

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 977 971**

51 Int. Cl.:

A01K 1/015 (2006.01)

A01K 29/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.12.2016** **PCT/US2016/066893**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017** **WO17106475**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2016** **E 16876667 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.02.2024** **EP 3389367**

54 Título: **Sistemas y métodos para enfriar a un animal**

30 Prioridad:

16.12.2015 US 201562268066 P
08.06.2016 US 201662347161 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
03.09.2024

73 Titular/es:

PURDUE RESEARCH FOUNDATION (100.0%)
The Convergence Center101 Foundry Drive, Suite
2500West Lafayette
Indiana 47906, US

72 Inventor/es:

SCHINCKEL, ALLAN P. y
STWALLEY III, ROBERT MERTON

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 977 971 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

Sistemas y métodos para enfriar a un animal

Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere en general a sistemas y métodos para enfriar a animales para promover su bienestar y su rendimiento reproductivo. La invención se refiere particularmente a un sistema que comprende una plataforma de enfriamiento configurada para enfriar activamente a un animal con respecto a las temperaturas ambientales a las que está expuesto el animal.

10 Las explotaciones modernas de partos de cerdos han alcanzado un estado en el que las condiciones ambientales preferidas para los lechones son normalmente significativamente diferentes de las preferidas para la cerda. La selección para el aumento de tamaño de la camada y el crecimiento magro ha conducido a la selección de lechones con menores pesos de nacimiento y menos reservas de energía corporal al nacer. Para promover las tasas de supervivencia de los lechones, se recomiendan actualmente para establos de partos temperaturas ambientales (de la sala) mayores de 25°C y una temperatura del área de descanso en suelo de aproximadamente 37°C proporcionada por plataformas de calor o lámparas de calor. Por lo tanto, en la mayoría de áreas productoras de cerdos, las salas de
15 partos se mantienen aproximadamente a 25°C durante aproximadamente nueve meses al año, y los establos a menudo son aún más cálidos durante los meses de verano.

20 Sin embargo, las cerdas tienen una mayor susceptibilidad al estrés por calor si la temperatura ambiente en la sala de partos se eleva por encima de 25°C. Recientemente, más del 60% de las explotaciones de granjas de cerdas de Estados Unidos informaron de una disminución de fertilidad durante los meses de verano más cálidos de julio y agosto. Además, la ingesta diaria de alimentos, los niveles de producción de leche y el rendimiento reproductivo subsiguiente de las cerdas se ven afectados negativamente como resultado de mantener temperaturas de 25°C en la sala de partos para promover la supervivencia de los lechones. Este problema ha empeorado por los aumentos en el tamaño de la camada y la producción de leche, que han aumentado la producción de calor de las cerdas lactantes entre un 55% y un 70% y han reducido su temperatura crítica más alta a aproximadamente 18°C.

25 Si las temperaturas ambientales previstas continúan aumentando, se volverá cada vez más importante proveer a las cerdas lactantes de alguna forma de enfriamiento activo para mantener su productividad y bienestar. Se han realizado intentos para proporcionar sistemas de enfriamiento integrados dentro de los suelos de las jaulas de parto para cerdas para reducir el impacto del estrés por calor en las cerdas y mejorar la productividad y el rendimiento reproductivo de las cerdas mediante la eliminación local del exceso de calor de los animales. Sin embargo, tales intentos conocidos hasta la
30 fecha han estado limitados por una transferencia de calor ineficaz desde la cerda y no permiten cambios en la cantidad de enfriamiento con respecto a la producción de calor de la cerda o las condiciones ambientales circundantes.

En vista de lo anterior, se puede apreciar que existe un deseo constante de sistemas y métodos adecuados para enfriar a un animal que sean capaces de promover una transferencia de calor eficiente desde el animal y de ajustar la cantidad de enfriamiento con respecto a la producción de calor del animal y las condiciones ambientales.

35 La patente US 2014/0374056 se refiere a un aparato para enfriar al ganado y a un intercambiador de calor que proporciona una estera para un compartimento de establo.

Breve descripción de la invención

40 Un sistema para enfriar a un animal es el primer aspecto de la presente invención y se proporciona en la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas se proporcionan en las reivindicaciones dependientes. Cualquier realización de la descripción a continuación que no esté abarcada por las reivindicaciones se proporciona solo como referencia.

La presente invención proporciona sistemas y métodos adecuados para enfriar a un animal y capaces de promover una transferencia de calor eficiente desde el animal, y preferiblemente también capaces de ajustar la cantidad de enfriamiento con respecto a la producción de calor del animal y las condiciones ambientales.

45 Según un aspecto de la invención, se proporciona un sistema para enfriar a un animal que incluye un panel metálico que tiene una superficie superior para contactar con el animal y una superficie inferior, al menos un elemento de refrigeración metálico que contacta térmicamente con la superficie inferior del panel metálico y tiene un pasaje interno en el mismo, y medios para hacer fluir un refrigerante a través del pasaje interno del elemento de refrigeración metálico. El flujo del refrigerante a través del elemento de refrigeración metálico reduce la temperatura de la superficie superior del panel metálico y, por lo tanto, reduce la temperatura corporal del animal cuando el animal está en contacto con el
50 panel metálico.

Según otro aspecto de la invención, no cubierto por las reivindicaciones, se proporciona un método para enfriar a un animal que incluye situar al animal en una superficie superior de un panel metálico, y luego hacer fluir un refrigerante a través de un pasaje interno de al menos un elemento de refrigeración metálico que contacta térmicamente con la superficie inferior del panel metálico de manera que se reduce la temperatura de la superficie superior del panel
55 metálico, y en consecuencia la temperatura corporal del animal.

Los efectos técnicos del método y sistema descritos anteriormente incluyen preferiblemente la capacidad de enfriar activamente a un animal con respecto a la temperatura ambiente del entorno al que está expuesto el animal, lo que puede tener el efecto de promover el bienestar y posiblemente el rendimiento alimentario y reproductivo del animal.

Se apreciarán adicionalmente otros aspectos y ventajas de esta invención a partir de la siguiente descripción detallada.

5 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 representa esquemáticamente una realización no limitativa de un sistema configurado para eliminar el exceso de calor de un animal en entornos de temperatura ambiente elevada.

La Figura 2 es una vista en perspectiva que representa esquemáticamente una superficie superior de una realización no limitativa de una plataforma de enfriamiento.

10 La Figura 3 es una vista lateral que representa esquemáticamente la plataforma de enfriamiento de la Figura 2.

La Figura 4 es una vista en perspectiva que representa esquemáticamente una superficie inferior de la plataforma de enfriamiento de la Figura 2.

15 La Figura 5 es una vista en sección transversal que representa esquemáticamente una parte aislada de la plataforma de enfriamiento de la Figura 2 tomada a lo largo de una línea de sección transversal a una longitud longitudinal de la plataforma de enfriamiento.

La Figura 6 representa esquemáticamente capas aisladas de la plataforma de enfriamiento de la Figura 2.

La Figura 7 representa esquemáticamente una base capaz de soportar la plataforma de enfriamiento de la Figura 2 para su prueba.

20 La Figura 8 representa esquemáticamente una configuración de prueba experimental que comprende una disposición externa de lámparas de calor por encima de una plataforma de enfriamiento y una base.

La Figura 9 es una gráfica que representa las respuestas térmicas típicas de la plataforma de enfriamiento de la Figura 8.

25 Las Figuras 10 a 15 incluyen gráficas que representan promedios de temperatura de la plataforma de enfriamiento de la Figura 8 a flujos de refrigerante de, respectivamente, 14,1; 9,2; 3,2; 1,9; 1,0 y 0,0 (sin flujo de refrigerante) litros por minuto (l/min).

La Figura 16 es una gráfica que representa las constantes de tiempo de transferencia de calor para una plataforma de enfriamiento a diversos caudales de refrigerante.

30 Las Figuras 17 y 18 incluyen gráficas que representan respuestas de transferencia de calor de componentes para una plataforma de enfriamiento cuando se somete a la temperatura del refrigerante para 1,9 l/min ("1/8 del flujo nominal") y 1,0 l/min ("1/16 del flujo nominal"), respectivamente.

La Figura 19 es una vista desde abajo que representa esquemáticamente una segunda realización no limitativa de una plataforma de enfriamiento.

Descripción detallada de la invención

35 Esta descripción proporciona sistemas y métodos capaces de enfriar a un animal, por ejemplo, una cerda dentro de un establo de partos que se mantiene a una temperatura ambiental que es mayor que la que se desea para el rendimiento óptimo de la cerda. Como ejemplo, las salas de partos de explotaciones de partos de cerdos a menudo se mantienen a temperaturas ambiente de aproximadamente 25°C durante nueve meses al año, y a menudo pueden ser más cálidas durante los meses de verano. Dado que la producción de leche, el rendimiento de ingesta diaria de alimento y la expresión del celo después del destete se han relacionado con la reacción del animal a la temperatura ambiental, la producción agraria se puede mejorar regulando la temperatura corporal del animal para promover su rendimiento reproductivo. Además de mejoras potenciales en la producción, la regulación de la temperatura corporal del animal con respecto a la temperatura ambiental puede mejorar significativamente las condiciones y el bienestar del animal. Como tales, los sistemas y métodos descritos en la presente memoria proporcionan preferiblemente un enfriamiento activo económico para un animal adulto. Aunque la invención se describirá en la presente memoria con referencias específicas a una cerda en un establo de partos, es previsible y está dentro del alcance de la invención que la invención pueda aplicarse a otros entornos, otros animales u otras aplicaciones de enfriamiento o calentamiento. Por ejemplo, el sistema podría usarse en un corral de un verraco o un corral o caseta de gestación para la cría.

50 La Figura 1 representa esquemáticamente un sistema 10 no limitativo configurado para eliminar el exceso de calor de un animal en un entorno de temperatura ambiente elevada. Durante su funcionamiento, el sistema 10 hace fluir un refrigerante, por ejemplo agua, desde un suministro 14 de refrigerante a través de una plataforma 12 de enfriamiento para eliminar calor de un animal que está tumbado en la plataforma 12. A medida que aumenta la temperatura del

refrigerante durante el funcionamiento del sistema 10, el refrigerante puede descargarse, por ejemplo, en un foso de residuos debajo de una jaula de partos de una cerda (no mostrado), o puede reacondicionarse térmicamente y reutilizarse. En la Figura 1, el sistema 10 se representa como un sistema de bucle cerrado que incluye líneas 16 de suministro y retorno a través de las cuales fluye el refrigerante, respectivamente, desde el suministro 14 a la plataforma 12 y desde la plataforma 12 al suministro 14. El suministro 14 de refrigerante incorpora preferiblemente una unidad de refrigeración, por ejemplo, un enfriador, un intercambiador de calor geotérmico u otro dispositivo para disminuir la temperatura del refrigerante devuelto desde la plataforma 12 de manera que pueda reutilizarse. Alternativamente, el sistema 10 podría incluir una unidad de refrigeración como una unidad separada y discreta del sistema 10.

