

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 730 850**

51 Int. Cl.:

F28D 9/02	(2006.01)	F24F 3/14	(2006.01)
F24F 12/00	(2006.01)	F24F 11/00	(2008.01)
F24F 6/00	(2006.01)		
F28F 21/00	(2006.01)		
F28F 3/08	(2006.01)		
F28F 9/02	(2006.01)		
F28F 9/26	(2006.01)		
F24F 3/147	(2006.01)		
F28D 9/00	(2006.01)		
F28D 21/00	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2012 PCT/CA2012/050918**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2013 WO13091099**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2012 E 12859126 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 2795225**

54 Título: **Núcleo de ventilador de recuperación de energía (ERV, Energy Recovery Ventilator) a contraflujo**

30 Prioridad:

19.12.2011 US 201161577209 P
07.06.2012 WO PCT/CA2012/000560

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.11.2019

73 Titular/es:

CORE ENERGY RECOVERY SOLUTIONS INC.
(100.0%)
1455 East Georgia Street
Vancouver BC V5L 2A9, CA

72 Inventor/es:

DEAN, JAMES FRANKLIN;
KADYLAK, DAVID ERWIN;
HUIZING, RYAN NICHOLAS;
BALANKO, JORDAN BENDA y
MULLEN, CURTIS WARREN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 730 850 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

Núcleo de ventilador de recuperación de energía (ERV, *Energy Recovery Ventilator*) a contraflujo

Campo de la invención

5 La presente invención está relacionada con intercambiadores de calor y humedad. Ejemplos de realizaciones proporcionan núcleos de ventilador de recuperación de energía (ERV) que comprenden membranas permeables a agua y sistemas ERV que incluyen tales núcleos. La invención se puede aplicar en cualquiera de una gran variedad de aplicaciones donde se requiere intercambio de calor y humedad. Ejemplos incluyen recuperación de calor y humedad en sistemas de ventilación de edificios, humidificación y transferencia de calor en células de carburante, separación de gases, y tratamiento de desalinización de agua.

10 Antecedentes

Se han desarrollado intercambiadores de calor y humedad (a veces también se les hace referencia como humidificadores) para una variedad de aplicaciones, incluida ventilación de edificios (HVAC), aplicaciones médicas y respiratorias, secado de gases, y más recientemente para la humidificación de reactantes de células de carburante para generación de energía eléctrica. Muchos de tales dispositivos implican el uso de una membrana permeable a agua por la que se puede transferir calor y humedad entre corrientes de fluido que fluyen en lados opuestos de la membrana.

15 Los intercambiadores de calor y humedad tipo placa plana usan placas de membrana que se construyen de membranas planas permeables a agua (por ejemplo, de Nafion®, celulosa, polímeros u otras membranas sintéticas) soportadas con un espaciador y/o bastidor. Las placas típicamente se apilan, sellan y configuran para acomodar corrientes de admisión y escape que fluyen en configuraciones ya sea de flujo cruzado o de contraflujo entre parejas de placas alternas, de modo que entre las corrientes se transfiere calor y humedad por medio de la membrana.

Otros tipos de intercambiadores incluyen humidificadores de tubo hueco y humidificadores de rueda de entalpía. Los humidificadores de tubo hueco tienen la desventaja de alta caída de presión, y las ruedas de entalpía tienden a no ser fiables porque tienen piezas en movimiento y tienden a tener una tasa de fugas más alta.

25 Un ventilador de recuperación de calor (HRV) es un dispositivo mecánico que incorpora un intercambiador de calor y humedad en un sistema de ventilación para proporcionar ventilación controlada a un edificio. El intercambiador de calor y humedad calienta o enfría aire fresco entrante usando aire de escape. A dispositivos que también intercambian humedad entre el aire fresco entrante y el aire de escape generalmente se les hace referencia como Ventiladores de Recuperación de Energía (ERV), a veces también se les hace referencia como Ventiladores de Recuperación de Entalpía. Un ERV puede retirar exceso de humedad del aire de ventilación que se está llevando a un edificio o puede añadir humedad al aire de ventilación. Se pueden usar ERV para ahorrar energía y/o para mejorar de calidad de aire interior en edificios.

30 Los ERV típicamente comprenden un recinto, soplantes para mover las corrientes de aire, conductos, así como filtros, electrónica de control y otros componentes. El componente clave en el ERV que transfiere el calor y la humedad entre las corrientes de aire se llama núcleo o intercambiador. Los dos tipos más comunes de ERV son los basados en dispositivos de tipo placa de membrana plana y los basados en dispositivos de rueda de entalpía rotatoria, ambos mencionados anteriormente. Los núcleos de ERV de tipo placa plana usan capas de placas estáticas que se sellan y configuran para acomodar las corrientes de admisión y escape que fluyen en configuraciones ya sea de flujo cruzado o a contraflujo entre parejas alternas de placas.

40 La figura 1 muestra un ejemplo de un intercambiador de calor y humedad de tipo placa plana hecho de hojas planas apiladas de membrana 3 con espaciadores corrugados rígidos 6 insertados entre las hojas de membrana. Los espaciadores mantienen un espaciamiento apropiado de hoja así como que definen canales de flujo de aire 5 para corrientes húmeda y seca en lados opuestos de cada hoja de membrana, en una disposición de flujo cruzado, como se indica con flechas anchas 1 y 2 respectivamente. La pila se encapsula dentro de un bastidor rígido 4.

45 Un beneficio de diseños de intercambiador de calor y humedad de tipo placa plana para ERV, celda de carburante, y otras aplicaciones, es que son fácilmente escalables porque se puede ajustar la cantidad (así como las dimensiones) de las placas modulares de membrana para diferentes aplicaciones de uso final. Los núcleos existentes de ERV de tipo placa plana son voluminosos y menos eficaces que lo que sería deseable para facilitar el intercambio de entalpía.

50 Otro planteamiento para diseño de intercambiador de calor y humedad es incorporar un material plisado permeable a agua en el intercambiador. Por ejemplo, la patente de EE. UU. n.º 4.040.804 describe un intercambiador de calor y humedad para intercambiar calor y humedad entre aire entrante y saliente para ventilación de salas. El intercambiador tiene un cartucho que contiene una única hoja plisada de papel permeable a agua. Se dirige aire en una dirección a lo largo de los pliegues en un lado del papel plisado, y el aire de retorno fluye en sentido opuesto a lo largo de los pliegues en el otro lado del papel plisado. Los extremos del cartucho se cierran al sumergirlos en cera o un compuesto encapsulado que puede ser vertido y que se adhiere al papel. Los pliegues están separados o espaciados, y se proporcionan pasajes de aire entre los pliegues, al adherir granos de arena al papel plisado.

