en enfriamiento por evaporación, y más particularmente a un aparato intercambiador de calor, el uso de dicho aparato intercambiador de calor y métodos para operar un sistema de enfriamiento. Un aparato de intercambio de calor de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 se conoce por el documento WO 2005/019739.

Antecedentes

10 Es conocido proporcionar un acondicionador de aire de punto de rocío que comprende un intercambiador de calor de placa plana con láminas de intercambiador de calor complejas, ventiladores, bombas, cerramiento y dispositivos de control. La superficie conocida del intercambiador de calor normalmente no tiene ningún tratamiento, lo que conduce a una mala distribución del agua y a una humectación insuficiente, especialmente en la dirección horizontal, debido al efecto de la gravedad sobre el agua. Esto conduce a una mala transferencia de calor y masa entre las corrientes de aire del canal húmedo y seco del intercambiador de calor. Además, debido a la mala distribución del agua y a una
15 humectación insuficiente, la cantidad de agua circulante dentro del acondicionador de aire conduce a un consumo de potencia sustancial por las bombas del acondicionador de aire.

El intercambiador de calor de placa plana conocido hace un uso ineficaz del espacio de intercambio de calor, lo que conduce a una menor capacidad de transferencia de calor. El intercambiador de calor conocido utiliza guías de aire entre las láminas del intercambiador de calor adyacentes, lo que aumenta la resistencia al flujo de aire entre las láminas, lo que conduce a un mayor consumo de potencia del ventilador.
20

Los problemas con las disposiciones conocidas incluyen un consumo excesivo de potencia, un consumo excesivo de agua y, debido a la presencia de bacterias, etc., la incrustación del intercambiador de calor además de los mayores riesgos para la salud. El intercambiador de calor de placa plana conocido también puede tener una vida útil reducida debido a la incrustación y la corrosión. Se sabe que algunos agentes humectantes pueden actuar como agentes antimicrobianos. Además, se conoce el uso de agentes humectantes para el enfriamiento por evaporación. Por ejemplo, LiCl es un absorbente de humedad y tensioactivo conocido, que también puede tener propiedades antimicrobianas y el alcohol polivinílico (PVA) es conocido por su uso con lentes de contacto y en deshumidificadores. Sin embargo, las técnicas conocidas para operar aparatos de enfriamiento por aire no implican la adición de LiCl a PVA para su uso en enfriamiento por evaporación para mejorar las propiedades antimicrobianas.
25

30 El documento US2005/0218535A1 divulga métodos y aparatos para enfriamiento por aire por evaporación indirecta en los que cada placa del aparato está hecha de material laminado que tiene una lámina de material absorbente para las zonas húmedas y otra lámina de un material plástico resistente al agua para las zonas secas. La capa absorbente puede estar hecha de celulosa, poliéster, polipropileno o fibra de vidrio. Una realización utiliza láminas onduladas, las ondulaciones forman las guías para el flujo de aire y, por tanto, forman canales. Los canales se mantienen al tener las ondulaciones de las placas contiguas orientadas de manera que no sean paralelas (por ejemplo, estén en ángulos rectos) y no encajen con la placa contigua. La capa de plástico y la disposición de flujo cruzado no ayudan a optimizar la transferencia de calor y el uso del material absorbente preferido no optimiza el mantenimiento de la humedad.
35

El documento US2013/0233005A1 divulga un método para controlar la operación de un enfriador de aire evaporativo donde las almohadillas (es decir, medio de papel ondulado) del enfriador se humedecen intermitentemente con una cantidad de agua para absorber y retener durante cada operación de humectación. Se permite que el agua libre dentro del medio de evaporación (almohadilla) fluya de regreso a un depósito debajo de la almohadilla. Los transductores de presión estática a ambos lados de las almohadillas permiten medir la velocidad del flujo de aire a través de ellos. El flujo de aire está limitado a una velocidad para no arrastrar agua en el flujo de aire durante la operación de humectación, y la velocidad del flujo de aire se incrementa después de cada humectación intermitente para elevar el nivel de salida de enfriamiento del enfriador entre cada operación de humectación intermitente. La secuencia de humectación puede ocupar entre un 10% y un 20% del tiempo de operación. El medio de papel ondulado no ayuda a optimizar la transferencia de calor, y la técnica de humectación divulgada no optimiza el mantenimiento de la humedad mientras reduce el uso de agua o potencia.
40
45

Los materiales conocidos que se utilizan generalmente para láminas del intercambiador de calor en aparatos de enfriamiento por aire de punto de rocío son materiales no metálicos (por ejemplo, papel Kraft, plástico, etc.) Dicho material no metálico tiene mala conducción de calor.
50

Se conoce por el documento WO2005/019739 (Oxycell Holding BV) proporcionar un elemento intercambiador de calor que comprende un laminado conformable de una capa conductora de calor y un elemento intercambiador de calor con una capa fibrosa de retención de líquido. La capa de retención de líquido puede recubrirse o tratarse de otro modo para proporcionar propiedades antibacterianas u otras propiedades antiincrustantes. En términos generales, un objeto de la presente invención es abordar una o más de las desventajas mencionadas anteriormente del aparato intercambiador de calor conocido anteriormente.
55

Resumen

Lo que se requiere es un aparato intercambiador de calor que pueda reducir o minimizar al menos algunos de los problemas mencionados anteriormente.

5 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un aparato intercambiador de calor de acuerdo con las reivindicaciones.

10 Un aparato de este tipo proporciona la ventaja de que las ondulaciones pueden reducir la resistencia al flujo debido a la falta de soportes internos que lo impidan, la tela y el agente humectante pueden mejorar la tasa de evaporación y el agente humectante puede prevenir efectos negativos tales como incrustaciones, corrosión y crecimiento de bacterias, y todo esto mejoran u optimizan sinérgicamente el caudal y la eficiencia de enfriamiento del aparato intercambiador de calor. Además, dichas láminas de intercambio de calor irregulares/onduladas pueden aumentar el área de transferencia de calor y masa en aproximadamente un 35%, lo que lleva al mismo porcentaje de aumento en la tasa de transferencia de calor.

Preferiblemente, el aparato intercambiador de calor tiene un eje de alargamiento, estando dispuesto el eje de alargamiento, en uso, verticalmente (es decir, verticalmente de forma sustancial).