El sistema 10 se representa en la Figura 1 comprendiendo además una unidad 18 de control para controlar el caudal del refrigerante a través de la plataforma 12. La unidad 18 de control puede controlar el flujo de refrigerante a través de válvulas incorporadas en el suministro 14 de refrigerante o como una unidad separada del sistema 10. La unidad 18 de control está adaptada para monitorizar diversas condiciones dentro del sistema 10 y ajustar el caudal del refrigerante para mantener una temperatura deseada cuando el animal está tumbado en la plataforma 12 de enfriamiento. Por ejemplo, la unidad 18 de control monitoriza parámetros de la plataforma 12 de enfriamiento, tales como la temperatura de la plataforma 12 de enfriamiento, parámetros del sistema 10, tales como temperaturas de entrada y salida del refrigerante de la plataforma 12 de enfriamiento, y/o el caudal del refrigerante, parámetros del entorno, tales como la temperatura y humedad relativa del aire en las proximidades de la plataforma 12 de enfriamiento, y/o parámetros del animal, tales como cambios fisiológicos relacionados con, pero no limitados a, la temperatura corporal del animal, la temperatura de la piel del animal, la temperatura rectal del animal, la temperatura vaginal del animal, o el temperamento del animal. Con este fin, el sistema 10 puede incluir diversos sensores situados en y/o en las proximidades de la plataforma 12 de enfriamiento, el suministro 14 de refrigerante y/u otros componentes del sistema 10, y/o cerca o en el propio animal. Como ejemplo no limitativo, la unidad 18 de control podría detectar un aumento en la frecuencia respiratoria del animal y, dado que una frecuencia respiratoria elevada es un indicador conocido de aumento del estrés por calor, puede proporcionar entonces un enfriamiento adicional, es decir, disminuir la temperatura de la plataforma 12 de enfriamiento aumentando el caudal del refrigerante. Preferiblemente, los datos recogidos por la unidad 18 de control se transmiten a, por ejemplo, un ordenador central y se mantienen en una base de datos. Estos datos pueden usarse para ayudar en el perfeccionamiento de la explotación de partos y permitir la correlación del enfriamiento de la cerda con los datos de producción y fertilidad. La unidad 18 de control puede ajustar el caudal del refrigerante para mantener una temperatura deseada en base a los datos u otra información. Por ejemplo, la temperatura de la plataforma 12 de enfriamiento puede ajustarse en vista de un modelo numérico basado en factores de datos históricos o recopilados para el animal o rebaño específico, tales como, pero sin limitarse a, ingesta de alimento y número de partos de las cerdas. El sistema 10 puede controlarse manualmente, o puede controlarse directa o remotamente de manera autónoma mediante, por ejemplo, instrucciones preprogramadas.

La plataforma 12 de enfriamiento puede estar estructurada para situarse en y encajar dentro de una jaula de partos. Por ejemplo, la plataforma 12 de enfriamiento puede estar sobre el suelo de una jaula y cubrir partes limitadas del mismo que estén separadas del área interior o adyacente a la jaula ocupada por los lechones de la cerda, de modo que la función de enfriamiento del sistema 10 no afectará adversamente a las temperaturas elevadas deseadas para los lechones. Como ejemplos no limitativos, una plataforma de enfriamiento para una jaula de partos de una cerda puede cubrir la anchura del suelo (generalmente aproximadamente 0,6 metros) y aproximadamente la mitad de la longitud (generalmente aproximadamente un metro), de modo que mientras la cerda está en reposo al menos su zona de cabeza, cuello y hombro estará en contacto con, y será soportada por, la plataforma 12. Si se usa en un corral de un verraco, la plataforma de enfriamiento puede ser más grande, preferiblemente lo suficientemente grande como para que un verraco maduro se tumbe con toda su superficie corporal sobre la plataforma de enfriamiento. Si se usa en corrales de cerdas primerizas de reemplazo o en establos de acabado, la plataforma de enfriamiento puede posicionarse para permitir que una parte del espacio de suelo del animal se enfríe, mientras que otra parte permanezca abierta para otras actividades, tales como el manejo del estiércol.

Las Figuras 2-4 representan esquemáticamente diversas vistas de una plataforma 12 de enfriamiento no limitante que está particularmente dimensionada y configurada para disminuir la temperatura corporal de una cerda en una jaula de partos. Para facilitar la descripción de la plataforma 12 de enfriamiento, pueden usarse términos relativos, que incluyen, pero no se limitan a, "vertical", "horizontal", "lateral", "lado", "superior", "inferior", "por encima", "por debajo", etc., en referencia a la orientación de la plataforma 12 de enfriamiento durante su uso en una jaula de partos. La plataforma 12 de enfriamiento incluye un panel o cuerpo térmicamente conductor 20, por ejemplo una placa metálica, que tiene una superficie superior 21 y una superficie inferior 22. La superficie superior 21 está destinada a ser contactada por la cerda, por ejemplo, cuando el animal se tumba sobre la plataforma 12 de enfriamiento. La superficie inferior 22 está preferiblemente en contacto térmico con al menos un elemento 23 de refrigeración capaz de disminuir la temperatura del cuerpo térmicamente conductor 20 para bajar y/o regular de este modo la temperatura del animal que descansa sobre la superficie superior 22. Aunque el cuerpo 20 de la plataforma está representado como una placa plana, es previsible que el cuerpo 20 de la plataforma pueda tener otras formas y construcción. Por ejemplo, el cuerpo 20 de la plataforma puede incluir patas u otros refuerzos para promover la rigidez del cuerpo 20 de la plataforma y soportar una carga aplicada a la superficie superior 21, por ejemplo, el peso corporal de un animal sobre la misma.

En la realización no limitativa representada en las Figuras 2-4, el elemento 23 de refrigeración está en forma de conducto térmicamente conductor, por ejemplo una tubería metálica, que contacta térmicamente con la superficie

inferior 22 del cuerpo 20 de la plataforma. Como tal, el elemento 23 de refrigeración tiene un pasaje interno configurado para tener un flujo de refrigerante a través del mismo. Durante el funcionamiento del sistema 10, el refrigerante entra en el elemento 23 de refrigeración a través de una entrada 15, fluye a través del elemento 23 de refrigeración y sale del elemento 23 de refrigeración a través de una salida 17 antes de volver al suministro 14. La entrada 15 y la salida 17 están representadas situadas en un lado de la plataforma 12 de enfriamiento para evitar conflictos con un alimentador o barros de jaula, que se encuentran comúnmente en las jaulas de partos, pero la entrada 15 y la salida 17 pueden pasar hacia y desde la plataforma 12 de enfriamiento en cualquier ubicación.

El elemento 23 de refrigeración promueve preferiblemente una temperatura relativamente uniforme a lo largo de la superficie superior 21 de la plataforma 12. Con este fin, el elemento 23 de refrigeración se representa en las Figuras 4 y 6 teniendo un camino serpenteante o tortuoso en la superficie inferior 22 del cuerpo 20 de la plataforma, promoviendo de este modo una temperatura más uniforme a lo largo de la superficie superior 22, ayudado por la conductividad térmica del cuerpo 20 de la plataforma. Debe entenderse que el elemento 23 de refrigeración no está limitado al patrón específico representado en los dibujos, y que pueden usarse otros patrones en combinación con uno o más elementos de refrigeración dispuestos en serie o en paralelo. La Figura 19 representa esquemáticamente una vista inferior de una realización alternativa de una plataforma 112 de enfriamiento que tiene un elemento 23 de refrigeración que comprende tres circuitos 23a, 23b y 23c que están hidráulicamente en paralelo. Por conveniencia, en la Figura 19 se usan números de referencia idénticos para indicar los mismos elementos o elementos funcionalmente equivalentes a los que se describieron para la plataforma 12 de enfriamiento de las Figuras 2-8.

Con el fin de promover la regulación eficiente de la temperatura corporal de un animal, la plataforma 12 de enfriamiento promueve preferiblemente la transferencia de calor desde el animal a gradientes de temperatura relativamente bajos, resiste la transferencia de calor desde el entorno circundante, y tiene capacidad de respuesta a condiciones de entrada operativas variables, por ejemplo, permitiendo ajustes relativamente rápidos de la temperatura de la superficie superior 21. Por lo tanto, la plataforma 12 de enfriamiento está preferiblemente aislada para reducir la transferencia de calor desde el elemento 23 de refrigeración en cualquier otra dirección que no sea hacia la superficie superior 21. Como tales, las Figuras 4 a 6 representan la plataforma 12 de enfriamiento incluyendo un material aislante 26 configurado para reducir la velocidad de transferencia térmica entre el elemento 23 de refrigeración y el entorno circundante que no sea el cuerpo 20 de la plataforma. Aunque el material aislante 26 se representa situado solamente en lados laterales del elemento 23 de refrigeración reduciendo de este modo la transferencia de calor en direcciones laterales con respecto a y por debajo del cuerpo 20 de la plataforma, es previsible que el material aislante 26 pueda cubrir o aislar todas las partes del elemento 23 de refrigeración que no estén en contacto térmico con la superficie inferior 22 y reducir de este modo la transferencia de calor en todas las direcciones excepto desde la superficie superior 21. Por ejemplo, la Figura 5 representa la plataforma 12 de enfriamiento comprendiendo una capa adicional opcional de aislamiento 40 que puede ser una capa separada o puede ser parte del material aislante 26. Además, o como alternativa al material aislante 26, la plataforma 12 de enfriamiento puede estar situada sobre una cavidad aislada. Como ejemplo no limitativo, un foso por debajo de una jaula de partos de una cerda (no mostrado) puede estar aislado (por ejemplo, a lo largo de sus paredes) para reducir la transferencia de calor entre el elemento 23 de refrigeración y superficies que no sean el cuerpo 20 de la plataforma.

La plataforma 12 de enfriamiento incluye también medios para promover la transferencia de calor entre el elemento 23 de refrigeración y la superficie inferior 22 del cuerpo 20 de la plataforma. Por ejemplo, las Figuras 4 a 6 representan la plataforma 12 de enfriamiento teniendo un elemento intermedio térmicamente conductor 24 que está situado entre el cuerpo 20 de la plataforma y el elemento 23 de refrigeración y configurado para aumentar la velocidad de transferencia de calor entre los mismos. La Figura 5 representa el elemento intermedio 24 incluyendo un panel 30 fijado directamente a la superficie inferior 22 del cuerpo 20 de la plataforma y medios 32 para retener el elemento 23 de refrigeración en contacto físico con el elemento intermedio 24. En la realización representada, los medios 32 de retención comprenden una disposición de canales en forma de C configurados para recibir y retener partes del elemento 23 de refrigeración. La Figura 5 representa esquemáticamente una vista en sección transversal de uno de los canales en forma de C en una dirección transversal a su eje longitudinal, y muestra el canal acoplándose a la mayor parte de la circunferencia del elemento 23 de refrigeración. Al poner en contacto directamente el elemento 23 de refrigeración con los medios 32 de retención de esta manera, una mayor superficie del elemento 23 de refrigeración está efectivamente en comunicación térmica con el cuerpo 20 de la plataforma, de manera que el elemento intermedio 24 sirve para aumentar la transferencia de calor entre el elemento 23 de refrigeración y el cuerpo 20 de la plataforma.

La plataforma 12 de enfriamiento puede incluir opcionalmente varios componentes adicionales configurados para ayudar a situar y fijar la plataforma 12 de enfriamiento en una ubicación deseada, por ejemplo, dentro de una jaula de partos, y para promover la comodidad del animal en la misma. En la Figura 2, se puede ver que el extremo derecho del cuerpo 20 de la plataforma tiene un bisel de aproximadamente cuarenta y cinco grados que está destinado a reducir la exposición del animal a bordes afilados y promover de este modo la comodidad y seguridad de una cerda en una jaula de partos. Pueden fijarse elementos de sujeción (no mostrados), tales como elementos de sujeción de gancho, en diversas ubicaciones, por ejemplo, en cada esquina, de la plataforma 12 de enfriamiento para su uso en la fijación de la plataforma 12 de enfriamiento en una ubicación fija dentro de la jaula de partos. En investigaciones que condujeron a la presente invención, se proporcionó una base 36 (Figuras 7 y 8) para soportar la plataforma 12 de enfriamiento y aislar adicionalmente partes inferiores de la misma.