55

La figura 2 muestra un ejemplo de un intercambiador de calor y humedad adecuado para aplicaciones de ventilador de recuperación de energía (ERV) que comprende un cartucho de membrana plisada permeable a agua dispuesto en un alojamiento. Un elemento plástico de campo de flujo se puede disponer dentro de algunos o todos los pliegues de la membrana plisada para dirigir la corriente sobre las superficies interiores de los pliegues, como se describe en la solicitud de patente de EE. UU. n.º de publicación 2008/0085437. El elemento de campo de flujo controla los caminos de flujo relativos de las dos corrientes en lados opuestos de la membrana y mejora la distribución de flujo a través de una o ambas superficies membrana. Los elementos de campo de flujo también pueden ayudar a soportar la membrana plisada y a controlar el espaciado de pliegue dentro del cartucho de membrana plisada. En la realización mostrada en la figura 2, una primera corriente de fluido se dirige en un camino de flujo en forma de U 122 desde una lumbrera de entrada 124 en una cara del alojamiento 115 a una lumbrera de salida 128 en la misma cara del alojamiento 115. La primera corriente de fluido se dirige así desde la lumbrera de entrada 124 a un conjunto de pliegues sustancialmente paralelos 126 en un lado del cartucho de membrana plisada 120, luego a lo largo de la longitud de los pliegues 126, y luego afuera por medio de la lumbrera 128. Una segunda corriente de fluido se dirige de manera similar en un camino de flujo sustancialmente en forma de U 132 desde una lumbrera de entrada 134 a una lumbrera de salida 138 en la misma cara del alojamiento 115 (ambas lumbreras 134 y 138 están en la cara opuesta del alojamiento 115 de las lumbreras 124 y 128). La segunda corriente de fluido se dirige desde la lumbrera 134 a un conjunto correspondiente de pliegues sustancialmente paralelos 136 en el otro lado del cartucho de membrana plisada 120, luego a lo largo de la longitud de los pliegues 136, y luego afuera por medio de la lumbrera 138. El camino de flujo 122 de la primera corriente de fluido está en una configuración sustancialmente a contraflujo respecto al camino de flujo 132 de la segunda corriente de fluido.

También hay ejemplos de núcleos de ERV con hojas de membrana plana apiladas que funcionan en una configuración sustancialmente a contraflujo para transferir calor y humedad a través de hojas de membrana plana. Las hojas de membrana se pueden intercalar con espaciadores plásticos rígidos que definen canales de flujo como se describe en la patente de EE. UU. N.º 7.331.376.

Los insertos o espaciadores de campo de flujo usados en los intercambiadores de calor y humedad descritos anteriormente a menudo proporcionan una distribución de flujo de gas controlada o direccional sobre la superficie de membrana. Sin embargo, los caminos de flujo de fluido a través de la superficie de membrana tienden a ser bastante sinuosos y turbulentos, por lo que el flujo puede estar bastante restringido y la caída de presión a través de todo el aparato puede ser significativa. Si hay muchas nervaduras espaciadas cercanamente para soportar la membrana, las nervaduras tenderán a impedir o bloquear el flujo de fluido, y también a aumentar la caída de presión. Con nervaduras espaciadas más ampliamente la membrana puede desviarse adentro del canal aumentando también la caída de presión. Por lo tanto, generalmente no es deseable el uso de insertos de campo de flujo no permeables.

Núcleos de HRV o intercambiadores de calor y humedad compactos en los que hay transferencia de calor entre canales en dos dimensiones en contraflujo se describen en la patente de EE. UU. n.º 5.725.051 en la que el medio de transferencia de calor es una hoja plástica rígida termoformada. El plástico es impermeable a agua por lo que no hay transferencia de humedad a través del medio. En otro ejemplo similar, el medio de transferencia de calor es aluminio, pero de nuevo no hay transferencia de humedad porque el medio no es permeable a agua.

Como se ha descrito anteriormente, núcleos de ERV convencionales con una membrana permeable a agua requieren un espaciador para soportar la membrana. Los espaciadores generalmente impiden o bloquean la transferencia de calor y humedad y pueden aumentar la caída de presión si hay desviación de la membrana hacia el canal. El documento US 2011/192579 A1 y el documento DE 31 11 360 A1 describen, cada uno, un intercambiador de calor y humedad según el preámbulo de la reivindicación 1.

Los inventores han reconocido que sigue existiendo la necesidad de núcleos y sistemas ERV rentables y eficientes.

Compendio

Esta invención tiene varios aspectos y abarca una gran variedad de realizaciones específicas. Aspectos de la invención proporcionan sistemas de ventilación de edificios; intercambiadores de calor y humedad; núcleos para intercambiadores de calor y humedad; subconjuntos para núcleos de intercambiadores de calor y humedad; y métodos para fabricar intercambiadores de calor y humedad.

Un ejemplo de aspecto proporciona un intercambiador de calor y humedad que comprende un núcleo. El núcleo comprende una pluralidad de hojas permeables a vapor de agua. Las hojas se estratifican o apilan, al menos algunas de las hojas son plisadas para proporcionar una pluralidad de grupos de canales que se extienden a través del núcleo. Cada uno de la pluralidad de grupos de canales comprende canales definidos entre dos adyacentes de las hojas y que se extienden a lo largo de los pliegues de al menos una de las hojas plisadas. En lados opuestos del núcleo se forma una pluralidad de cámaras impelentes. Las cámaras impelentes en cada uno de los lados opuestos del núcleo se configuran de manera que los canales de grupos de canales en lados opuestos de las mismas de las hojas se conectan para transmisión de fluidos a diferentes cámaras impelentes. Las cámaras impelentes son definidas al menos en parte por miembros de colector conectados a lo largo de cantos opuestos de las hojas, al menos uno de los miembros de colector comprende una hoja que se conecta y sigue un canto de una de las hojas plisadas permeables a vapor de agua.

Otro aspecto proporciona un intercambiador de calor y humedad que comprende un núcleo que comprende una pluralidad de canales. Un primer grupo de la pluralidad de canales se extiende desde una primera cámara impelente a través del núcleo a una segunda cámara impelente. Un segundo grupo de la pluralidad de canales se extiende desde una tercera cámara impelente a través del núcleo a una cuarta cámara impelente. Cada uno de la pluralidad de canales en el primer grupo tiene paredes en común con una pluralidad de los canales del segundo grupo y cada uno de la pluralidad de canales en el segundo grupo tiene paredes en común con una pluralidad de los canales del primer grupo. La pluralidad de canales se define por una pluralidad de hojas de membrana permeables a vapor de agua. Al menos una de las hojas de membrana permeables a vapor de agua es plisada. La hoja plisada de membrana permeable a vapor de agua define una pluralidad de las paredes de cada uno de una pluralidad del primer grupo de canales. Las cámaras impelentes primera y cuarta están separadas al menos en parte por una hoja de colector que se conecta y sigue un canto de la hoja plisada de membrana permeable a vapor de agua.

Otro aspecto proporciona un intercambiador de calor y humedad que comprende un núcleo que comprende una pluralidad de canales, cada uno tiene una sección transversal triangular. Un primer grupo de la pluralidad de canales se extiende desde una primera cámara impelente a través del núcleo a una segunda cámara impelente. Un segundo grupo de la pluralidad de canales se extiende desde una tercera cámara impelente a través del núcleo a una cuarta cámara impelente. Cada uno de la pluralidad de canales en el primer grupo tiene paredes en común con una pluralidad de los canales del segundo grupo y cada uno de la pluralidad de canales en el segundo grupo tiene paredes en común con una pluralidad de los canales del primer grupo. Cada una de las paredes comunes es permeable a vapor de agua.