15 Preferiblemente, la superficie ondulada de cada lámina de metal comprende ondulaciones sobre una primera porción de la única superficie del aparato intercambiador de calor. En una realización, la tela cubre una segunda porción de única superficie, superponiendo la segunda porción a la primera porción. En otra realización, la tela cubre una segunda porción de una superficie, estando la primera porción completamente contenida dentro de la segunda porción. Ventajosamente, el tejido cubre así todas las ondulaciones, de modo que el tejido potencia la tasa de evaporación sobre toda la superficie ondulada.

20 Preferiblemente, la única superficie de cada lámina de metal del aparato intercambiador de calor comprende, fuera de la primera porción, una tercera porción, siendo la tercera porción plana. La tercera porción es una porción o parte de la única superficie que es plana o aplanada. Esto puede mejorar la eficiencia del flujo en las proximidades de la tercera porción, es decir, cerca de las entradas y salidas de aire, respectivamente. Preferiblemente, en uso, (i) la primera porción está dispuesta en una porción superior del aparato intercambiador de calor y/o está contigua a una salida de aire, y/o (ii) la tercera porción está dispuesta en una porción inferior del mismo y/o es contigua a una entrada de aire. En este contexto, contigüidad significa que un borde de la primera porción, o un borde de la tercera porción comparten un borde o límite con la entrada o salida de aire según se requiera.

25 Preferiblemente, la única superficie de cada lámina de metal del aparato intercambiador de calor comprende, fuera de la primera porción, una cuarta porción, siendo la cuarta porción plana. Preferiblemente, en uso, la cuarta porción está dispuesta en la porción más superior del aparato intercambiador de calor y/o está contigua a una salida de aire.

30 Preferiblemente, la superficie ondulada de cada lámina de metal tiene en sección transversal un perfil de una forma de onda periódica. La forma de onda puede ser cuasi sinusoidal o triangular. Esta configuración permite el apoyo de láminas adyacentes en los bordes (picos) formados por las ondulaciones, o cerca de esos picos, para formar canales de flujo de aire efectivos. Esta configuración omite beneficiosamente los soportes de canal (o las llamadas 'guías de aire') de la pila del intercambiador de calor, lo que lleva a una reducción de alrededor del 55% en la resistencia de flujo de aire y al mismo porcentaje de ahorro de potencia del ventilador.

35 Preferiblemente, la forma de onda periódica tiene una distancia de pico a pico de (i) 10-13 mm, (ii) 11-12 mm o (iii) 11.6 mm. Preferiblemente, la forma de onda periódica tiene una amplitud de (i) 2-3 mm, (ii) 2.2-2.8 mm o (iii) 2.5 mm. Preferiblemente, las ondulaciones de cada lámina de metal intersecan el plano del aparato intercambiador de calor en un ángulo con ese plano de (i) 46-54 grados, (ii) 48-52 grados o (iii) 50 grados. Preferiblemente, la superficie ondulada tiene una dimensión, en la dirección transversal a la dirección de extensión de las ondulaciones en la misma, de (i) 300-400 mm, (ii) 325-375 mm, o (iii) 348 mm.

40 Preferiblemente, la tela es una tela sintética que absorbe la humedad. Preferiblemente, la tela está formada por poliéster. Preferiblemente, la tela está formada por tela textil. Los inventores han descubierto que el uso de tela hecha de un material tal como fibra de poliéster puede mejorar significativamente la capacidad de humectación y la difusividad del agua a través de la superficie de la tela, mejorando así su rendimiento de transferencia de calor.

45 Preferiblemente, el agente humectante es un tensioactivo haloide y polivinílico. Preferiblemente, el agente humectante comprende polivinilpirrolidona (PVP) o alcohol polivinílico (PVA). Preferiblemente, el agente humectante comprende un compuesto de sal.

50 Preferiblemente, el agente humectante es una solución de LiCl/alcohol polivinílico (PVA). Los inventores han descubierto que el uso de la solución de recubrimiento de LiCl/alcohol polivinílico en la superficie húmeda de las láminas de intercambio de calor puede mejorar la capacidad de adsorción de agua de las láminas del intercambiador de calor y prevenir un efecto negativo (por ejemplo, incrustaciones, corrosión y crecimiento de bacterias) en la superficie. Esto mejora la eficiencia de la operación y puede prevenir efectos adversos para la salud.

Preferiblemente, la lámina de metal está formada de aluminio. Esto ayuda a mejorar/maximizar la transferencia de calor de los canales secos a los canales húmedos. Preferiblemente, se usa adhesivo marino para unir la tela a las láminas del intercambiador de calor de aluminio, creando ventajosamente una unión fuerte y una vida útil prolongada para las láminas del intercambio de calor.

- 5 Preferiblemente, algunas o todas las ondulaciones de la superficie ondulada tienen uno o más orificios pasantes en o cerca de uno de sus extremos. Esto ayuda a separar el flujo del aire de salida y el aire de retorno/escape. Preferiblemente, en uso, los orificios pasantes están dispuestos en o cerca de un extremo más superior del aparato intercambiador de calor. Esto ayuda además a separar el flujo en aire de salida y aire de retorno/escape, es decir, poco antes de la salida del aire de trabajo enfriado.
- 10 Preferiblemente, se incluye un sistema de suministro de agua, estando configurado el sistema de suministro de agua para abastecer agua a la tela del aparato intercambiador de calor para enfriamiento por evaporación. Preferiblemente, se incluye un controlador que está acoplado al sistema de suministro de agua, estando configurado el controlador para operar intermitentemente el sistema de suministro de agua para la aplicación de agua a la tela para mantener la tela en una condición húmeda mientras previene la formación de una película de agua. Preferiblemente, el sistema de suministro de agua está configurado para recircular agua al aparato intercambiador de calor desde un sumidero de agua.
- 15

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método de operación de un sistema de enfriamiento de acuerdo con las reivindicaciones.

- 20 Una ventaja de este aspecto es que el funcionamiento intermitente de la circulación de agua mantiene la superficie húmeda de la lámina de intercambio de calor en un estado de saturación al tiempo que evita la formación de una película de agua en la superficie, lo que reduciría la evaporación del agua.

Una ventaja de este aspecto es que, mientras que el suministro de agua se suministra principalmente con agua del grifo, una bomba de circulación solo se activa cuando el tanque de abajo está lleno; por tanto, esto minimiza el tiempo de operación de la bomba y su consumo de potencia.

- 25 En uso, el aparato intercambiador de calor está dispuesto con la lámina de metal en posición vertical de manera que la segunda parte está contigua a una salida de aire, y la tercera parte es contigua a una entrada de aire.