Se pueden usar diversos materiales para los componentes del sistema 10. Preferiblemente, se usan metales,

aleaciones o materiales poliméricos resistentes a la corrosión, ya que ubicaciones tales como las jaulas de partos tienden a tener ambientes húmedos y duros que pueden promover el crecimiento de moho y la descomposición de ciertos materiales. Como ejemplo no limitativo, una plataforma 12 de enfriamiento construida y utilizada en investigaciones analizadas a continuación incluía una placa de aluminio estriada para el cuerpo 20 de la plataforma, un panel de aluminio comercializado por Radiant Engineering con la marca comercial ThermoFin C™ como el elemento intermedio 24, tubos de cobre soldados y accesorios para el elemento 23 de refrigeración, elementos de sujeción de hierro para asegurar el elemento intermedio 24 al cuerpo 20 de la plataforma, poliuretano de alta densidad (HDPE, por sus siglas en inglés) para el material aislante 26, y madera para la base 36.

Las características térmicas de la plataforma 12 de enfriamiento se estudiaron en una serie de investigaciones que condujeron a la presente invención. Por lo tanto, se describirán ahora realizaciones no limitantes de la invención con referencia a investigaciones experimentales que conducen a la invención.

Se instrumentó una realización prototipo de la plataforma 12 de enfriamiento para la adquisición automática de datos en diversas ubicaciones para la temperatura y el caudal de refrigerante. Se instalaron sensores térmicos 28 (termopares de tipo F) en tres niveles dentro de la plataforma 12 de enfriamiento, incluyendo en la superficie superior 21, en el elemento intermedio 24 entre los canales 32, y directamente en el elemento 23 de refrigeración. El patrón de instalación y la clave de identificación para los sensores 28 se representan en la Figura 6. Adicionalmente, los termopares midieron la temperatura del refrigerante en la entrada 15 y la salida 17 y a la temperatura de suministro de refrigerante, y se emplearon termopares adicionales para medir la temperatura ambiental y las temperaturas de un baño de hielo y agua hirviendo usadas como referencias.

La Figura 8 muestra la configuración experimental incluyendo la plataforma 12 de enfriamiento soportada sobre la base 36, consistente con la instalación esperada de la plataforma 12 de enfriamiento dentro de una jaula de partos de metal ranurado común en la industria. La configuración incluía además una disposición 38 de lámparas de calor para elevar la temperatura de la plataforma 12 de enfriamiento y la temperatura ambiental. El funcionamiento de la plataforma 12 de enfriamiento durante las investigaciones se consideró coherente con su uso esperado dentro de un establo de partos.

La energía térmica externa fue suministrada por la disposición 38 de lámparas de calor a la plataforma 12 de enfriamiento hasta que se hubo alcanzado un conjunto específico de condiciones iniciales, es decir, una temperatura por encima de un estado base, basado en la temperatura ambiental. Una vez que la plataforma 12 de enfriamiento alcanzó un conjunto de condiciones donde al menos dos de los sensores 28 en la superficie superior 21 superaron los 35°C y al menos dos de los sensores 28 en el elemento intermedio 24 superaron los 30°C, se inició un sistema de adquisición de datos, se desactivó la disposición 38 de lámparas de calor y se inició el flujo de refrigerante. Se evaluaron cinco caudales, así como una condición sin flujo (convección libre) como referencia. Se realizaron dos repeticiones a cada caudal.

Los mecanismos de flujo pueden afectar significativamente a los coeficientes de transferencia de calor. Para determinar el régimen de flujo para el flujo de refrigerante en la plataforma 12 de enfriamiento, se calcularon los números de Reynolds (Re) para el circuito de refrigerante usando valores publicados para las propiedades físicas y las dimensiones de los componentes y los volúmenes de caudal medidos. Los datos calculados se representan en la Tabla 1. Se determinó que todos los caudales utilizados, con la excepción del caudal más bajo (1,0 l/min), estaban claramente dentro del intervalo de flujo turbulento. El segundo caudal más bajo (1,9 l/m) correspondió a un valor de Re de aproximadamente 3000, que está en el extremo alto de la transición entre el flujo laminar y turbulento. Sin embargo, debido a la naturaleza serpenteante del camino de flujo y la probable naturaleza del ambiente de funcionamiento de la plataforma 12 de enfriamiento, se asumió que el flujo a este nivel también era turbulento y que la transferencia de calor a este caudal estaba produciéndose dentro del régimen de flujo de fluido turbulento. El caudal más bajo (1,0 l/min) parecía corresponder al flujo laminar.

Tabla 1. Números de Reynolds experimentales para las investigaciones.

Tensión (V)	Flujo volum. (l/min)	Velocidad (m/s)	Flujo másico (kg/s)	Re
0,825	14,1	1,66	0,234	22300
0,535	9,2	1,08	0,153	14500
0,180	3,2	0,38	0,053	5030
0,105	1,9	0,23	0,032	3020
0,060	1,0	0,13	0,177	1680

Todos los datos de temperatura experimentales recogidos mostraron las mismas tendencias generales y forma a lo largo del tiempo. En la Figura 9 se muestran representaciones gráficas típicas de las temperaturas medias en las tres capas de la plataforma 12 de enfriamiento. El promedio de temperatura se computó como una media aritmética simple

a lo largo de todos los sensores válidos para ambas repeticiones experimentales al mismo incremento de tiempo desde el inicio del experimento. Como se esperaba para un proceso de enfriamiento en un dispositivo de este tipo, la temperatura del elemento 23 de refrigeración ("Temperatura de la tubería") respondió primero, seguida del elemento intermedio 24 ("Temperatura de la parte inferior"), y luego la superficie superior 21 ("Temperatura de la parte superior").

5 Las condiciones físicas dentro del sistema experimental real permanecieron razonablemente constantes a lo largo de una sola ejecución experimental, pero variaron apreciablemente a lo largo de toda la serie de ensayos. Siguiendo el protocolo experimental de transferencia de calor estándar como se describe por Incropera & DeWitt (1981), los datos térmicos para los experimentos de enfriamiento capacitivo fueron adimensionalizados (AD) usando el promedio de temperaturas máximas de la superficie superior 21 y los promedios de temperaturas potenciales impulsoras para
10 condiciones experimentales individuales. Se usó una media aritmética basada en el tiempo transcurrido desde el inicio del experimento específico para crear líneas de temperatura para seis caudales de fluido refrigerante diferentes. Ambas repeticiones para cada combinación de tratamiento se han promediado en un único valor. Las gráficas que representan los datos adquiridos se presentan en las Figuras 10 a 15.

15 La familia de curvas mostrada en las Figuras 10 a 14 tienen la misma forma y aspecto generales. Las líneas térmicas para los tres niveles de medición a través de la variedad de caudales examinados mostraron una consistencia notable. La Figura 16 representa las constantes de tiempo para esta familia de pruebas en función del caudal volumétrico del refrigerante. Esta gráfica demuestra que la plataforma 12 de enfriamiento es extremadamente efectiva en el enfriamiento convectivo y relativamente insensible al caudal de refrigerante. La condición sin flujo representada en la
20 Figura 15, donde la plataforma 12 de enfriamiento está en enfriamiento convectivo libre al aire ambiente, muestra diferentes líneas de temperatura dentro de los niveles más bajos de la plataforma 12 de enfriamiento. Las líneas de temperatura al principio en estas gráficas muestran claramente que el calor se desplazó hacia arriba y fuera de la superficie superior 21, más que hacia abajo y lateralmente desde el elemento 23 de refrigeración. Estos datos indican que la plataforma 12 de enfriamiento tiene un camino conductor fuerte para la transferencia de calor entre el elemento
25 23 de refrigeración y la superficie superior 21, y un camino de transferencia de calor restringido, o bastante bien aislado, desde la plataforma 12 de enfriamiento al entorno circundante. La constante de tiempo larga para el enfriamiento convectivo libre indica adicionalmente que la transferencia de calor desde el entorno circundante a la plataforma 12 de enfriamiento durante su funcionamiento será probablemente insignificante en comparación con la transferencia de calor desde el animal. Finalmente, el rendimiento de la plataforma 12 de enfriamiento demostró que tendrá una capacidad de respuesta razonable a condiciones variables y a un sistema de control informático.

30 El efecto de la temperatura del refrigerante se estudió usando un fluido a temperatura elevada y reducida (agua calentada y enfriada, respectivamente) en comparación con el fluido a temperatura nominal (agua base). El suministro de refrigerante elevado estaba a una temperatura de aproximadamente 27°C, y el refrigerante reducido estaba a una temperatura de aproximadamente 11°C. Las Figuras 17 y 18 muestran el efecto de la temperatura del refrigerante en las líneas de temperatura dentro del dispositivo a "1/8 del flujo nominal" (aproximadamente 1,9 l/min) y "1/16 del flujo
35 nominal" (aproximadamente 1,0 l/min). La familia de curvas de temperatura muestra una consistencia como se esperaba para el caudal más alto, con flujos de refrigerante más calientes que demuestran una disminución más rápida de la temperatura hacia el potencial del refrigerante menos extremo. El caudal más bajo evidencia un mezclado conjunto del fluido a temperatura nominal y el fluido a temperatura reducida. Este es un resultado significativo y potencialmente ventajoso, ya que indica que los caudales más bajos son de más interés dentro de un sistema práctico.
40 Puede haber otras razones que dicten el uso de un refrigerante enfriado dentro de la plataforma 12 de enfriamiento, pero estas investigaciones indican que no hay una ventaja significativa en la respuesta térmica con respecto a los caudales que son más altos.

La uniformidad de las temperaturas a lo largo de la superficie superior 21 se examinó mediante el uso de fotografía IR. Se tomó una serie completa de fotos de la superficie superior 21 del cuerpo 20 de la plataforma a lo largo de la
45 prueba, y no hubo variación significativa de la temperatura a través de la superficie superior 21.

Se llevó a cabo un examen para estudiar el tiempo para extraer la energía de la plataforma 12 de enfriamiento cuando se mantuvo en un potencial térmico por encima del de la temperatura ambiental (tiempo de descarga), así como el tiempo requerido para reducir el cuerpo 20 de la plataforma a una temperatura por debajo de la temperatura ambiental. Esos resultados se incluyen en la Tabla 6. Basándose en la temperatura del cuerpo 20 de la plataforma al comienzo
50 de las ejecuciones experimentales y sus materiales de construcción, se ajustó un nivel de energía de 200 kJ como el potencial de energía por encima de las condiciones ambientales. La energía descargada se calculó usando el caudal de refrigerante y el diferencial de temperatura a través de los sensores situados en la entrada 15 y la salida 17. Curiosamente, llevó un poco más de tiempo eliminar 200 kJ con el caudal total que con los dos tercios del caudal total. Esto indica probablemente que el refrigerante a flujo completo no ha alcanzado un perfil térmico completamente
55 desarrollado dentro de la plataforma 12 de enfriamiento, debido a la velocidad de flujo a través del elemento 23 de refrigeración. Por el contrario, generalmente llevó progresivamente más tiempo eliminar una cantidad establecida de energía con caudales decrecientes.

Tabla 6. Tiempos de enfriamiento.

Condición (con respecto al flujo nominal)	Tiempo de descarga (s)	Cuerpo de la plataforma por debajo de la temperatura ambiente (s)
Flujo completo	138	240
2/3 del flujo	114	276
1/4 del flujo	720	330
1/8 del flujo	870	348
1/16 del flujo	1188	372

La tercera columna de la Tabla 6 representa cuando se produce enfriamiento activo en las diversas condiciones de flujo. Como se emplea en la presente memoria, el término enfriamiento activo significa que la temperatura de la superficie superior 21 de la plataforma 12 de enfriamiento cae por debajo de la temperatura ambiente. Los valores de la Tabla 6 muestran un aumento progresivo uniforme del tiempo con flujos de refrigerante reducidos. Esto indica claramente que el diseño de la plataforma 12 de enfriamiento con caminos conductores de transferencia de calor mejorados a la superficie superior 21 y caminos aislados al entorno circundante fue muy eficaz para transferir rápidamente el calor a través de la superficie superior 21. De hecho, las investigaciones indicaron que la plataforma 12 de enfriamiento es capaz de eliminar calor de un animal, incluso antes de que el sistema se haya equilibrado completamente, es decir, antes de que la superficie superior 21 se enfríe completamente en toda su extensión en base al caudal de refrigerante.