Otro aspecto proporciona un intercambiador de vapor de agua y calor que comprende una estructura de núcleo que comprende una pluralidad de hojas estratificadas permeables a vapor de agua conectadas juntas para formar una estructura autosoportada. Una pluralidad de las hojas estratificadas permeables a vapor de agua son plisadas de manera que a través del núcleo se extienden canales triangulares. Una estructura de colector comprende miembros de colector conectados a lo largo de cantos de las hojas de membrana permeable a vapor del núcleo. Los miembros de colector forman cámaras impelentes apiladas de manera que canales que se extienden a través del núcleo entre diferentes parejas de adyacentes de las hojas permeables a vapor de agua de membrana están en comunicación de fluidos con diferentes cámaras impelentes.

A continuación se describen aspectos adicionales de la invención y rasgos de ejemplos de realizaciones de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos ilustran realizaciones no limitativas de la invención.

La figura 1 es una vista isométrica de un intercambiador de calor y humedad que comprende una pila de capas de membrana plana intercaladas con espaciadores corrugados rígidos (técnica anterior).

La figura 2 es una vista isométrica de un intercambiador de calor y humedad que comprende un cartucho de membrana plisada dispuesto en un alojamiento (técnica anterior).

La figura 3 es una vista en sección transversal esquemática de una membrana plisada permeable a agua.

La figura 4A es una vista en sección transversal esquemática que ilustra dos hojas de membrana plisada permeable a agua que se pueden unir para formar un canal en forma de diamante. La figura 4B es una vista en sección transversal esquemática que ilustra cuatro hojas de membrana plisada permeable a agua dispuestas para formar una distribución de canales en forma de diamante. La figura 4C es una vista en sección transversal esquemática de una combinación de membranas plisadas como las mostradas en las figuras 4A y 4B con picos aplanados. La figura 4D es una vista 3D no isométrica de una realización de un núcleo de ERV que muestra la sección central de membranas plisadas con canales en forma de diamante o paralelogramo.

La figura 5A es una vista en sección transversal esquemática que ilustra dos hojas de membrana plisada en cuadro permeable a agua que se pueden unir para formar canales de sección transversal cuadrada o rectangular. La figura 5B es una vista en sección transversal esquemática que ilustra cuatro hojas de membrana plisada permeable a agua dispuestas para formar una distribución de canales en forma de cuadrado o rectangular.

La figura 6A es una vista en sección transversal esquemática que ilustra una hoja plisada y una plana de membrana permeable a agua que se pueden unir para formar canales de sección transversal triangular. La figura 6B es una vista en sección transversal esquemática que muestra una pila de hojas plisadas y planas alternas de membrana permeable a agua que forman un subconjunto de canales de sección transversal triangular.

La figura 7A es una vista 3D simplificada en despiece ordenado de una pareja de membranas plisadas que forman canales paralelos con una sección transversal en forma de diamante, con secciones de colector conectadas a cada hoja de membrana. La figura 7B muestra una vista de corte 3D simplificada parcial del conjunto de la figura 7A con dos corrientes de fluido siguiente a través de los canales en forma de diamante a contraflujo.

La figura 8 es una vista en planta del conjunto de colector superior/membrana mostrado en las figuras 7A y 7B.

5 La figura 9A es una vista en sección transversal en la ubicación A-A en la figura 8. La figura 9B muestra una vista mirando hacia abajo por los canales desde una sección transversal en la ubicación B-B en la figura 8. La figura 9C muestra una vista mirando hacia abajo por los canales desde una sección transversal en la ubicación C-C en la figura 8. La figura 9D es una vista en sección transversal en la ubicación D-D en la figura 8 que muestra la sección transversal en zigzag de la membrana plisada.

La figura 10 es un diagrama que muestra cómo las cámaras impelentes creadas entre secciones de colector adyacentes en un conjunto de núcleo apilado (similar al mostrado en la figura 7) corresponden a los canales en forma de diamante a los que están suministrando/descargando.

10 La figura 11A es una vista isométrica en despiece ordenado simplificada de un conjunto como el de la figura 7A, pero intercalado con una hoja de membrana plana adicional que forma canales paralelos con una sección transversal en forma triangular. La figura 11B muestra el flujo de las dos corrientes de fluido en lados opuestos de una sección de colector que tiene nervaduras para dirigir la flujo. La figura 11C es una vista en planta que ilustra el patrón de flujo de las dos corrientes de fluido en un conjunto similar al mostrado en la figura 11A.

15 La figura 12 es un diagrama que muestra cómo las cámaras impelentes creadas entre las hojas de membrana plana y secciones de colector adyacentes en un conjunto de núcleo apilado (similar al mostrado en la figura 11) corresponden a los canales en forma triangular a los que están suministrando/descargando.

La figura 13 muestra cómo las cámaras impelentes creadas entre secciones de colector adyacentes en un conjunto de núcleo apilado similar al mostrado en la figura 5B corresponderían a los canales en forma de cuadrado a los que están suministrando/descargando.

20 La figura 14A es una vista en planta de un subconjunto de colector/membrana con una membrana plisada central y una sección de colector en cada extremo, donde los canales tienen una sección transversal de diamante.

La figura 14B es una vista en planta de un subconjunto de colector/membrana con una membrana plisada central y una sección de colector en cada extremo, donde los canales tienen una sección transversal de triangular.

25 La figura 15 es una foto de una capa moldeada por compresión hecha enteramente de una membrana formable permeable a agua.

La figura 16 es una gráfica que ilustra las prestaciones de un núcleo de ERV que comprende un prototipo núcleo de membranas plisadas apiladas.

La figura 17 es una gráfica que ilustra la caída de presión para dos prototipos de núcleos de ERV que comprenden membranas plisadas triangulares apiladas.

30 La figura 18 es una gráfica que ilustra las prestaciones de los dos prototipos de núcleos de ERV que comprenden membranas plisadas triangulares apiladas.

Descripción detallada

Las figuras 1 y 2 se han descrito anteriormente.

35 Las prestaciones de los intercambiadores de calor y humedad se pueden mejorar, y se puede reducir el tamaño requerido de intercambiador de calor y humedad, al proporcionar construcciones de intercambiador de calor y humedad que proporcionan uno o más de: mejorar la distribución de flujo a través de una o ambas superficies de membranas de intercambio de calor y vapor; controlar los caminos de flujo relativo de los fluidos en lados opuestos de las membranas de intercambio de calor y vapor; proporcionar mejor soporte para membranas de intercambio de calor y vapor; caída de presión reducida a través del intercambiador de calor y humedad; aumento de área superficial de
40 membrana por unidad de volumen del intercambiador; y/o membranas que tienen mejores propiedades de transporte de agua y otras.

Ciertas realizaciones descritas en esta memoria proporcionan núcleos de ERV con membranas permeables a agua configurados para permitir transferencia multidimensional de humedad así como calor. La transferencia multidimensional a través de una membrana permeable a agua puede proporcionar recuperación energética más eficiente y permitir al
45 núcleo de ERV ser más compacto para un nivel dado de prestaciones. Se pueden usar realizaciones como se describen en la presente memoria para transferir calor y humedad entre dos corrientes que fluyen en una configuración a contraflujo para recuperación energética más eficiente.

Se pueden aplicar diseños y métodos de fabricación como se describen en la presente memoria para proporcionar construcciones de núcleo de ERV que están libres de espaciadores. En tales construcciones, se pueden formar
50 membranas delgadas y flexibles y conectarse entre sí para proporcionar capas autosoportadas y estructuras de núcleo que son suficientemente robustas como para aguantar diferenciales de presión significativos.