Cualquier característica preferida u opcional de un aspecto o caracterización de la invención puede ser una característica preferida u opcional de otros aspectos o caracterizaciones de la invención.

Breve descripción de los dibujos

- 30 Otras características de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones preferidas mostradas a modo de ejemplo solo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que;

La figura 1 muestra una vista lateral en perspectiva de una lámina del intercambiador de calor de acuerdo con una realización de la invención;

- 35 La figura 2 muestra una vista lateral en perspectiva de una pila de láminas del intercambiador de calor mostrada en la figura 1;

La figura 3 es una vista esquemática en perspectiva de cuatro láminas del aparato de la figura 2;

La figura 4 es una sección transversal a través de la lámina del intercambiador de calor mostrada en la figura 1; y

La figura 5 muestra los pasos de un método de acuerdo con una realización de la invención.

Descripción detallada

- 40 La figura 1 muestra una vista lateral en perspectiva de una lámina del intercambiador de calor de acuerdo con una realización de la invención, generalmente designada con 10. En la figura 1, la lámina del intercambiador de calor se muestra en su orientación normal durante el uso. La lámina 10 del intercambiador de calor es de aluminio de la serie 5005. La lámina 10 del intercambiador de calor está ondulada sobre una región 14 superior. El aluminio de la serie 5005 utilizado para formar la lámina 10 del intercambiador de calor proporciona la ductilidad adecuada para formar las ondulaciones y también proporciona la conductividad térmica requerida. Una región 15 superior de la lámina 10 del intercambiador de calor es aplanada. Una región 16 inferior de la lámina 10 del intercambiador de calor es aplanada. También se muestra que la transición 17 desde cada una de la región 15 superior y la región 16 inferior a las ondulaciones es lisa. La lámina 10 del intercambiador de calor tiene 360 mm de ancho y 1000 mm de largo. La región ondulada de la lámina 10 del intercambiador de calor tiene una longitud de 860 mm. La región 16 de plana tiene 115 mm de longitud y la región 15 plana tiene 20 mm de longitud. Como se muestra en la figura 1, la lámina 10 del intercambiador de calor es alargada y se indica un eje de alargamiento 19 de la misma, que es una dirección de la lámina 10 del intercambiador de calor con la mayor dimensión. En uso, el eje de alargamiento 19 está dispuesto
- 45
- 50

ES 2 929 701 T3

verticalmente (es decir, sustancialmente verticalmente). El eje de alargamiento 19 es también la dirección en la que discurren los canales, y también es la dirección en la que fluye el fluido como se describe a continuación.

Se pega una tela a un lado de la lámina 10 del intercambiador de calor como se muestra por el contorno 12 punteado. La tela se forma preferiblemente de un material que exhibe las siguientes propiedades, o sustancialmente similares, en una prueba del efecto absorbente de capilaridad (es decir, altura de succión de agua), cuando el material está suspendido con su extremo inferior en el agua:

5

	Altura de absorción (cm)					
(a)	1.0	1.5	3.1	3.6	5.2	6.2
(b)	4.9	6.3	9.0	11.0	14.2	16.5

Más preferiblemente, la tela está formada por Coolmax-2 ((b) anterior), disponible de Invista. La fila (a) anterior es para papel artesanal y se incluye como un control para mostrar las ventajas de usar Coolmax-2.

10 La tela se forma preferiblemente de un material que exhibe las siguientes propiedades, o sustancialmente similares, en una prueba de difusividad del agua y tasa de evaporación, cuando el material se pega a la lámina de aluminio, se le aplican gotas de agua y se observa desde encima:

	Tiempo de difusión de la gota		Área mojada (cm ²)		Tiempo de evaporación (min)	
(a)	7'30"	9'20"	5.6	57.3	24'10"	46'40"
(b)	57"	11'45"	3.4	64.4	13'12"	29'10"

15 Más preferiblemente, la tela está formada por Coolmax-2 ((b) anterior), disponible de Invista. La fila (a) anterior es para papel artesanal y se incluye como un control para mostrar las ventajas de usar Coolmax-2. Se apreciará que la tela Coolmax es un material de poliéster, que es sintético y generalmente resistente a la degradación, que podría denominarse tela sintética que absorbe la humedad por ejemplo, una tela tejida sintética que absorbe la humedad.

20 La operación para aplicar la tela a la lámina de aluminio implica pulir la superficie de aluminio para desgastarla, aplicar un adhesivo marino específico Sikaflex®-291i sobre la superficie rugosa y extender la tela (preferiblemente fibra Coolmax-2) sobre la superficie pegada. Los inventores han descubierto que de este modo se crea un excelente efecto de unión, lo que conduce a una transferencia de calor mejorada entre los lados secos y húmedos de las láminas 10 y una mayor evaporación del agua sobre la superficie húmeda de las láminas 10. Dicho adhesivo proporciona una transferencia de calor adecuada entre la lámina 10 del intercambiador de calor de aluminio y la tela 12. En una disposición para la fabricación de la lámina 10 del intercambiador de calor, se precalienta una placa calefactora (no mostrada) a una temperatura designada y se deja estabilizar durante aproximadamente 30 minutos, luego se coloca la lámina 10 del intercambiador de calor sobre la placa calefactora durante aproximadamente 5 minutos, luego se extiende el adhesivo sobre la lámina 10 del intercambiador de calor, y luego la tela 12 se coloca sobre el adhesivo en la parte de arriba de la lámina 10 del intercambiador de calor. A continuación, se aplica presión en la parte de arriba de la tela 12 (por ejemplo, colocando una masa que tenga un perfil adecuado sobre la tela 12), la placa calefactora se deja enfriar hasta que se fija el adhesivo. Esta forma de aplicar la tela 12 a la lámina 10 del intercambiador de calor puede denominarse método de presión en caliente.

35 Para completar la preparación de la tela, un agente humectante, preferiblemente una solución de tensioactivo de polivinilo haloide, por ejemplo, se aplica a la tela una solución de afinidad acuosa de LiCl/alcohol polivinílico. Los inventores han descubierto que se logra un efecto de difusividad de agua mejorado y, durante una operación a largo plazo, la superficie no presenta incrustaciones, corrosión ni crecimiento bacteriano. Las soluciones de LiCl/alcohol polivinílico actúan como una solución de afinidad por el agua (es decir, un agente humectante) y también actúa como un agente antimicrobiano. Alternativamente, se puede usar polivinilpirrolidona (PVP) en lugar del agente humectante de alcohol polivinílico (PVA). Además, la solución de tensioactivo de haloide y polivinilo puede denominarse alternativamente agente humectante polimérico, que también actúa como agente antimicrobiano. En términos generales, el agente humectante/agente antimicrobiano es una mezcla de una sal y un agente humectante, por ejemplo, una combinación de una sal de litio y un agente humectante.