Puesto que hubo un calor significativo mantenido dentro del material aislante 26, se estimó que se requeriría aproximadamente una hora de funcionamiento para alcanzar una verdadera condición de estado estacionario con el refrigerante en la plataforma 12 de enfriamiento usada en las investigaciones. Esto indica que utilizar un dispositivo independiente, tal como la plataforma 12 de enfriamiento, para el enfriamiento de animales es probablemente significativamente más eficiente y tiene más capacidad de respuesta que un sistema que incluya elementos de enfriamiento integrados dentro de la construcción de un edificio, por ejemplo, un sistema de enfriamiento en el suelo. Además de desperdiciar energía y esfuerzo significativos, la capacitancia asociada con enfriar adicionalmente el suelo probablemente haría inaceptablemente larga y difícil de manejar la capacidad de respuesta de un sistema de enfriamiento integrado. Específicamente, el enfriamiento activo integrado en el suelo probablemente tendría una constante de tiempo muy grande, debido a la capacitancia térmica del suelo y las partes del edificio que comuniquen térmicamente con el suelo, creando un sistema general lento, sin capacidad de respuesta.

Se estudiaron cuatro métodos diferentes de fijación del elemento intermedio 24 al cuerpo 20 de la plataforma, incluyendo soldadura, soldadura blanda, adhesivo y elementos de sujeción. Se determinó que la soldadura proporcionaba la velocidad más alta de reducción de la temperatura de la plataforma 12 de enfriamiento, seguida del uso de elementos de sujeción. El adhesivo proporcionó la velocidad más baja de enfriamiento y se consideró que el adhesivo se estaba comportando como una barrera de transferencia de calor entre el cuerpo 20 de la plataforma y el elemento intermedio 24. Por tanto, se concluyó que la sujeción era un método de construcción preferido por su rápida velocidad de enfriamiento, facilidad de fabricación y contacto plano entre las capas.

Basándose en los resultados de las investigaciones indicadas anteriormente, las constantes de tiempo para la plataforma 12 de enfriamiento bajo enfriamiento convectivo fueron relativamente invariables y aumentaron significativamente en el modo sin flujo (enfriamiento convectivo libre). La superficie superior 21 presentó una uniformidad relativa en la temperatura superficial, sin zonas calientes o frías evidentes en la fotografía térmica. El diseño estructural general de la plataforma 12 de enfriamiento con caminos de transferencia de calor mejorados y aislados parecía ser eficaz, ya que los datos indicaron que la plataforma 12 de enfriamiento es capaz de proporcionar enfriamiento activo a un animal incluso antes de que haya terminado de eliminar su propia energía almacenada.

En vista de lo anterior, esta descripción proporciona un método para enfriar a un animal con respecto a una temperatura ambiental con el sistema 10. En particular, la plataforma 12 de enfriamiento puede estar situada en una jaula de partos u otra área destinada a contener al animal. El animal puede entonces colocarse en el área de manera que el animal esté situado al menos parcialmente en la superficie superior 20 del cuerpo 20 de la plataforma. Puede iniciarse entonces el flujo de un refrigerante a través del pasaje interno del elemento 23 de refrigeración de manera que se reduzca la temperatura de la superficie superior 20 y, en consecuencia, la temperatura corporal del animal. Durante el uso, diversos sensores dentro del sistema 10 de un dispositivo de adquisición de datos pueden proporcionar datos a un operador o a la unidad 18 de control. El caudal del refrigerante puede responder a un cambio en una temperatura del cuerpo 20 de la plataforma, la temperatura o humedad relativa del aire en las proximidades de la plataforma 12 de enfriamiento, las temperaturas de entrada y salida del refrigerante desde el elemento 23 de refrigeración, el caudal del refrigerante dentro del elemento 23 de refrigeración, la frecuencia respiratoria del animal, o cualquier otro parámetro detectado o determinado.

Los sistemas y métodos descritos en la presente memoria proporcionan medios para abordar de manera eficiente y eficaz condiciones agrarias inconsistentes que surgen de las explotaciones modernas de partos de cerdos que buscan mantener condiciones ambientales más altas para los lechones que pueden ser perjudiciales para el rendimiento reproductivo y el bienestar de la cerda. La plataforma 12 de enfriamiento proporciona una superficie superior 21
5 enfriada uniformemente sobre la que puede descansar una cerda mientras permanece relativamente cerca y dentro del mismo entorno ambiental que los lechones. En otras aplicaciones, los animales pueden tener más libertad de movimiento. Por lo tanto, la plataforma 12 de enfriamiento puede colocarse para proporcionar a un animal un alivio del estrés por calor debido a las condiciones ambientales a discreción del animal. Por ejemplo, la plataforma 12 de enfriamiento puede estar situada en una esquina de un corral y el animal puede tumbarse sobre la plataforma 12 de
10 enfriamiento o no a su discreción.

Aunque la invención se ha descrito en términos de realizaciones e investigaciones específicas o particulares, debe ser evidente que un experto en la técnica podría adoptar alternativas. Por ejemplo, la plataforma 12 de enfriamiento y sus componentes podrían diferir en apariencia y construcción de las realizaciones descritas en la presente memoria y mostradas en los dibujos, las funciones de ciertos componentes de la plataforma 12 de enfriamiento podrían llevarse
15 a cabo mediante componentes de diferente construcción pero capaces de una función similar (aunque no necesariamente equivalente), y se podrían utilizar diversos materiales en la fabricación de la plataforma 12 de enfriamiento y/o sus componentes. Además, la invención abarca realizaciones adicionales o alternativas en las que podrían eliminarse o modificarse una o más características o aspectos de la realización descrita. Por consiguiente, debe entenderse que la invención no se limita necesariamente a ninguna realización descrita en la presente memoria o ilustrada en los dibujos. También debe entenderse que la fraseología y la terminología empleadas anteriormente
20 tienen el propósito de describir las realizaciones e investigaciones descritas, y no sirven necesariamente como limitaciones al alcance de la invención. Por lo tanto, el alcance de la invención estará limitado solamente por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (10) para enfriar a un animal, comprendiendo el sistema (10):
una plataforma (12) de enfriamiento que comprende:
5 un panel metálico (20) que tiene una superficie superior (21) para contactar con el animal y una superficie inferior (22);
al menos un elemento (23) de refrigeración que tiene un pasaje interno en el mismo a través del cual fluye un refrigerante y que tiene una entrada (15) y una salida (17) situadas en un lado de la plataforma (12) de enfriamiento a través de las cuales entra y sale el refrigerante, respectivamente, de la plataforma (12) de enfriamiento
10 un elemento intermedio (24) que contacta térmicamente con la superficie inferior (22) del panel metálico (20) y que comprende medios (32) para retener el elemento 23 de refrigeración en contacto físico con el elemento intermedio (24) para mantener el contacto térmico entre el elemento (23) de refrigeración y el panel metálico (20); y
una unidad (18) de control que controla la temperatura del panel metálico (20) monitorizando la temperatura del panel metálico (20) y ajustando un parámetro del refrigerante que fluye a través del pasaje interno del elemento
15 (23) de refrigeración;
en donde el flujo del refrigerante a través del elemento (23) de refrigeración reduce la temperatura de la superficie superior (21) del panel metálico (20) y, por lo tanto, reduce la temperatura corporal del animal cuando el animal está en contacto con el panel metálico (20).
- 20 2. El sistema (10) de la reivindicación 1, que comprende además un material aislante (26) configurado para reducir la velocidad de transferencia de calor entre el elemento (23) de refrigeración y el entorno circundante que no sea el panel metálico (20).
3. El sistema (10) de la reivindicación 2, en donde el material aislante (26) está situado en lados laterales de, o por debajo del elemento (23) de refrigeración.
- 25 4. El sistema (10) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el parámetro del refrigerante es el caudal del refrigerante a través del pasaje interno del elemento (23) de refrigeración.
5. El sistema (10) de la reivindicación 4, en donde la unidad (18) de control ajusta el caudal del refrigerante en respuesta a un cambio en la temperatura o la humedad relativa del aire en las proximidades del panel metálico (20), o un cambio en las temperaturas de entrada y salida del refrigerante desde el elemento (23) de refrigeración y el caudal del refrigerante dentro del elemento (23) de refrigeración.
- 30 6. El sistema (10) de la reivindicación 1, la reivindicación 4 ó la reivindicación 5, en donde la unidad (18) de control también ajusta el caudal del refrigerante en respuesta a un cambio en un parámetro fisiológico del animal.
7. El sistema (10) de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en donde la unidad (18) de control también ajusta el caudal del refrigerante basándose en un modelo numérico basado en factores de datos históricos para el animal o un rebaño al que pertenece el animal.
- 35 8. El sistema (10) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende además medios para monitorizar y recopilar datos relacionados con características térmicas del panel metálico (20) y almacenar los datos recopilados en una base de datos.
9. El sistema (10) de la reivindicación 1, en donde los medios (32) de retención comprenden una disposición de canales en forma de C.
- 40 10. El sistema (10) de la reivindicación 1, en donde la unidad (18) de control monitoriza las temperaturas del refrigerante que fluye al interior y sale del pasaje interno del elemento (23) de refrigeración.