La figura 3 es una vista en sección transversal que muestra una hoja de membrana plisada permeable a agua. La membrana plisada define las paredes de canales a través de los que se puede dirigir una corriente de fluido (p. ej. aire

húmedo o seco) para que fluya, y a través de los que se puede intercambiar calor y humedad. La membrana se puede conectar a secciones de colector de plástico (como se describe con mayor detalle más adelante) para dirigir la corriente de fluido desde lumbreras de entrada a los canales y desde los canales a lumbreras de salida. La membrana debe ser suficientemente delgada como para permitir intercambio de calor adecuado entre las dos corrientes, impulsado por el gradiente de temperatura entre las corrientes. La membrana también es permeable a agua para permitir que pase humedad a través del material, impulsada por el diferencial de presión de vapor o gradiente de concentración de agua entre las dos corrientes. Las membranas más delgadas tenderán a tener tasas de transporte más altas de calor y humedad. Idealmente la membrana también es impermeable al aire, y a gases contaminantes, para impedir la mezcla y el cruce de las dos corrientes a través de la membrana.

En el presente planteamiento, se apilan capas de membrana plisada para formar un subconjunto o cartucho para disposición en un intercambiador de calor y humedad. La membrana plisada puede ser preparada, por ejemplo, plegando una hoja de membrana tal como con calor y presión para proporcionar deformación plástica al canto plegado (p. ej. con tecnología de plisado con barra de empuje), o formando una membrana para que tenga pliegues, tales como con tecnología de plisado rotatorio de engranajes o puntuación-y-plegue. El ángulo de los pliegues puede ser variado. Para un diámetro hidráulico constante de canal, ángulos de punta de pliegue más grandes permiten proporcionar más capas de membrana en un núcleo de una cierta altura, pero con menos área total de membrana por capa. Por el contrario, para un diámetro hidráulico constante de canal, ángulos de punta de pliegue más pequeños proporcionarán más área de membrana por capa pero menos capas para el mismo núcleo. En algunas realizaciones, los pliegues se forman para tener ángulos en el intervalo de 70 grados a 100 grados. Algunas realizaciones tienen ángulos de pliegue en el intervalo de 50 a 70 grados (p. ej. 60 grados). Ángulos de punta de pliegue de cerca de 60 grados pueden proporcionar ventajosamente mejor transferencia de calor y masa, con el alto uso de área de membrana, para una altura dada de núcleo.

La figura 4A es una vista en sección transversal que ilustra dos hojas de membrana plisada permeable a agua que se pueden unir para formar canales con una sección transversal en forma de diamante (o una sección transversal en forma de paralelogramo). Los picos de una membrana plisada se pueden conectar a los picos de la membrana plisada adyacente, por ejemplo, por pegamento, cohesión, soldadura térmica o sellado. En esta configuración, las hojas unidas de membrana plisada son autosoportadas y no requieren espaciador o material de soporte distinto a la propia membrana. Adherir, o conectar de otro modo, picos en una hoja de membrana plisada a picos en hojas de membrana adyacentes puede proporcionar suficiente fortaleza para que el canal de membrana aguante un diferencial de presión. En algunas realizaciones, se usa un pegamento de poliuretano para adherir los picos de una membrana plisada a los picos correspondientes de una membrana adyacente. Para la misma finalidad también se pueden usar otros pegamentos o adhesivos adecuados. Pegamentos que son permeables a vapor de agua permitirán que ocurra transporte de agua incluso en las regiones donde las membranas plisadas se conectan entre sí. Pegamentos que son permeables a transferencia de vapor de agua pueden ser de la clase que son a base de polímero, con secciones de cadena blanda que permiten que pase agua a través, tal como Permax™ de Lubrizol. Dependiendo del material de membrana, puede ser posible soldar las hojas de membrana plisada entre sí en los picos. Por ejemplo, se puede usar soldadura ultrasónica, térmica o por vibración.

La figura 4B es una vista en sección transversal que ilustra cuatro hojas de membrana plisada permeable a agua dispuestas para formar una distribución de canales en forma de diamante. Dos corrientes de fluido diferentes se pueden dirigir a través de canales alternos en una configuración a contraflujo. El flujo hacia el plano del papel se indica con una cruz, y el flujo que sale del plano del papel se indica con un punto. En este tipo de distribución cada canal en forma de diamante comparte sus paredes con hasta otros cuatro canales. Se puede transferir calor y humedad a través de las cuatro paredes del canal a través de la membrana permeable a agua. Para un canal dado, el flujo en canales adyacentes es en sentido opuesto al flujo en el canal dado. A esto se le hace referencia como configuración a contraflujo.

Cada corriente de fluido es independiente de la otra y no depende de la adhesión pico a pico de las membranas plisadas para proporcionar una junta de sellado, por lo que hay potencial reducido para fuga cruzada entre las dos corrientes. Si una junta de sellado de pico no fuera perfecta, cualquier fuga a un canal adyacente sería un canal que lleva el mismo fluido, y no provocaría mezcla de las dos corrientes ni afectaría negativamente a la transferencia de calor o masa.

La figura 4C es una vista en sección transversal que muestra también una disposición de hojas de membrana permeable a agua que forman una distribución de canales en forma de diamante. En este ejemplo, los picos de los diamantes, a lo largo de las líneas plisadas de la membrana, están aplanados para proporcionar un área más grande para conexión a picos en hojas de membrana adyacentes. Esta realización puede proporcionar un subconjunto mecánicamente más fuerte de hojas de membrana con sustancialmente la misma transferencia sensible y latente que la disposición mostrada en la figura 4B. Una alternativa a aplanar los picos es formar los picos de una capa de membrana plisada, con un pequeño canalón o valle que se extiende a lo largo de las crestas de los picos. Los picos de una capa adyacente pueden entonces anidar en los canalones o valles. Tales canalones o valles se pueden formar en las crestas en únicamente una cara de la capa de membrana plisada o en las crestas en ambas caras de la capa de membrana plisada.

La figura 4D muestra una representación 3D de un subconjunto de membranas plisadas apiladas con canales en forma

de diamante. Aunque se pueden hacer usando un material delgado y flexible de membrana, la estructura es autosoportada. Este planteamiento de apilar y pegar (o conectar de otro modo) hojas de membrana plisada proporciona un área superficial de membrana muy alta por unidad de volumen del intercambiador que proporciona un dispositivo con alta eficacia de transferencia de calor y humedad.

5 La figura 5A es una vista en sección transversal que ilustra dos hojas de membrana plisada en caja permeable a agua que se pueden unir para formar canales con una sección transversal cuadrada o rectangular. En este ejemplo, los pliegues en caja forman un almenaje, y el patrón de almenaje está desviado entre hojas de membrana adyacentes permitiendo unir las hojas para formar canales cuadrados o rectangulares. Cada línea de pliegue en una de las hojas de membrana se pega, o se conecta de otro modo, a la correspondiente línea de pliegue en una hoja de membrana adyacente. Como la configuración de diamante descrita anteriormente, las hojas de membrana pegadas son autosoportadas y no requieren espaciadores u otro material para proporcionar rigidez o soporte, y los canales pueden aguantar diferenciales de presión.