40 Volviendo a la figura 1, en cada lámina 10 del intercambiador de calor, se proporcionan dos filas de orificios 18 pasantes en un extremo superior de las ondulaciones. En una disposición, se pueden proporcionar hasta cuatro filas

de orificios 18 pasantes. Los orificios 18 pasantes están en un lado de cada porción elevada de cada ondulación. Como se describirá con más detalle a continuación, durante la operación, el aire de admisión se aspira a un aparato intercambiador de calor que incorpora una pila de láminas 10 del intercambiador de calor. Esta parte del aire viaja a lo largo de canales secos formados por la pila. En el extremo de los canales secos, el aire se divide en dos partes: una se suministra al espacio de la habitación para enfriar el espacio mientras que la otra se desvía a los canales húmedos adyacentes, a través de los orificios 18 pasantes.

La figura 2 muestra una vista lateral en perspectiva de una pila de láminas 10 del intercambiador de calor mostradas en la figura 1, generalmente designadas con 20. En la figura 2 se muestran características similares a las disposiciones de la figura 1 con numerales de referencia similares. En la figura 2, las láminas 10 del intercambiador de calor se colocan una al lado de la otra de modo que los lados de aluminio de las láminas 10 del intercambiador de calor adyacentes queden enfrentados, y de modo que los lados de la tela de las láminas 10 del intercambiador de calor adyacentes estén enfrentados entre sí. Las ondulaciones de las láminas adyacentes proporcionan canales verticales de manera que hay "canales húmedos" que tienen lados de tela y "canales secos" que tienen lados de aluminio. En esta realización, la brecha entre dos láminas 10 del intercambiador de calor para formar un canal húmedo o seco es de 5 mm como máximo. Los canales verticales comprenden canales de flujo trapezoidales o romboides para el aire "húmedo" y "seco". Las superficies de las láminas 10 adyacentes no requieren soportes para formar estos canales de flujo trapezoidales o romboidales, lo que evita una restricción al flujo de aire. Tal disposición de láminas 10 adyacentes detiene la transferencia de humedad entre canales adyacentes, y significa que sólo puede ocurrir transferencia de calor entre canales de aire "húmedos" o "secos" adyacentes, lo que también proporciona una operación mejorada general de las láminas 10 del intercambiador de calor.

En la figura 2, el aire de entrada ambiental (ya sea desde el exterior de la habitación o una mezcla de aire exterior e interior de la habitación, recibido a través de un filtro de aire de entrada) se muestra en 22, el aire de salida del producto frío se muestra en 24, y el aire de trabajo y la descarga de agua se muestran en 26. El agua se introduce en la parte de arriba de cada "canal húmedo". Se apreciará que mientras que la pila de láminas del intercambiador de calor se muestra en 28, en la práctica los lados estarían cerrados para que el aire o el agua no escapen. En la práctica, puede haber hasta 100 láminas 10 del intercambiador de calor en una pila.

Se apreciará que las regiones 15 y 16 planas de cada lámina 10 del intercambiador de calor comprenden regiones de entrada y salida, respectivamente. Tales partes planas de las láminas 10 del intercambiador de calor permiten una fácil distribución de aire y agua dentro de los canales de la pila de láminas del intercambiador 20 de calor.

La figura 3 es una vista esquemática en perspectiva de cuatro láminas del aparato 20 de la figura 2, generalmente designado con 30. En la figura 3 se muestran características similares a las disposiciones de la figura 2 con numerales de referencia similares. En la figura 3 se muestran cuatro láminas 10 del intercambiador de calor con las ondulaciones omitidas para mayor claridad. Las superficies de dos de las láminas 10 del intercambiador de calor que tienen tela sobre ellas se muestran en 32 (es decir, la tela 32 está en un lado de cada lámina 10). Las superficies de aluminio de dos de las láminas 10 del intercambiador de calor se muestran en 34 (es decir, la superficie 34 de aluminio es un lado de cada lámina 10). Con tal disposición, la tela 32 de una superficie de una lámina 10 se enfrenta a la tela 32 de una superficie de otra lámina 10. De manera similar, la superficie 34 de aluminio de una lámina 10 se enfrenta a la superficie 34 de aluminio de otra lámina 10. También se muestra un depósito 36 de agua que tiene un nivel 38 de agua. El depósito de agua se llena con un suministro de agua 40, que puede ser agua del grifo. Una bomba 42 transfiere agua desde el depósito 36 de agua a lo largo del conducto 44 a dos ductos 46 de agua en la parte de arriba de los dos canales húmedos. El agua 46 de los ductos 46 de agua humedece la tela 32 en cada lámina 10 del intercambiador de calor, y las fibras de la tela con el agente humectante ayudan a esparcir la humedad sobre la tela 32 y agrandan el área humedecida, lo que promueve la evaporación. Puede proporcionarse un dispositivo de válvula (no mostrado) de modo que el suministro de agua 30 se cierre cuando el agua del depósito esté en un cierto nivel.

El aire 22 de admisión ambiental se aspira a un canal seco mediante un ventilador (no mostrado). A continuación, el aire de entrada se divide en dos corrientes, por lo que una corriente 50 pasa a los orificios 18 pasantes y la otra corriente sale como aire 24 de salida del producto frío. La corriente 50 entra entonces en los dos canales húmedos como se muestra en 52 donde hace que el agua se evapore de la tela. La corriente 50 también absorbe el calor transportado desde el canal seco y recibe la humedad evaporada de la superficie del canal húmedo, es decir, la tela 32. Se entenderá que la tela 32 promueve una alta evaporación debido a las fibras y al agente humectante de la misma. Se apreciará que la parte de arriba de cada cámara húmeda está cerrada para que el aire no pueda escapar de la parte de arriba de cada canal húmedo y sea forzado hacia abajo como se muestra en 52. El aire de trabajo y el agua de descarga se muestran en 26. Tal disposición puede denominarse intercambiador de calor de contraflujo en el que el aire 22 ambiental de entrada pasa en una dirección (es decir, hacia arriba) en un lado de una lámina 10, y el aire de trabajo y el agua 26 pasan en otra dirección (es decir, hacia abajo) en otro lado de la lámina 10. Se entenderá que el aire 22 ambiental de entrada pasa hacia arriba en un "canal seco", y el aire de trabajo y el agua 26 pasan hacia abajo en un "canal húmedo". Con tal disposición, cada una de las cuatro láminas 10 del intercambiador de calor onduladas funciona como una placa de transferencia de calor con un área de transferencia de calor aumentada. El aire descargado en 26 es caliente y húmedo. Se apreciará que el aire 22 viaja a lo largo de los canales secos de la pila donde pierde calor y se enfría debido a la diferencia de temperatura establecida entre los lados secos y húmedos de las láminas 10 causada por la evaporación del agua sobre la superficie húmeda. En efecto, la región ondulada proporciona un área de transferencia de masa y calor aumentada entre el aire 22 y el aire 26.