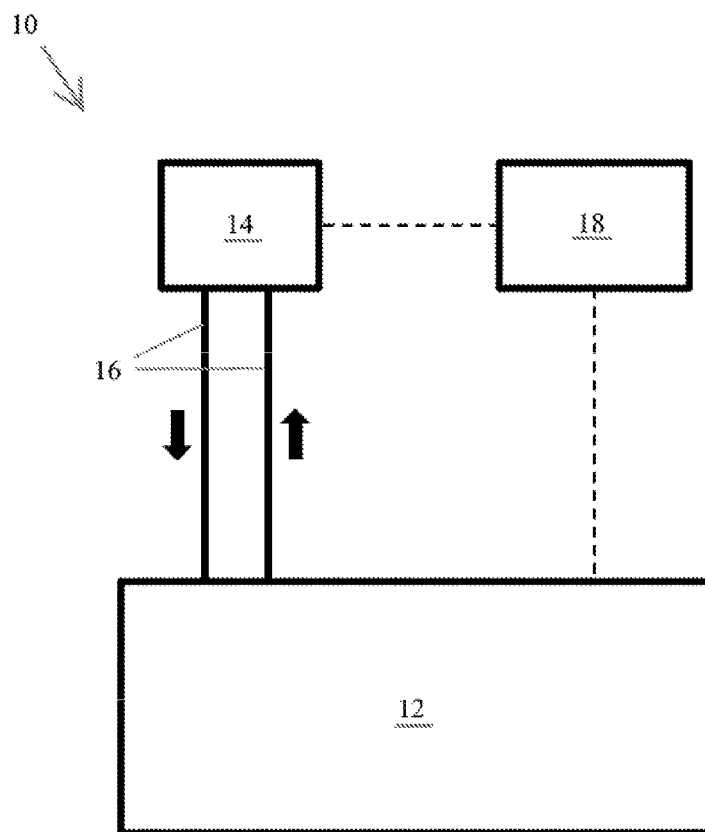


FIG. 1

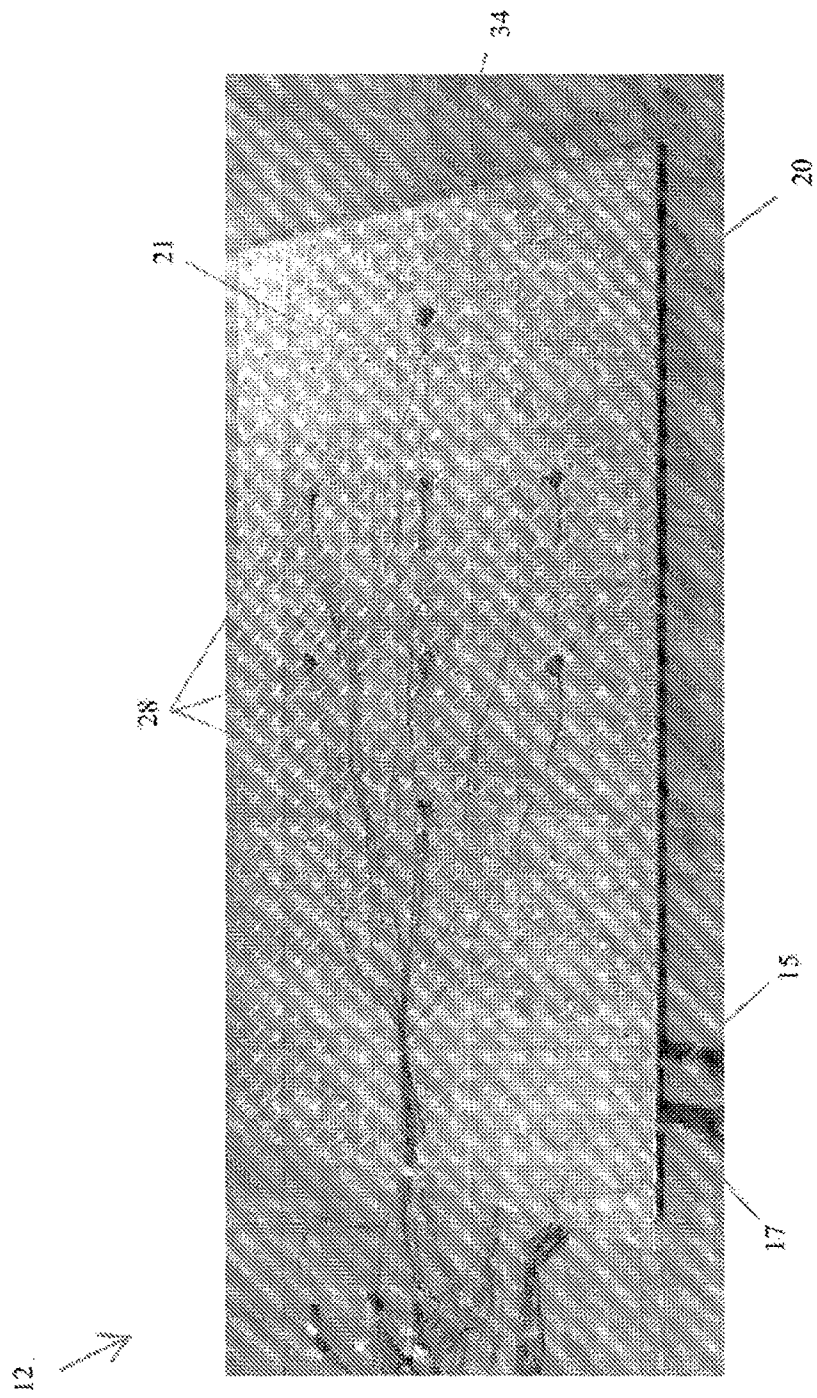


FIG. 2

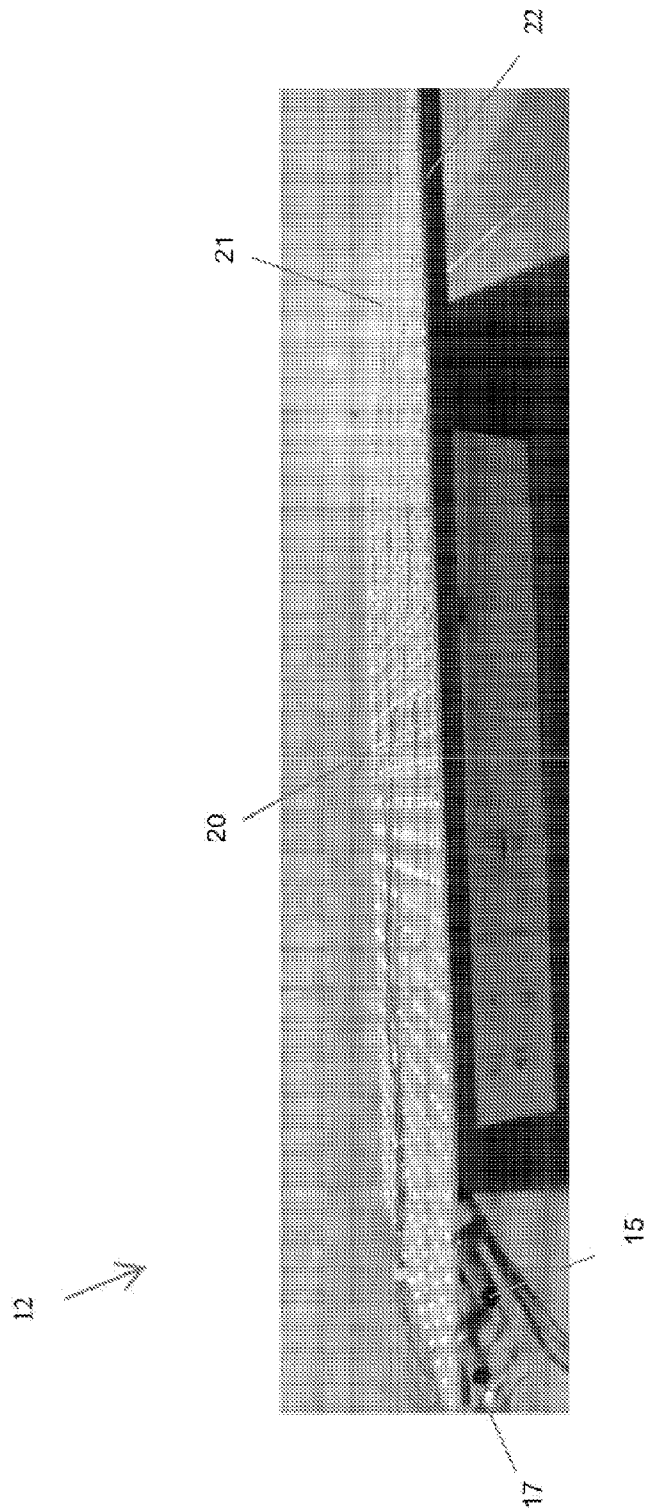


FIG. 3

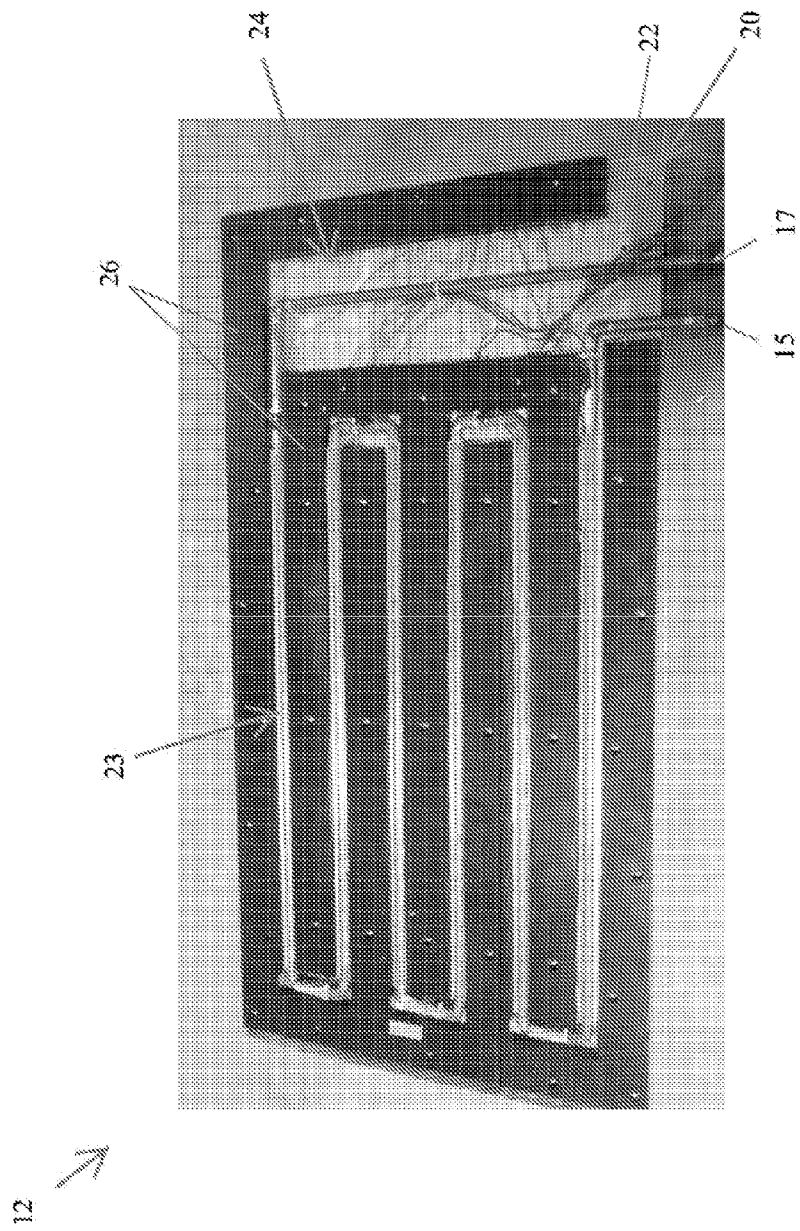


FIG. 4

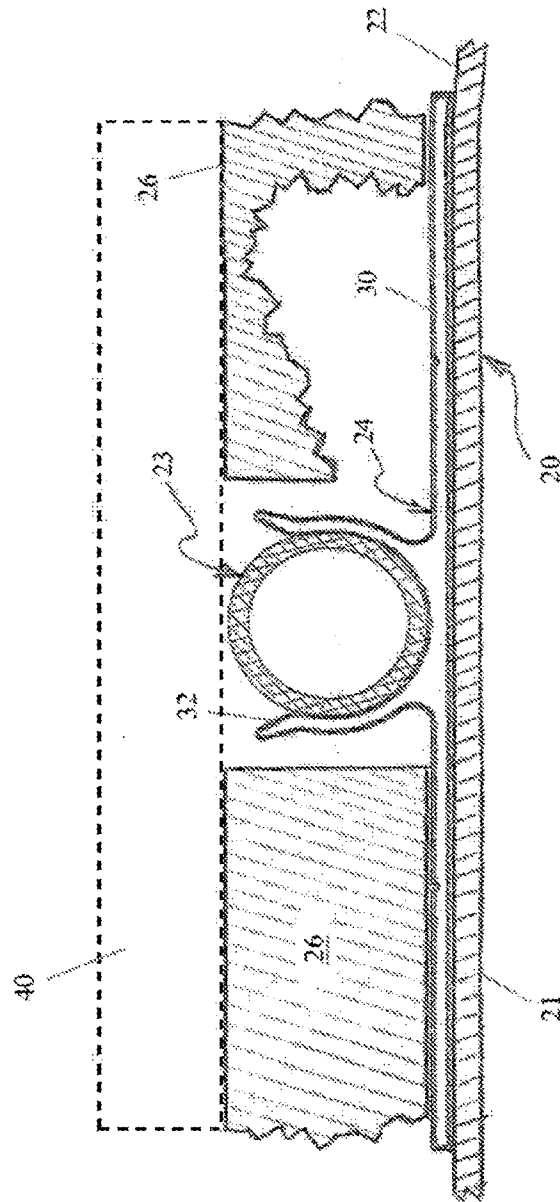