10 La figura 5B es una vista en sección transversal que ilustra cuatro hojas de membrana plisada en caja permeable a agua dispuestas para formar una distribución de canales en forma de cuadrado o en forma rectangular. Dos corrientes de fluido diferentes se pueden dirigir a través de canales alternos en una configuración a contraflujo. Como antes, el flujo hacia el plano del papel se indica con una cruz, y el flujo que sale del plano del papel se indica con un punto. Cada canal comparte sus paredes con hasta otros cuatro canales. Se puede transferir calor y humedad a través de las cuatro paredes a través de la membrana permeable a agua.

15 Las disposiciones de canales en forma de cuadrado y diamante son topológica y funcionalmente equivalentes, y subconjuntos con canales cuadrados se pueden orientar durante el ensamblaje para proporcionar canales de diamante y viceversa. También se pueden crear otras formas de canal tales como paralelogramos al apilar capas de membranas plisadas.

20 En algunas realizaciones, las hojas de membrana plisada pueden ser separadas por una malla u otro material adecuado, configurado en una hoja o en tiras dispuestas perpendiculares a los canales, u otra configuración adecuada. Esta construcción se puede usar en lugar o además del uso de pegamento o soldadura a lo largo de las líneas de pliegue. Este planteamiento puede reducir la tendencia de que los pliegues deslicen uno dentro de otro durante el ensamblaje y puede proporcionar soporte estructural. Esta construcción se puede aplicar en las disposiciones de cuadrados o diamantes descritas anteriormente.

25 La figura 6A es una vista en sección transversal que muestra una hoja de membrana plisada permeable a agua y una hoja de membrana plana permeable a agua posicionada por debajo de ella. Las líneas plisadas (los picos inferiores en la vista en sección transversal) en la hoja de membrana plisada se pueden pegar, soldar o conectar de otro modo a la hoja de membrana plana para crear canales paralelos de sección transversal triangular. Estos canales tienen cada uno tres fronteras a través de las que se puede transferir calor y humedad. Aplicar hojas alternas de membrana plisada y de membrana plana crea una estructura mecánicamente autosoportada que no requiere espaciadores u otro material de soporte. En esta disposición, de nuevo todas las paredes de canales de flujo son permeables a agua que permiten que ocurra transferencia de calor y humedad entre todos los canales adyacentes.

30 La figura 6B es una vista en sección transversal de una pila de hojas de membrana en esta configuración con las membranas formadas una distribución de canales que son triangulares en sección transversal. Dos corrientes de fluido diferentes se pueden dirigir a través de canales alternos en una configuración a contraflujo. Como antes, el flujo hacia el plano del papel se indica con una cruz, y el flujo que sale del plano del papel se indica con un punto. Cada canal comparte sus paredes con hasta otros tres canales. Se puede transferir calor y humedad a través de las tres paredes a través de la membrana permeable a agua.

35 El método de fabricación para plisar y luego pegar, soldar o conectar de otro modo hojas de membrana plisada entre sí permite usar materiales de membrana más delgados y todavía tener la fortaleza para autosoportadas en la estructura 3D resultante. El subconjunto resultante no tiene que ser sostenido a tensión. Además esta estructura autosoportada puede proporcionar canales que tienen paredes que ofrecen mayor rigidez porque son soportados por otras piezas de la estructura aunque las paredes se pueden formar de un material de membrana relativamente delgado y flexible. Este aumento de rigidez puede ofrecer menor caída de presión y mejor uniformidad de la distribución de flujo a través del núcleo. Además, la estructura facilita proporcionar canales que tienen dimensiones estables de canal que además ayuda a lograr una buena uniformidad de flujo entre los canales.

40 En las realizaciones de subconjuntos de membranas plisadas apiladas descritos anteriormente las capas de membrana plisada permeable a agua definen una distribución tridimensional de canales paralelos dispuestos en un patrón regular. Cada una de las paredes de canal, definida por el material de membrana, separa canales de tipos primero y segundo, p. ej. para llevar corrientes húmedas y secas, respectivamente. Las dos corrientes de fluido se pueden dirigir a través de los canales de modo que las corrientes húmeda y seca fluyen en contraflujo entre sí. Esto proporciona transferencia más eficiente de calor y humedad con alta transferencia sensible y latente.

45 A fin de proporcionar colectores para suministro y descarga de las corrientes de gas, las hojas individuales de membrana plisada pueden conectarse cada una a una sección de colector (antes de ser apiladas) formando un

subconjunto de colector/membrana. Los subconjuntos de colector/membrana pueden luego ser apilados y pegados juntos para formar un núcleo. La sección de colector puede ser en forma de bastidor unitario que bordea la hoja de membrana plisada en todos los lados, o puede ser en dos (o más) piezas separadas que se conectan, por ejemplo, a extremos opuestos de la hoja de membrana plisada.

- 5 La sección de colector se puede hacer de un material diferente al de la membrana, tal como un material que no es permeable a agua o gas, y es más rígido y más fuerte que la membrana. Por ejemplo, el material de sección de colector puede ser plástico, aluminio o cualquier otro material adecuado que proporciona algún soporte estructural a la membrana y el núcleo apilado, mientras todavía proporciona transferencia de calor en la región de colector. Preferiblemente el material de la sección de colector es de menos de 0,030 mm (0,012 pulgadas) de grosor. La sección de colector se puede hacer de un material retardador de llama que reducirá la tendencia de dispersar una llama a la sección de membrana y aumentar el cumplimiento con los requisitos de inflamabilidad. Por ejemplo, la sección de colector se puede hacer de aluminio u otros metales; PVC, que generalmente es inherentemente autoextinguible; o un plástico que comprende uno o más aditivos retardadores de llama, tal como hidróxido de magnesio.

- 10 Secciones de colector se pueden hacer en una amplia variedad de maneras diferentes. Por ejemplo, rasgos en sección o secciones de colector se pueden formar al vacío o termoformar o estampar en el mismo. En algunas realizaciones las secciones de colector se forman con rasgos y luego se conectan a la membrana. Como alternativa las secciones de colector podrían ser moldeadas por inyección como piezas separadas de plástico, y luego conectarse a la membrana plisada, o podrían ser moldeadas por inyección directamente sobre los cantos de la membrana plisada. La membrana se puede adherir a la sección de colector usando un pegamento, adhesivo u otro agente de cohesión, cinta o algo semejante adecuados. Algunos pegamentos con base de poliuretano se han encontrado adecuados para esta finalidad. Se pueden usar otros tipos de adhesivo, tales como epoxis, fundentes calientes, cianoacrilatos, e incluso materiales de recubrimiento de membrana que también pueden ser útiles para impedir o reducir la contaminación cruzada. Como alternativa, dependiendo del material de membrana y de sección de colector, puede ser posible soldar térmicamente, soldar por vibración, soldar ultrasónicamente, o cohesionar de otro modo juntos los componentes.

- 15 La conexión de la membrana a la sección de colector debe crear una junta de sellado a prueba de fugas para impedir la contaminación cruzada entre las dos corrientes de fluido. La cohesión debe ser suficientemente fuerte como para impedir delaminación de la membrana de la sección de colector cuando hay una presión diferencial alta entre las corrientes de fluido en lados opuestos de la membrana.

- 20 Un beneficio para esta estructura compuesta con membrana plisada adherida a las secciones de colector de transición es que las secciones de colector pueden proporcionar soporte mecánico a la membrana de transferencia de agua. Donde las secciones de colector proporcionan dicho soporte mecánico, el núcleo puede ser autosoportado con conexión reducida entre capas adyacentes. Cada capa puede ser construida por separado. Las capas pueden formar, cada una, una estructura autosoportada, muy parecida a una toba. Cada una de las capas incluye secciones de colector y una sección intercambio de humedad luego pueden apilarse juntos para formar un intercambiador de calor y humedad.