- Las cuatro láminas 10 son solo una parte de la pila de láminas 10 del intercambiador de calor, y las cuatro láminas de la figura 3 son una pequeña unidad de trabajo del aparato. En la práctica, la unidad de cuatro láminas se repetirá varias veces en una pila de láminas 10 del intercambiador de calor. También se apreciará que un controlador (no mostrado) está acoplado al sistema de suministro de agua, y está configurado para operar intermitentemente el sistema de suministro de agua para la aplicación de agua a la tela para mantener la tela en estado húmedo. El controlador también está configurado para recircular agua al aparato intercambiador de calor desde el depósito 36 de agua, que también puede denominarse sumidero de agua.
- La figura 4 es una sección transversal de la lámina del intercambiador de calor mostrada en la figura 1. Como se ve en la figura 4, la superficie ondulada tiene en sección transversal un perfil de una forma de onda periódica. Tal forma de onda puede ser cuasi sinusoidal, triangular u otra. Se puede utilizar una superficie ondulada regular o irregular.
- La superficie ondulada tiene una dimensión horizontal W , en la dirección transversal a la dirección de extensión de las ondulaciones en la misma, de 300-400 mm, 325-375 mm o, en una realización preferida, 348 mm. En cualquier caso, las láminas 10 del intercambiador de calor pueden tener tiras 59 laterales, es decir, en los bordes de la lámina 10, que tienen 6 mm de ancho, lo que facilita el montaje/fijación de las láminas en una pila.
- Las ondulaciones se eligen para que sean de una dimensión particular para promover el flujo de aire. Por tanto, en términos de la forma de onda periódica mencionada anteriormente, puede tener una distancia T de pico a pico (es decir, longitud de onda) de 10-13 mm, 11-12 mm, o en una realización preferida 11.6 mm. Además, la forma de onda periódica puede tener una amplitud $2A$ de 4-6 mm, 4.5-5.5 mm o, en una realización preferida, 5 mm. Por tanto, en esta realización, las ondulaciones tienen 2.5 mm de profundidad y 5.8 mm de ancho desde el plano de la lámina 10.
- Los inventores han descubierto que las ondulaciones de estas dimensiones producen canales que son particularmente eficaces para mejorar la eficiencia del intercambiador de calor. La figura 4 también muestra que las ondulaciones intersecan el plano del aparato intercambiador de calor en un ángulo con ese plano de 50 grados, y el ángulo puede estar entre 46-54 grados, o en una realización preferida 48-52 grados.
- Se entenderá por la figura 4 que el plano de la lámina 10 del intercambiador de calor se muestra en 57, y que las regiones 15, 16 planas son coplanas con el plano 57. Tal disposición facilita el distribuidor de agua y la entrada/salida del flujo de aire a través de la pila de láminas 10 del intercambiador de calor.
- La figura 5 muestra los pasos de un método de acuerdo con una realización de la invención, generalmente designado con 60. Se apreciará que los pasos se pueden realizar en un orden diferente, y no necesariamente en el orden mostrado en la figura 5.
- Inicialmente, en el paso 62, se proporcionan una pluralidad de láminas 10 del intercambiador de calor; esto puede implicar decenas o cientos de láminas 10 del intercambiador de calor. Luego, las láminas 10 del intercambiador de calor se forman en una pila o aparato de intercambiador de calor en el paso 64. Como parte de un sistema de enfriamiento como se describió anteriormente, un sistema de suministro de agua (que incluye sumidero, conductos, etc.), en el paso 66. A continuación, el sistema de enfriamiento se opera en 68°C.
- Como parte del último paso, el método 60 puede comprender el paso 70 y/o el paso 72. El paso 70 comprende recibir agua de la pila en el sumidero de agua y recircular agua de vuelta a la pila desde el sumidero de agua. Los inventores han descubierto que con esta pequeña cantidad de suministro de agua, el agua se puede abastecer directamente desde un grifo de agua, mientras que la bomba de circulación solo necesita activarse cuando el tanque de agua de abajo está lleno. Esto puede reducir significativamente el tiempo de operación de la bomba y, por lo tanto, minimizar su consumo de potencia.
- El paso 72 comprende la operación intermitente del sistema de suministro de agua para la aplicación de agua a la tela. Además, los inventores han descubierto que el suministro de agua hacia las superficies húmedas de las láminas 10 de intercambio de calor no debe realizarse de forma continua; en su lugar, debe ejecutarse de forma intermitente, por ejemplo, durante 20 segundos durante cada diez minutos de operación. Este método puede crear una superficie húmeda saturada durante el período operativo, al tiempo que evita la formación de una película de agua sobre la superficie húmeda, lo que puede causar un efecto negativo sobre la evaporación del agua.
- La combinación de las características anteriores ha dado lugar a un aumento de la eficiencia energética (COP) del sistema de enfriamiento en alrededor de un 80 a un 100%, lo que significa que el nuevo aparato intercambiador de calor puede lograr alrededor de un 40 a un 50% de ahorro en el uso de energía en comparación con la tecnología de enfriamiento de punto de rocío (evaporativo) de mejor rendimiento existente con la misma cantidad de salida de enfriamiento. Esto contribuirá a los objetivos globales de ahorro de energía y reducción de carbono.
- La descripción anterior describe que la lámina 10 del intercambiador de calor está ondulada sobre una región 14 superior de la misma, siendo la porción 16 inferior sustancialmente plana y la porción 15 por encima de la región 14 superior también sustancialmente plana. En una disposición alternativa, la lámina 10 del intercambiador de calor puede estar ondulada sobre sustancialmente toda la superficie de la misma. Se entenderá que el área de la región 14 ondulada en relación con el área de la lámina 10 del intercambiador de calor, o el área de las regiones 15, 16 planas puede depender de la configuración del aparato intercambiador de calor, y el experto en la materia sabrá los requisitos para determinar el área de la región 14 ondulada y/o las regiones 15, 16 planas.