FIG. 5

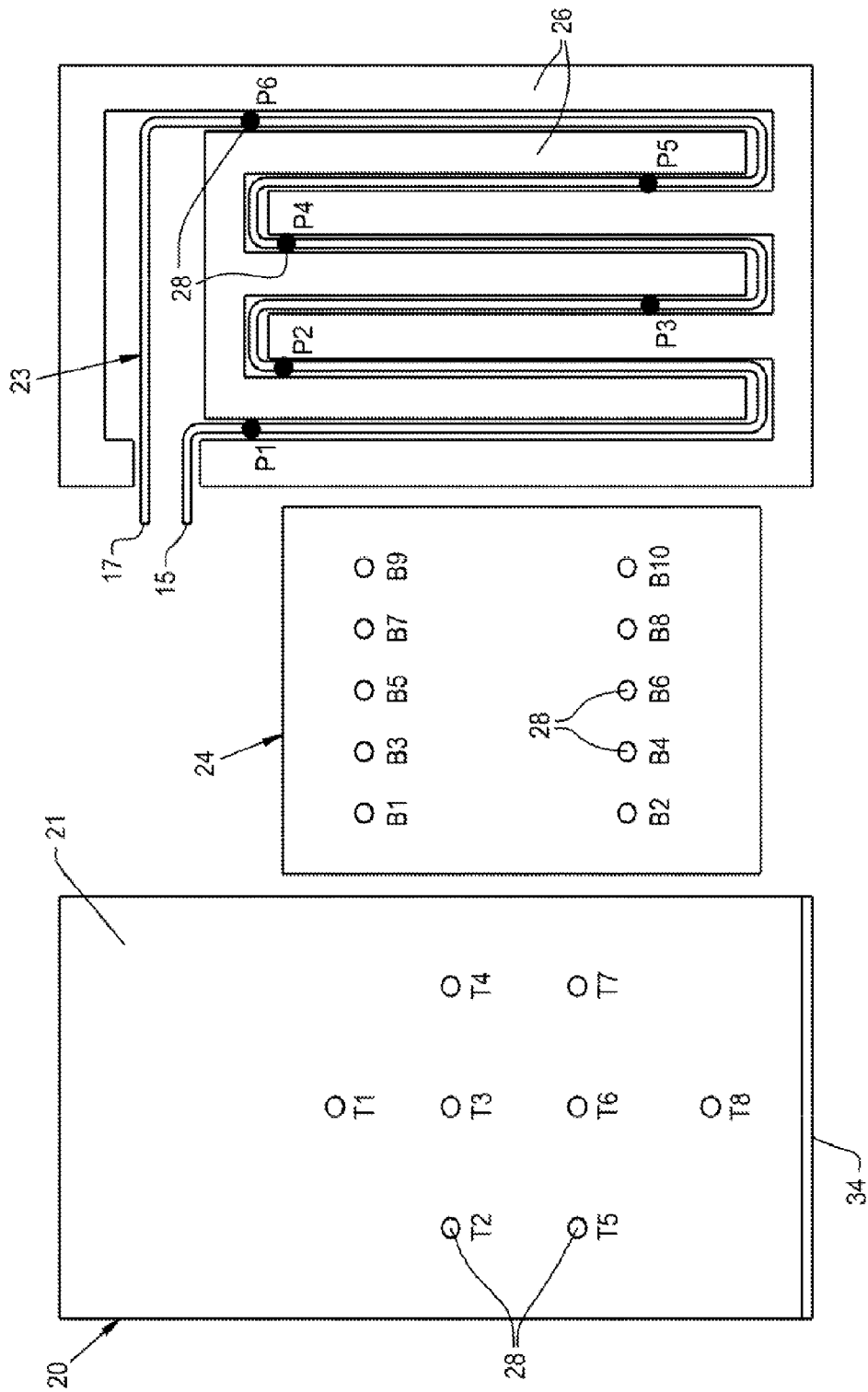


FIG. 6

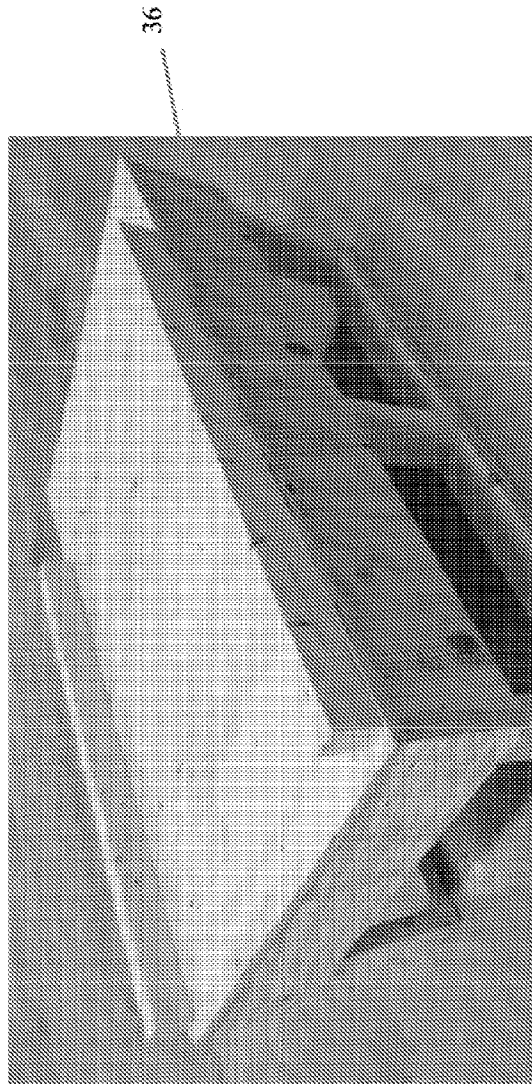


FIG. 7

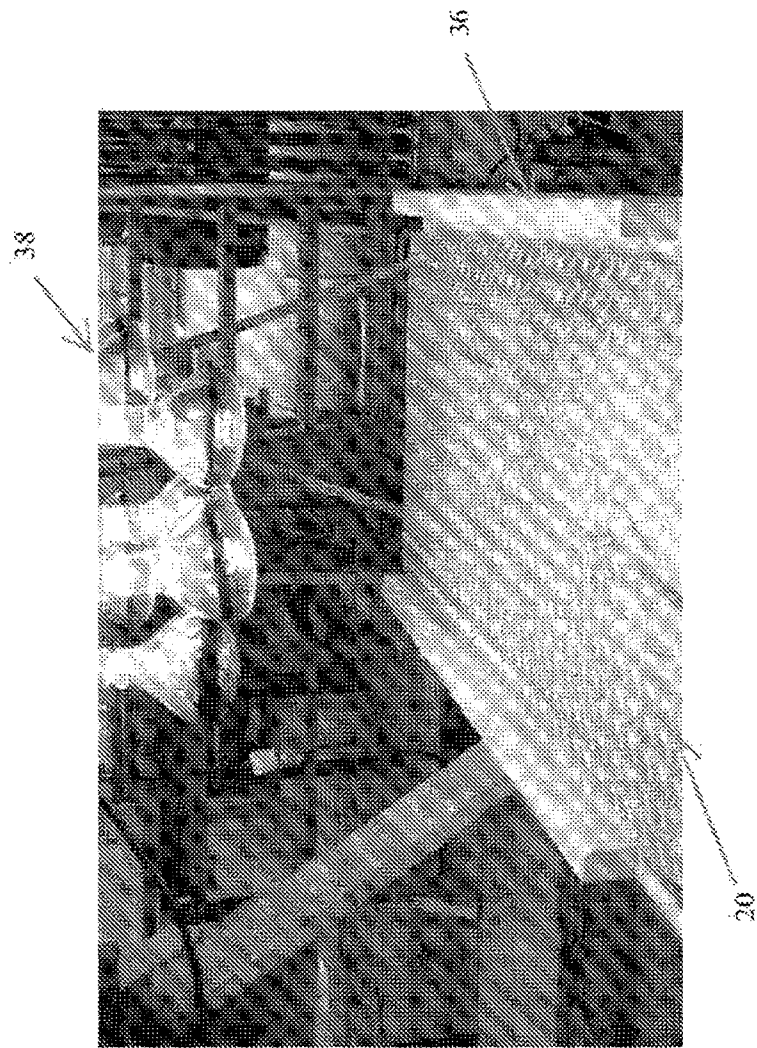


FIG. 8

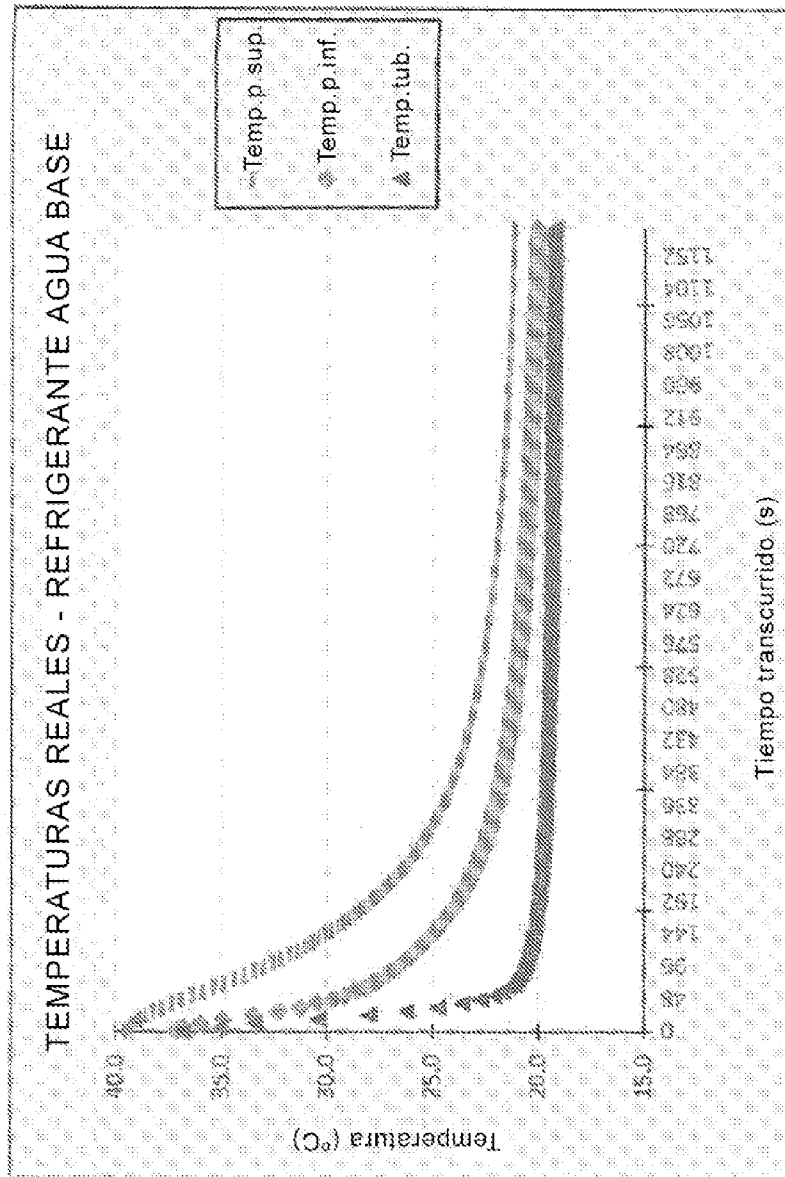


FIG. 9

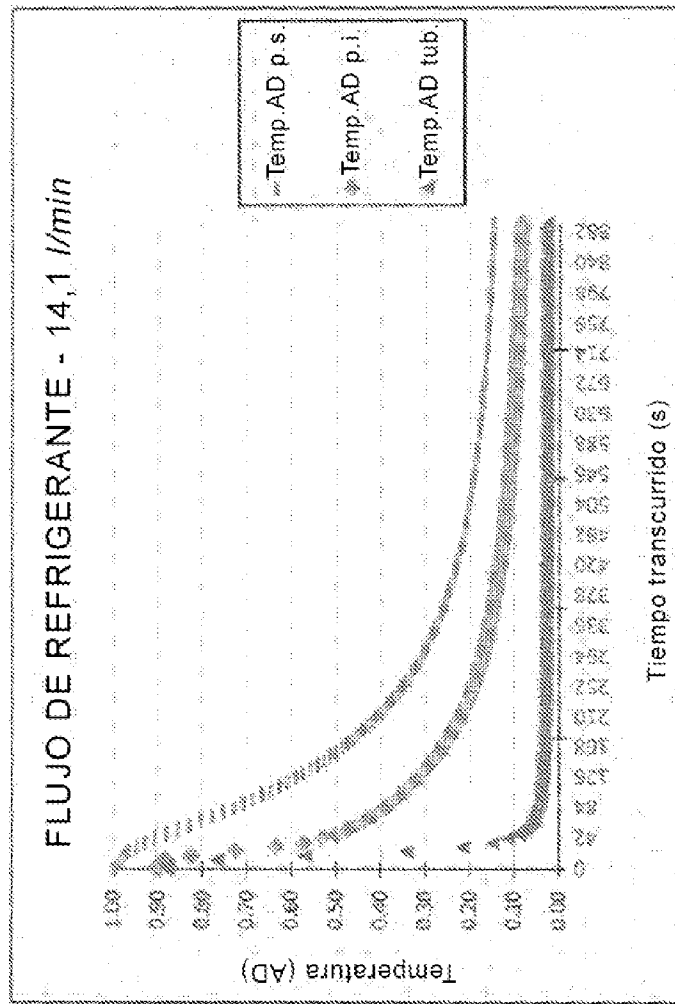