- 25 La ratio de área de membrana permeable a agua a área de material de colector impermeable a agua en las capas del conjunto de núcleo de membrana plisada se puede ajustar para ajustar las cantidades relativas de calor sensible y calor latente (humedad) que son transferidas por el núcleo de membrana plisada. Aumentar el área de membrana permeable a agua facilita aumentar la transferencia de humedad.

- 30 En otras realizaciones la sección de colector puede comprender el mismo material que la región de membrana permeable a agua, por ejemplo la sección de colector puede comprender una capa de membrana permeable a agua que es formable. Esta hoja de material formable puede constituir una capa que incluye tanto una región plisada que definirá canales a contraflujo cuando se apilan juntas con una capa adyacente y regiones de colector que se configuran para dirigir, cuando se apila junto con una capa adyacente, para dirigir un flujo a canales en un extremo de la región plisada y para recibir el flujo en el otro lado de la región plisada (véase la figura 15 a continuación, por ejemplo). Por ejemplo, este tipo de capa se puede hacer de membrana no tejida de PET recubierto, con propiedades que le permiten ser moldeada o formada con pliegues, nervaduras, bultos y/u otros rasgos fuera del plano a través de la aplicación de calor y/o presión. Realizaciones donde una sección de colector también es permeable a agua permiten aumentar transferencia de humedad debido a área de transferencia más grande. La transición desde la entrada o la salida a los canales rectos centrales pueden seguir el mismo trazado que se describe más adelante, a transición desde un área rectangular ancha en celdas alternas de canales dispuestos lateralmente.

- 35 El diseño de las secciones de colector es de manera que, cuando se apilan en el núcleo ensamblado, habilitan una primera corriente de fluido para entrar en canales alternos lateralmente (un primer tipo de canal), y habilitan una segunda corriente de fluido (que fluye a través del núcleo en sentido opuesto) para salir de los otros canales (segundo tipo de canal). De manera similar en la otra cara del núcleo, el colector recibe la primera corriente de fluido desde el primer tipo de canal y dirige la segunda corriente de fluido a los canales alternos del segundo tipo. Las dos corrientes de fluido se aíslan para transmisión de fluidos una de otra de modo que no se mezclan. Los colectores se pueden diseñar para asegurar una transición suave de flujo entre las regiones de colector y los canales para reducir o minimizar la caída total de presión a través del intercambiador dispositivo.

Las secciones de colector pueden construirse para que incluyan rasgos que mejoren prestaciones de un intercambiador de calor y humedad al proporcionar mayor transferencia de calor y/o humedad entre fluidos y/o reducida caída de presión. Por ejemplo:

5 a. Nervaduras en secciones de colector de admisión se pueden configurar para dirigir flujo uniformemente a cada canal, y nervaduras en secciones de colector de salida se pueden configurar para permitir flujo desde múltiples canales para recombinarse suavemente en un flujo de salida.

10 b. En realizaciones donde el colector está limitado por un lado por una hoja de membrana plana, se pueden disponer nervaduras en las secciones de colector para proporcionar buen soporte a la hoja de membrana al proporcionar espaciamiento más cercano nervadura a nervadura especialmente en áreas donde la hoja de membrana podría hundirse.

15 c. El material de las secciones de colector se puede hacer delgado (p. ej. de 0,01 cm a 0,03 cm (aproximadamente de 0,004 pulgadas a 0,012 pulgadas)). El uso de materiales delgados para la sección de colector puede mejorar la suavidad de las transiciones desde canales a los colectores, aumentar las áreas en sección transversal de cámaras impelentes formadas entre las secciones de colector, y también mejorar la transferencia de calor a través del material de las secciones de colector.

20 La figura 7A muestra una vista 3D simplificada en despiece ordenado de un conjunto 700 que comprende una pareja de hojas de membrana plisada 710 y 720 que, cuando se apilan, forma canales paralelos con una sección transversal en forma de diamante. Las secciones de colector 730 y 740 se conectan a cada hoja de membrana. Las dos secciones de colector forman una cámara impelente 750 entre ellas, con una abertura rectangular por medio de la que se puede suministrar una primera corriente de fluido a los canales formados entre las dos capas de membrana. Las secciones de colector 730 y 740 apiladas se forman para proporcionar regiones de transición suave 735 y 745 entre la cámara impelente 750, que tiene una sección transversal rectangular, y los triángulos que forman la mitad de cada canal en forma de diamante. Conforme se apila otro conjunto por encima del ilustrado en la figura 7A, se forma una cámara impelente similar por encima de la sección de colector superior 730, para el segundo vapor de agua fluido que sale de los canales en forma de diamante definidos en parte por la superficie superior de la membrana superior 710. Así las secciones de colector apiladas forman una serie de cámaras impelentes estratificadas que alternan para los fluidos primero y segundo respectivamente. La figura 7B muestra una vista de corte parcial simplificada 3D de dos corrientes de fluido siguiendo a través de los canales en forma de diamante en contraflujo. La primera corriente de fluido (indicada por flechas 770) entra a un primer conjunto de canales en forma de diamante 775 por medio de la cámara impelente formada entre las dos secciones de colector 730 y 740, y la segunda corriente de fluido (indicada por flechas 780) sale de un segundo conjunto de canales en forma de diamante 785 por medio de la cámara impelente formada por encima de la sección de colector superior 730. Los fluidos están en una configuración de flujo cruzado en la región de colector.

La figura 8 es una vista en planta del conjunto de colector superior/membrana mostrado en las figuras 7A y 7B.

35 Las figuras 9A-D están pensadas para ilustrar la transición suave desde la región de colector a los canales. La figura 9A es una vista en sección transversal en la ubicación A-A en la figura 8. La figura 9A muestra la cámara impelente 750 para la primera corriente de fluido 770 por debajo de la sección de colector 730, y la cámara impelente para el segundo vapor de agua fluido 780 por encima de la sección de colector 730. La primera corriente 770 entra a la cámara impelente inferior 750 y la segunda corriente 780 sale de la cámara impelente superior, como se indica con las flechas anchas. La figura 9B muestra una vista mirando hacia abajo por los canales desde una sección transversal en la ubicación B-B en la figura 8. El suelo/tejado de cámara impelente todavía es plano en este punto pero hace una transición gradualmente a una sección transversal en zigzag para corresponder a los pliegues de membrana. Estas transiciones en la región de transición 735 de la sección de colector 730 son visibles en la figura 9B como triángulos sólidos por encima y por debajo del plano del tejado/suelo de cámara impelente. La figura 9C muestra una vista mirando hacia abajo por los canales desde una sección transversal en la ubicación C-C en la figura 8. Esto muestra la formación gradual de la sección de colector en la región de transición 735 hasta una sección transversal ondulada. En este punto las ondas no son tan profundas como los pliegues de membrana en zigzag, y la pendiente adicional de las regiones de transición de colector 735 son visibles por encima y por debajo de la sección transversal ondulada en la figura 9C. La figura 9D es una vista en sección transversal en la ubicación D-D en la figura 8 que muestra la sección transversal en zigzag de la membrana plisada 710.