En la descripción anterior se muestran diversas porciones de la lámina 10 del intercambiador de calor, por ejemplo, la porción 14 con ondulaciones, la porción 12 con tela, la porción 16 inferior que es plana y la porción 15 superior que es plana. Se entenderá que el área de las porciones 12, 14, 15, 16 entre sí y/o con respecto al área de la lámina 10 del intercambiador de calor puede depender de la configuración del aparato intercambiador de calor, y la persona experta
5 conocerá los requisitos para determinar el área de las porciones 12, 14, 15, 16. En una disposición, la superficie ondulada comprende ondulaciones sobre una primera porción 14 de la única superficie de la lámina 10 del intercambiador de calor, y la tela cubre al menos un la segunda porción 21 (véase la figura 1) de la única superficie, de modo que la segunda porción 21 al menos se superpone con la primera porción 14. Se apreciará que la segunda
10 porción 21 mostrada en la figura 2 es sólo con fines ilustrativos, y la cantidad de superposición entre la primera porción 14 y la segunda porción 21 puede ser mayor que la mostrada. En otra disposición, la superficie ondulada comprende ondulaciones sobre una primera porción 14 de la única superficie de la lámina 10 del intercambiador de calor, y la tela cubre al menos una segunda porción 12 de la única superficie, estando la primera porción 14 completamente contenida dentro de la segunda porción 12 (véase la figura 1).

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor, que comprende una pluralidad de láminas (10, 28) de metal, cada lámina (10) de metal con una superficie ondulada, y tela (12) que cubre al menos una parte de una superficie de cada lámina (10) de metal para promover la evaporación, las superficies onduladas de las láminas de metal adyacentes definen canales de flujo de aire para promover el flujo de aire, caracterizado porque un agente humectante en la tela (12) promueve la humectación de la tela (12), y el cual también actúa como agente antimicrobiano, en donde los canales de flujo de aire están definidos por el apoyo de láminas adyacentes sustancialmente en los picos formados por las ondulaciones, enfrentando la tela de una superficie de una lámina la tela de una superficie de otra lámina, y la superficie metálica de una lámina enfrenta la superficie metálica de otra lámina.
- 10 2. Un aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la superficie ondulada de cada lámina de metal comprende ondulaciones sobre una primera porción (14) de la única superficie del aparato intercambiador de calor, en donde:
- i) la tela (12) cubre una segunda porción (21) de la única superficie, la segunda porción (21) superponiendo la primera porción (14), o
- 15 ii) la tela (12) cubre una segunda porción (12) de la única superficie, estando la primera porción (14) totalmente contenida dentro de la segunda porción (12).
3. Un aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la superficie ondulada de cada lámina de metal tiene en sección transversal un perfil de una forma de onda periódica, y en donde la forma de onda periódica tiene una distancia de pico a pico de (i) 10-13 mm, (ii) 11-12 mm o (iii) 11.6 mm; y/o
- 20 en donde la forma de onda periódica tiene una amplitud de (i) 2-3 mm, (ii) 2.2-2.8 mm o (iii) 2.5 mm; y/o en donde las ondulaciones de cada lámina de metal intersecan el plano del aparato intercambiador de calor en un ángulo con ese plano de (i) 46-54 grados, (ii) 48-52 grados, o (iii) 50 grados.
4. Un aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la tela (12) es una tela (12) sintética que absorbe la humedad, y/o en donde la tela (12) está formada por (i) poliéster o (ii) tela (12) textil.
- 25 5. Un aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el agente humectante comprende un tensioactivo haloide y polivinílico.
6. Un aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el agente humectante comprende polivinilpirrolidona (PVP) o alcohol polivinílico (PVA).
- 30 7. Un aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 y 6, en donde el agente humectante comprende un compuesto de sal.
8. Un aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 7, en donde el agente humectante es una solución de LiCl/alcohol polivinílico (PVA).
- 35 9. Un aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye un sistema (36, 40, 42, 44, 46) de suministro de agua, y
- i) configurado para abastecer agua a la tela (12) del aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor para enfriamiento evaporativo, y un controlador acoplado al sistema (36, 40, 42, 44, 46) de suministro de agua, el controlador está configurado para operar intermitentemente el sistema (36, 40, 42, 44, 46) de suministro de agua para la aplicación de agua a la tela (12) para mantener la tela (12) en una condición húmeda mientras se evita la formación de una película de agua; o
- 40 ii) configurado para abastecer agua a la tela (12) del aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor para enfriamiento por evaporación, en donde el sistema (36, 40, 42, 44, 46) de suministro de agua está configurado para recircular agua al aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor desde un sumidero (36) de agua.
- 45 10. Uso de un aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor tiene un eje de alargamiento (19), estando dispuesto el eje de alargamiento (19) verticalmente.
- 50 11. Uso de un aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el aparato intercambiador de calor es de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la única superficie de cada lámina de metal del aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor comprende, fuera de la primera porción (14), una tercera porción (16), siendo la tercera porción (16) plana, en donde (i) la primera porción (14) está dispuesta en una porción superior del

aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor y/o es contigua a una salida (24) de aire, y/o (ii) la tercera porción (16) está dispuesta en una porción inferior de la misma y/o es contigua a una entrada (22) de aire.

5 12. Uso de un aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la única superficie de cada lámina de metal del aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor comprende, fuera de la primera porción (14), una cuarta porción (15), siendo la cuarta porción (15) plana, en donde la cuarta porción (15) está dispuesta en una porción más superior del aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor y/o es contigua a una salida (24) de aire.

10 13. Uso de un aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde algunas o todas las ondulaciones de la superficie ondulada tienen uno o más orificios (18) pasantes en o cerca de uno de sus extremos, en donde los orificios (18) pasantes están dispuestos en o cerca de un extremo más superior del aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor.