FIG. 10

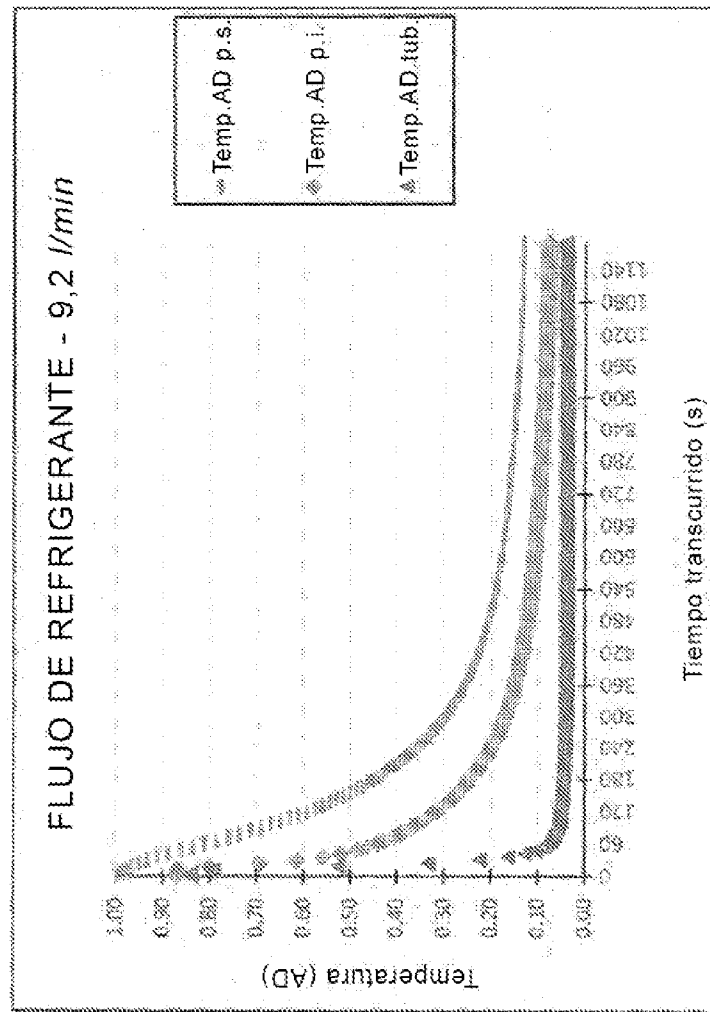


FIG. 11

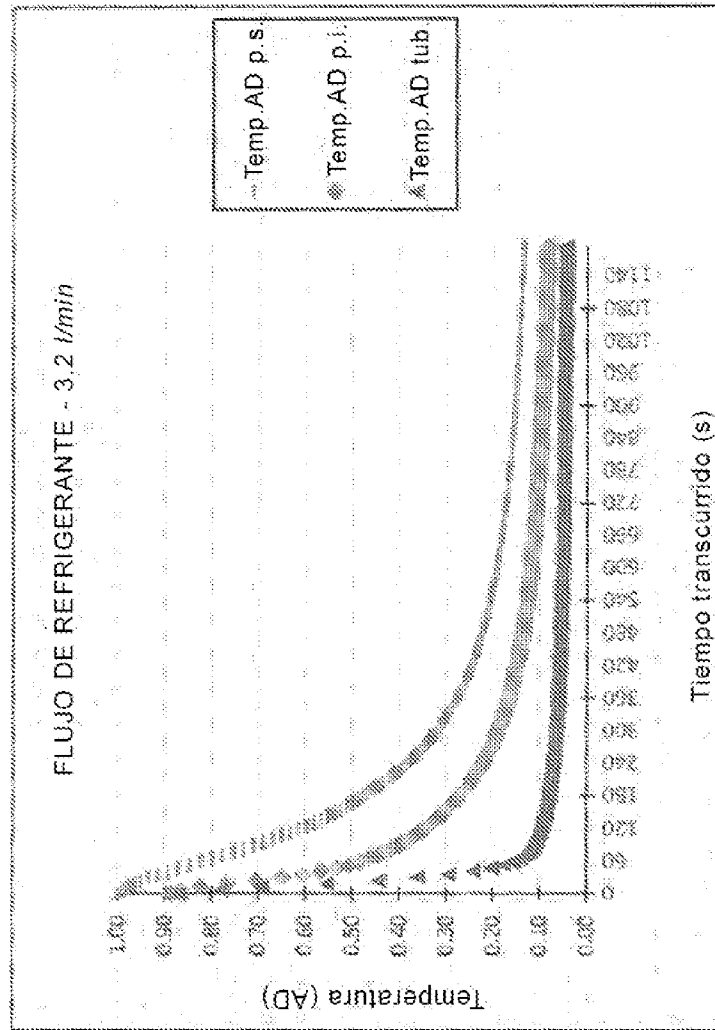


FIG. 12

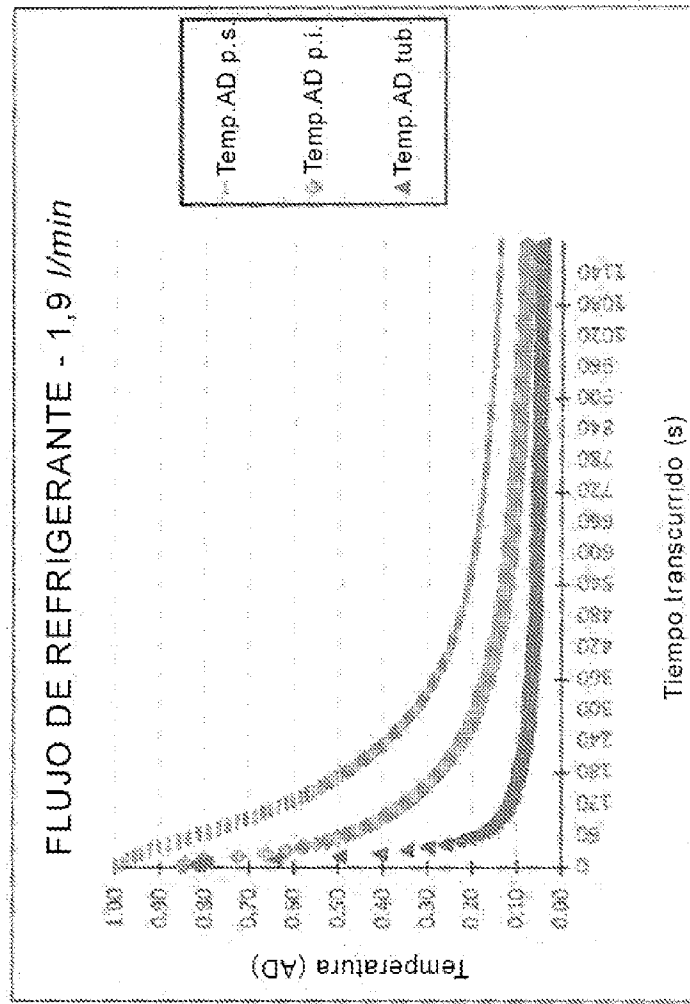


FIG. 13

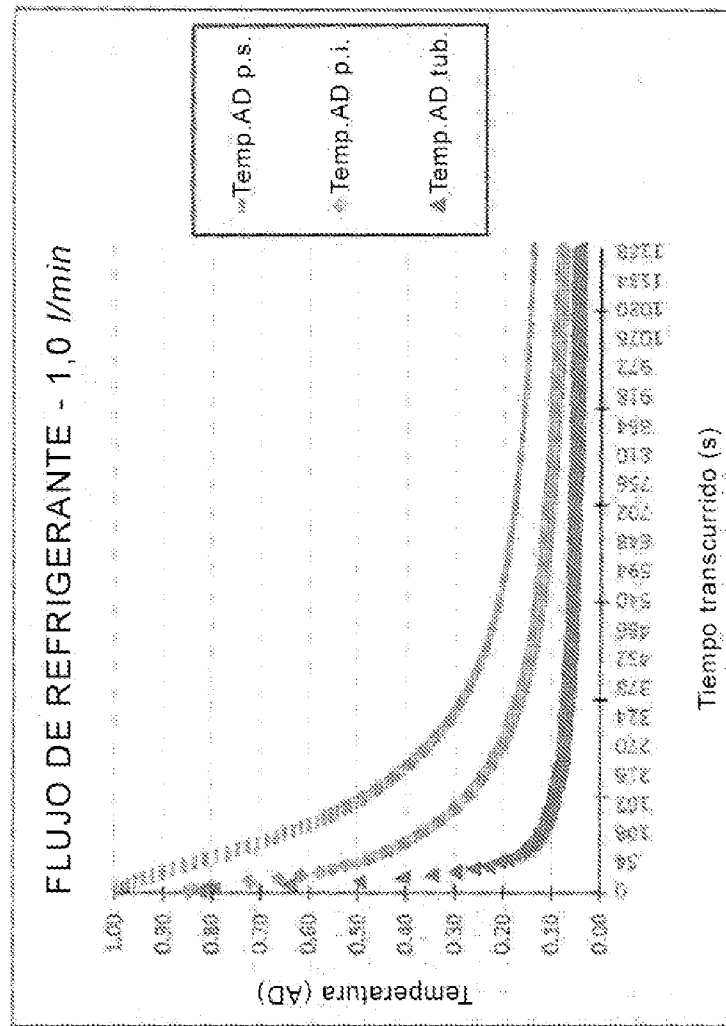


FIG. 14