50 La figura 10 muestra cómo las cámaras impelentes creadas entre secciones de colector adyacentes en un conjunto de núcleo apilado (similar al mostrado en la figura 7A) corresponden a los canales en forma de diamante a los que están suministrando/descargando. El primer fluido puede fluir en un camino recto entre el área no sombreada de los canales del primer tipo y la cámara impelente de suministro para el primer fluido. De manera similar, el segundo fluido puede fluir en un camino recto entre el área no sombreada de los canales del segundo tipo y la cámara de descarga para el segundo fluido. En esta realización hay una conexión de camino recto entre la cámara impelente y la mayoría del área en sección transversal de los canales correspondientes. Esto reduce la caída de presión al evitar una transición abrupta en la dirección de flujo, y eliminar la necesidad de una región de transición larga, entre la cámara impelente y el canal.

La figura 11A muestra una vista isométrica en despiece ordenado simplificada de un conjunto 1100 como el de la

figura 7A, pero con una hoja adicional de membrana plana 1115 interpuesta entre la pareja de hojas de membrana plisada 1110 y 1120 formando de ese modo canales paralelos con una sección transversal en forma triangular. Las membranas plisadas 1110 y 1120 preferiblemente se pegan o se cohesionan de otro modo a la hoja de membrana plana 1115 a lo largo de la líneas de pliegue, para mejorar la rigidez estructural del conjunto y para permitir que los canales de membrana aguanten mejor diferenciales de presión. Sin embargo, la cohesión a lo largo de la líneas de pliegue no tiene que ser a prueba de fugas, ya que cualquier fuga sería hacia un canal adyacente del mismo tipo (es decir, llevando la misma corriente de fluido). Secciones de colector 1130 y 1140 se conectan a cada hoja de membrana plisada. Entre cada sección de colector 1130 y 1140 y la hoja de membrana plana adyacente 1115 se forman cámaras impelentes 1150 y 1155, cada una con una abertura rectangular, por medio de la que se pueden suministrar corrientes de fluido primera y segunda a los canales formados entre las capas de membrana plisada y plana. Las secciones de colector 1130 y 1140 se forman para proporcionar regiones de transición suave 1135 y 1145 entre las cámaras impelentes, que tienen una sección transversal rectangular, y los canales en forma triangular. La figura 11B muestra el flujo de dos corrientes de fluido (en una configuración de flujo cruzado) en lados opuestos de una sección de colector 1130a que en la realización ilustrada tiene nervaduras 1190 para dirigir el flujo y soportar la membrana 1115. La figura 11C es una vista en planta que ilustra el patrón de flujo de las dos corrientes de fluido en un conjunto similar al mostrado en la figura 11A.

En la realización ilustrada en la figura 11A, la hoja de membrana plana se extiende adentro de la región de colector. Esto puede ser ventajoso ya que permite que ocurra transferencia de calor y humedad entre las corrientes de fluido en cámaras impelentes adyacentes, así como en la región de membrana plisada. Sin embargo, sin soporte adecuado en esta región, puede ocurrir desviación de la membrana, aumentando la caída de presión, y así puede ser necesario proporcionar rasgos o nervaduras de soporte en las secciones de colector. La hoja de membrana plana se conecta a los cantos de las secciones de colector adyacente para crear una junta de sellado a prueba de fugas. Se pueden usar adhesivos o técnicas de soldadura adecuados, tales como por ejemplo, soldadura térmica, soldadura por vibración, soldadura ultrasónica o soldadura por RF.

En otras realizaciones similares, la hoja de membrana plana no se extiende adentro de la región de colector, sino que se conecta a secciones de colector hechas de un material diferente. Estas se apilan con las secciones de colector mostradas en la figura 11A para definir cámaras impelentes alternas para las corrientes de fluido primera y segunda. En cualquier caso, las secciones de colector apiladas se forman para proporcionar transiciones suaves entre las cámaras impelentes (que tienen una sección transversal rectangular) y los canales en forma triangular.

La figura 12 muestra cómo las cámaras impelentes creadas entre las hojas de membrana plana y secciones de colector adyacentes en un conjunto de núcleo apilado (similar al mostrado en la figura 11A) corresponden a los canales en forma triangular a los que están suministrando/descargando. El primer fluido puede fluir en un camino recto entre el área no sombreada de los canales del primer tipo y la cámara impelente de suministro para el primer fluido. De manera similar, el segundo fluido puede fluir en un camino recto entre el área no sombreada de los canales del segundo tipo y la cámara de descarga para el segundo fluido. Una vez más, en esta realización hay una conexión de camino recto entre la cámara impelente y la mayoría del área en sección transversal de los canales correspondientes.

Se puede proporcionar una disposición de colectores similar a las descritas anteriormente para los subconjuntos de membrana plisada en caja, tal como se muestra en la figura 5B. La figura 13 muestra cómo las cámaras impelentes creadas entre secciones de colector adyacentes en tal conjunto de núcleo apilado corresponderían a los canales en forma de cuadrado a los que están suministrando/descargando. El primer fluido puede fluir en un camino recto entre el área no sombreada de los canales del primer tipo y la cámara impelente de suministro para el primer fluido. De manera similar, el segundo fluido puede fluir en un camino recto entre el área no sombreada de los canales del segundo tipo y la cámara de descarga para el segundo fluido. En esta realización hay una conexión de camino recto entre la cámara impelente y aproximadamente el 50% del área en sección transversal de los canales correspondientes.

Las secciones de colector pueden tener rasgos formados en una o ambas superficies para dirigir el flujo desde las cámaras impelentes a los correspondientes canales, tales como las nervaduras mostradas en la figura 11B. Tales rasgos, por ejemplo, pueden mejorar la distribución de flujo. También pueden soportar la membrana si se extiende adentro de esta región (por ejemplo, como en las realizaciones ilustradas en la figura 11A). En las secciones de colector también se pueden incorporar rasgos que promoverán la mezcla o turbulencia de las corrientes de fluido para mejorar las prestaciones. El uso de secciones de entrada y salida de colector formadas por vacío o termoformadas permite producir una variedad de tamaños de contraflujo con alturas de canal variadas sin inversión significativa en el utillaje (tal como sería el caso con separadores moldeados por inyección actualmente en uso).

En realizaciones ilustradas los miembros de colector se conectan cada uno al núcleo a lo largo de un primer canto, tienen una pared vuelta hacia arriba a lo largo de un segundo canto y una pared vuelta hacia abajo a lo largo de un tercer canto de manera que, cuando se apilan juntos, los miembros de colector forman una columna de cámaras impelentes que se abren alternadamente a lados correspondientes a los cantos primero y segundo.

La figura 14A es una vista en planta de un subconjunto de colector/membrana 1400 con una membrana plisada central 1410 y secciones de colector 1430 y 1440 conectadas en cada extremo, donde los canales tienen una sección transversal de diamante. Las secciones de colector 1430 y 1440 incluyen nervaduras en un lado para dirigir la corriente de fluido a los canales respectivos. La figura 14B es una vista en planta de un subconjunto de colector/membrana

1450 con una membrana plisada central 1460 y secciones de colector 1480 y 1490 conectadas en cada extremo, donde los canales tienen una sección transversal triangular. En esta realización las secciones de colector 1480 y 1490 incluyen nervaduras en ambos lados del plano medio de la sección de colector para dirigir las corrientes de fluido a los canales en forma triangular respectivos.