14. Un método de operación de un sistema (30) de enfriamiento, incluyendo el método:

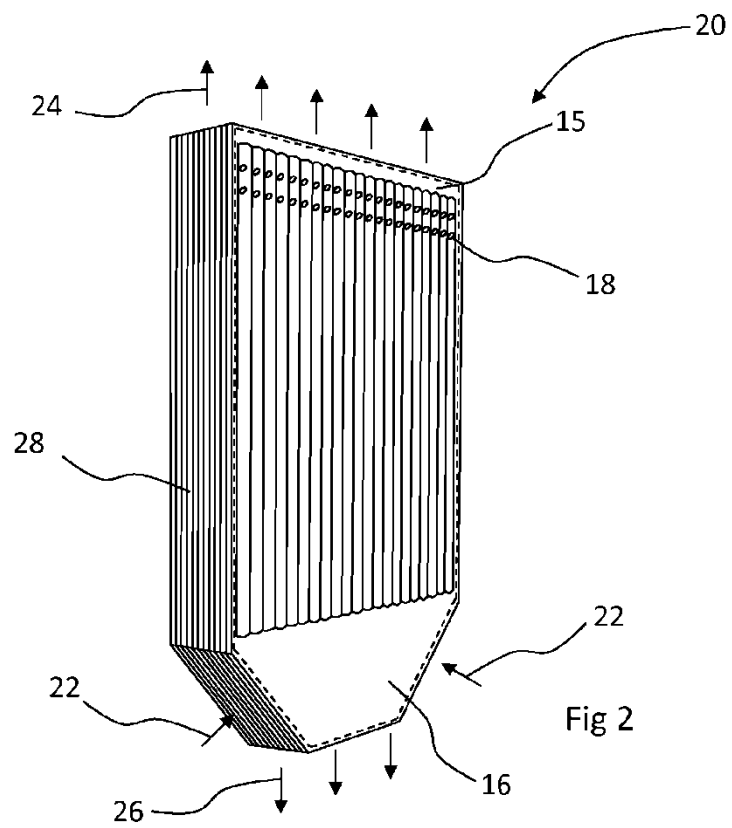
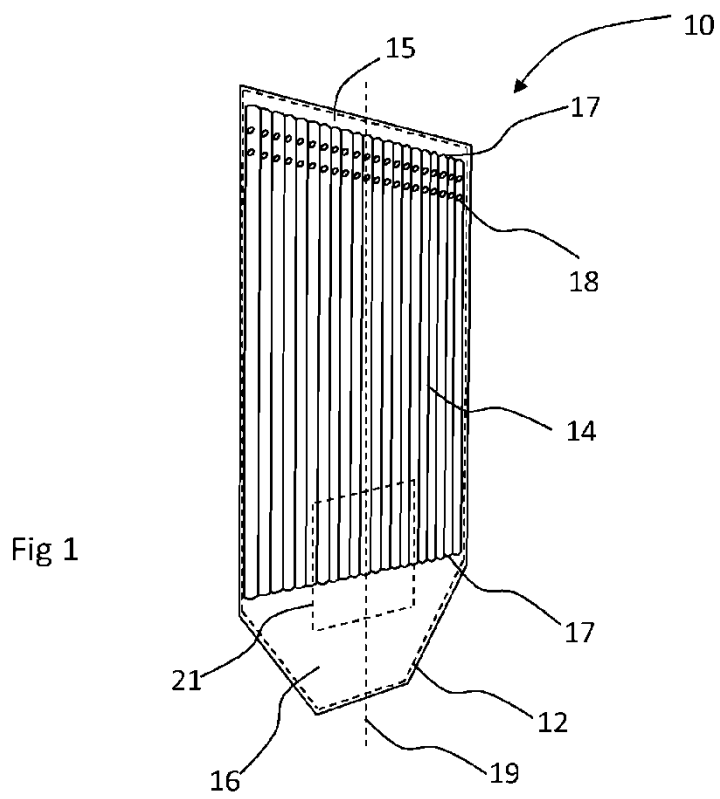
proporcionar un aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9;

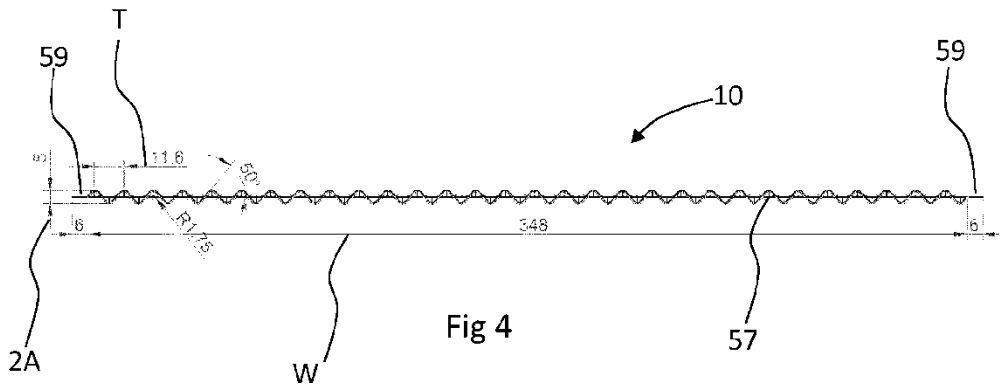
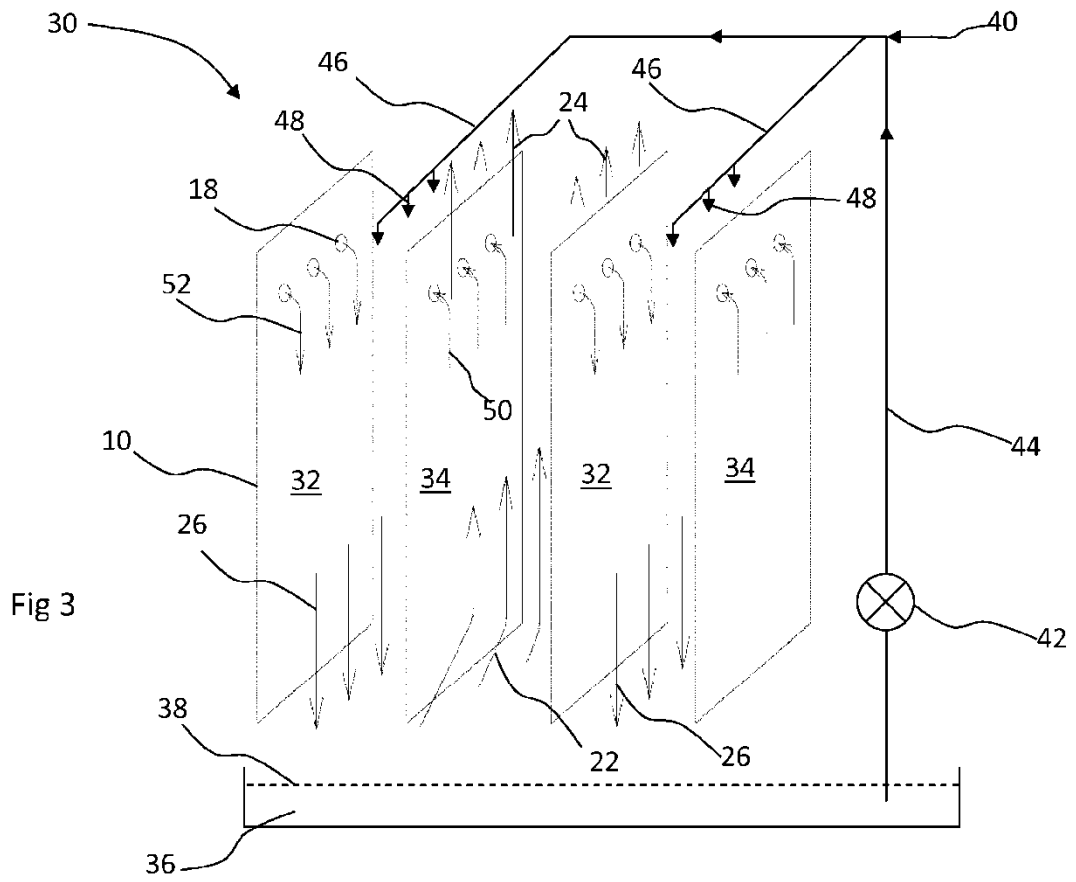
15 proporcionar un sistema (36, 40, 42, 44, 46) de suministro de agua, configurado para abastecer agua a la tela (12) del aparato (10, 20, 30) intercambiador de calor para enfriamiento evaporativo; y caracterizado porque:

un agente humectante en la tela (12) promueve la humectación de la tela (12), y que también actúa como el agente antimicrobiano; y

20 i) proporcionar un controlador, acoplado al sistema (36, 40, 42, 44, 46) de suministro de agua; y operar intermitentemente el sistema (36, 40, 42, 44, 46) de suministro de agua usando el controlador para la aplicación de agua a la tela (12) para mantener la tela en una condición húmeda mientras se evita la formación de una película de agua; o

ii) recircular el agua desde un sumidero (36) de agua utilizando el sistema (36, 40, 42, 44, 46) de suministro de agua.





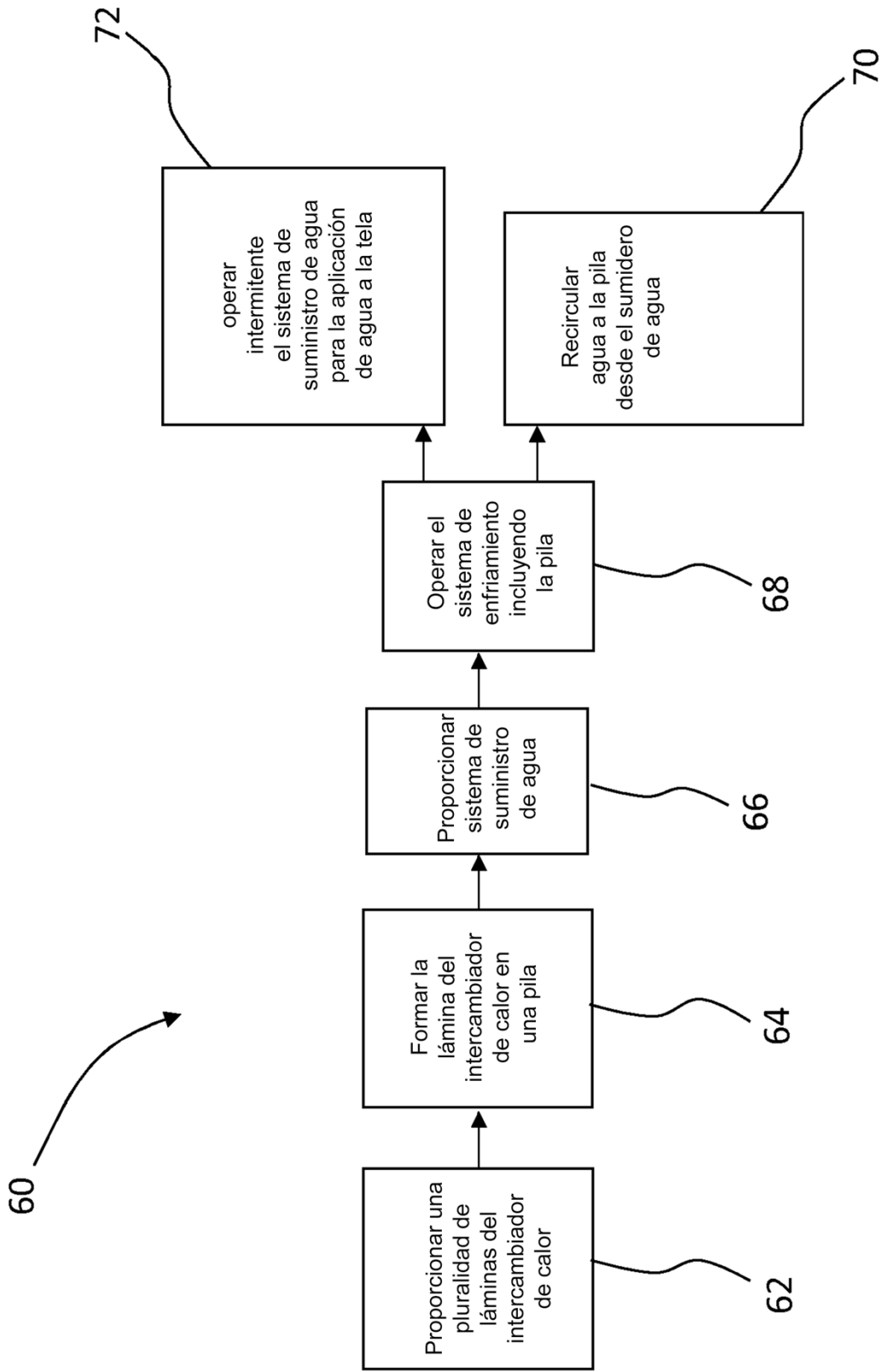


Fig 5