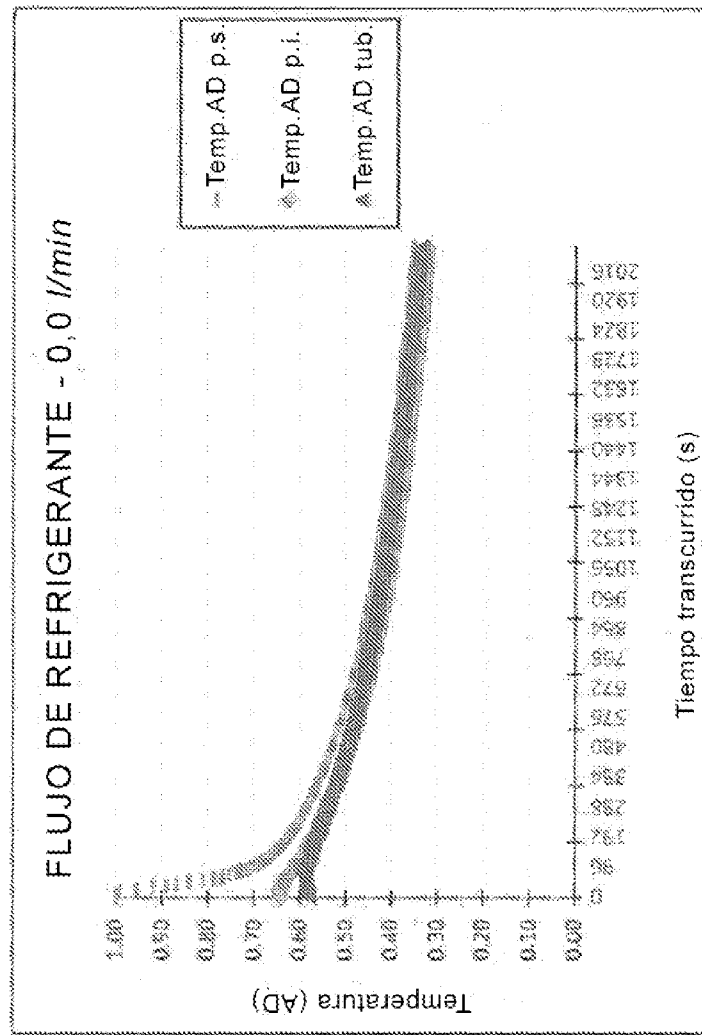


FIG. 15

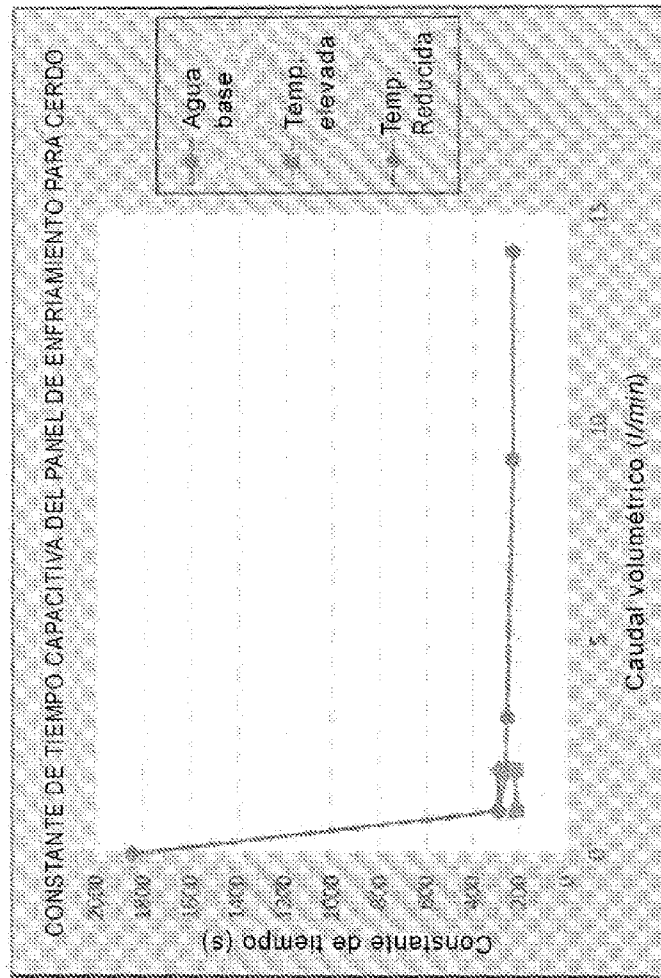


FIG. 16

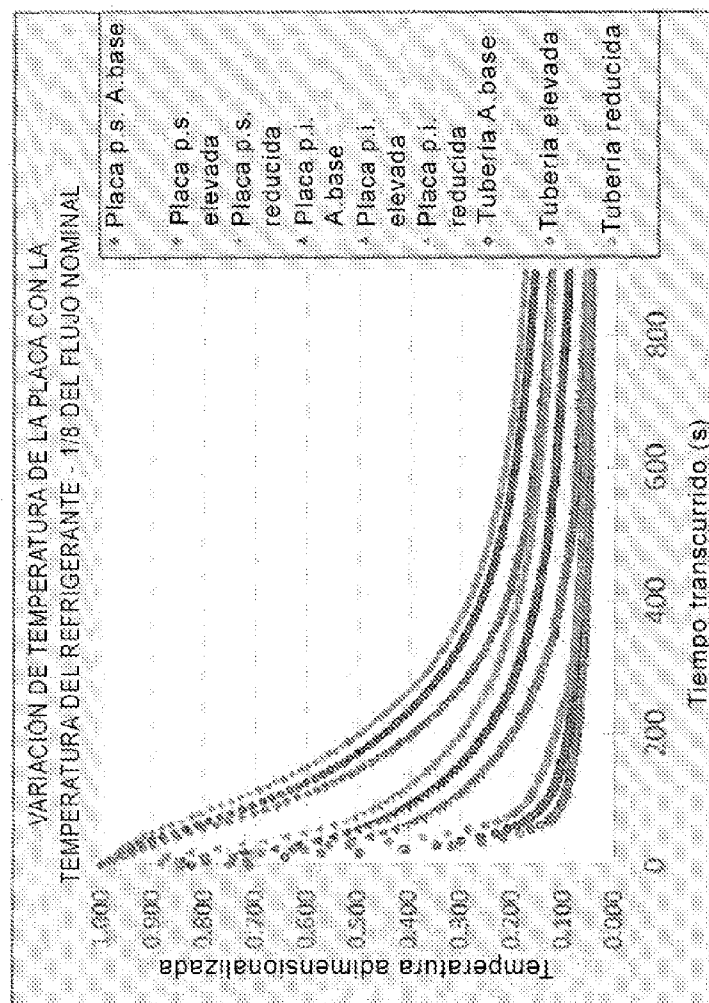


FIG. 17

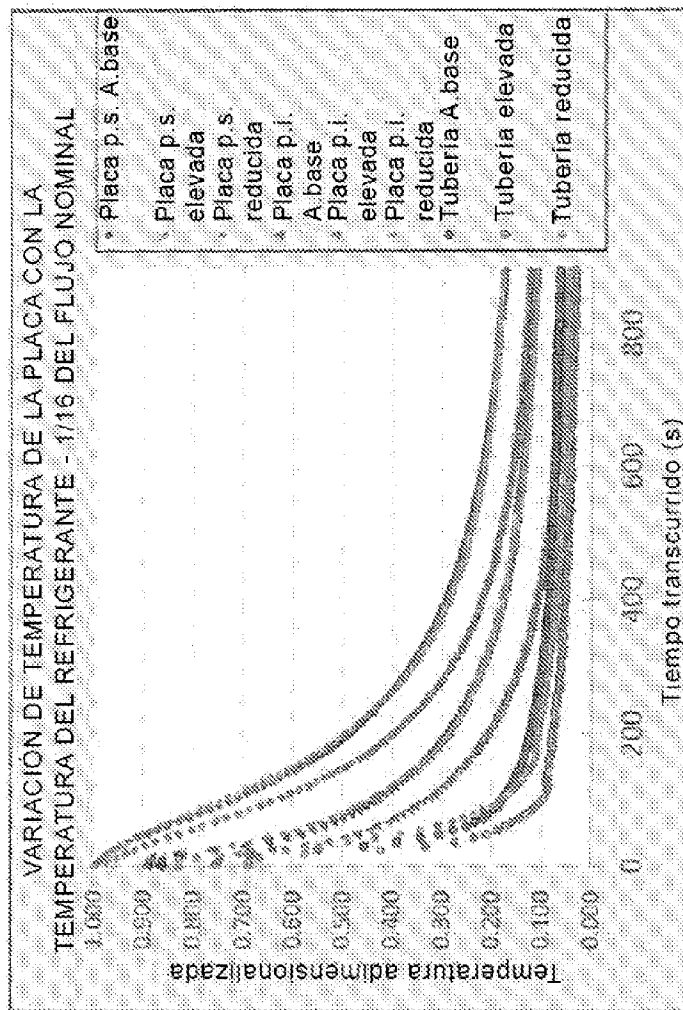


FIG. 18

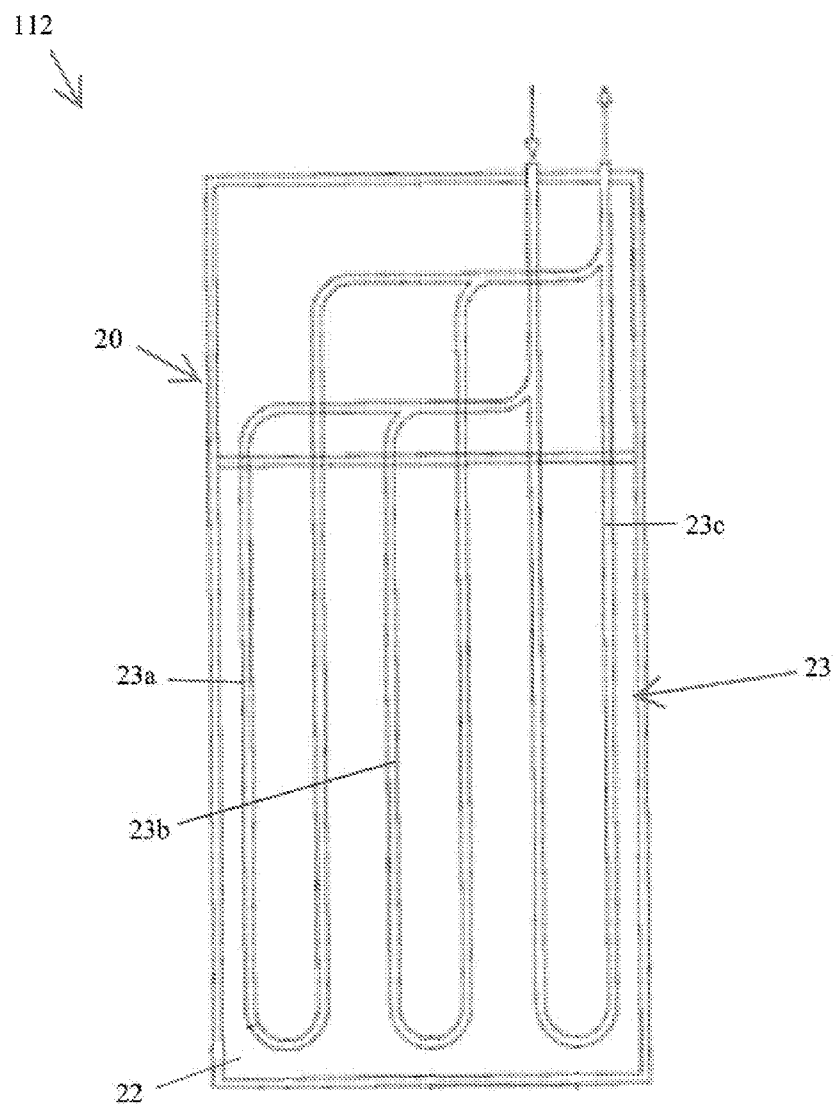


FIG. 19