- 5 El núcleo ensamblado puede estar embutido a lo largo de los lados y extremos. Se puede encajar en un bastidor de metal o plástico que también puede ayudar a bloquear la dispersión de llama para permitir cumplimiento con estándares de inflamabilidad. Un bastidor de metal también puede actuar como disipador térmico. Para aplicaciones de ERV el núcleo se puede alojar en un recinto, que también puede alojar soplantes para mover las corrientes de aire, conductos, así como filtros, electrónica de control y otros componentes.
- 10 Los presentes núcleos de membrana se pueden fabricar fácilmente y se pueden escalar fácilmente a diferentes tamaños, ya que la membrana plisada se puede cortar a tamaños diferentes para adaptarse a la aplicación particular de uso final y se puede variar el número de capas en la pila.

15 Cualquier material de membrana que se pueda plisar y tener el requisito de permeabilidad a agua y otras propiedades, es adecuado para uso en los núcleos de membrana plisada descritos anteriormente. Membranas que se han usado o sugerido para aplicaciones de ERV incluyen películas de celulosa; papeles de fibra de celulosa o fibra de vidrio o películas porosas de polímero que se recubren o impregnan con un polímero hidrófilo o una mezcla hidrófila de polímero-desecante; composites de película delgada fabricados por medio de polimerización interfacial; membranas laminadas hechas de una película soplada sobre una capa de soporte no tejida; membranas laminadas que comprenden una película de ionómero cohesionada a un soporte poroso; y películas de ionómero sulfatadas y carboxiladas. Otros materiales implican aplicar un recubrimiento permeable a agua al sustrato microporoso. Se ha encontrado que membranas de material compuesto que comprenden un sustrato poroso de polímero cargado con desecante que recubren sobre una superficie con un polímero permeable a agua son particularmente adecuadas para aplicaciones de ERV y similares. Ejemplos de tales membranas se describen en la solicitud PCT publicada n.º WO2010/132983.

25 Membranas de este tipo pueden retener un pliegue una vez plegado, lo que tiende a aumentar la fortaleza de los canales de membrana en los diseños de núcleo descritos en esta memoria.

30 En algunas realizaciones se puede usar una membrana que es formable o se puede corrugar. Materiales compuestos de membrana de ingeniería que se pueden formar para crear rasgos y retener diversas estructuras, pueden permitir el aumento de las prestaciones y la disminución de coste en dispositivos basados en membrana tales como los descritos en esta memoria. Por ejemplo, el uso de una membrana nanofibrosa electrohilada sobre un respaldo formable en un dispositivo de transferencia de calor y humedad a contraflujo se aprovecha de la propiedad formable de la membrana. Puede haber disponibles varios métodos con los que formar la membrana, p. ej. con canales u otros rasgos, (con o sin el uso de calor) tales como moldeo por compresión, formación por vacío o estampación.

35 La figura 15 es una foto de una capa hecha enteramente de una membrana formable permeable a agua que comprende una capa nanofibrosa recubierta sobre un poliéster capa de soporte de tela no tejida de hilo por cohesión de hilos. La capa comprende regiones de colector en cada extremo, y una sección central con canales rectos, todos hechos del mismo material. Los rasgos se formaron en la capa de membrana al calentarla (80°C) en un molde de compresión. Tales capas se pueden apilar para formar un conjunto de núcleo de ERV. En un ejemplo específico de realización, se obtuvieron hojas de tela no tejida con hilos cohesionados de poliéster (Smash Specialty Nonwoven Y15100) de Asahi Kasei. Estos materiales se diseñan por su capacidad de formación a calor bajo (<100°C). Sobre estas capas de soporte se depositaron recubrimientos de nanofibras de PAN con tres cargas diferentes. Las capas nanofibrosas se impregnaron luego con soluciones acuosas de un copolímero de polieterpolouretano en tres concentraciones (13, 15 y 17% en peso). Los materiales se secaron en un horno a 50°C.

Ejemplos experimentales

45 Ejemplo 1: Primer prototipo de núcleo de ERV - Transferencia multidireccional

Se demostró transferencia multidireccional usando un prototipo con un espaciador plástico corrugado formado al vacío diseñado para tener aproximadamente la misma transferencia de calor que la membrana plisada. El prototipo mostró el aumento pronosticado en transferencia de calor comparado con un diseño a contraflujo con únicamente transferencia vertical (unidimensional) para la misma caída de presión. El aumento se debió a la naturaleza multidimensional de la transferencia.

Ejemplo 2: Segundo Prototipo de núcleo de ERV - membrana plisada

55 Se hizo un segundo prototipo usando membrana plisada en la sección de contraflujo, con secciones de colector de plástico termoformadas para las entradas y las salidas. Se usó un pegamento de poliuretano para conectar la membrana a las secciones de colector. Cuando se comparó con un flujo normalizado, la transferencia de calor se comparó favorablemente con núcleos de HRV comerciales del estado de la técnica. El prototipo se comportó mejor en transferencia de humedad que los núcleos disponibles comercialmente.

La gráfica mostrada en la figura 16 muestra las prestaciones de un núcleo de ERV, que comprende este segundo prototipo de membrana plisada apilada, como función del caudal. La gráfica muestra la eficacia de transferencia de calor sensible y latente (humedad) para el núcleo de membrana plisada.

Ejemplo 3: Prototipos de núcleos de ERV tercero y cuarto

- 5 Se hizo un tercer prototipo con canales triangulares en un núcleo con un tamaño de huella más grande. También se construyó un cuarto prototipo con canales triangulares más altos.

10 Las dimensiones de los canales se pueden seleccionar para proporcionar un equilibrio deseado entre tasa de transferencia de calor y masa y caída de presión. El tercer prototipo de núcleo de membrana plisada triangular tenía un paso, o espaciamiento de membrana de capa a capa, de 3,2 mm en la sección recta de contraflujo. Esto dio como resultado una altura de entrada de canal de aproximadamente 1,6 mm. Tal altura pequeña significa un diámetro hidráulico relativamente bajo en las áreas de entrada y salida de cada capa, dando como resultado una caída de presión que era más alta que lo deseado. El cuarto prototipo se construyó para demostrar que la caída de presión se puede reducir al proporcionar dimensiones de canal diferentes. En el cuarto prototipo, el espaciamiento de capa a capa era de 4,5 mm. Esto aumentó las alturas de entrada y salida de los colectores a aproximadamente 2,2 mm. La reducción en la caída de presión lograda en el cuarto prototipo versus el tercer prototipo se ilustra en la figura 17.

15 Con un aumento en espaciamiento de paso en la sección de canal central, se incorporan menos capas para la misma altura total, o volumen, del núcleo. Una reducción en el número de capas da como resultado una reducción en el área superficial total de membrana en el núcleo, reduciendo el área de transporte y disminuyendo las prestaciones. Sin embargo, esto se compensó en el cuarto prototipo al incorporar pliegues espaciados más apretadamente (menos distancia entre pliegues) en las secciones plisadas de contraflujo, empaquetando de ese modo más membrana en la sección recta de contraflujo en el medio del núcleo. Al ir de aproximadamente un ángulo de punta de pliegue de 90° a un ángulo de punta de pliegue de aproximadamente un 60°, en el cuarto prototipo se incorporó suficiente membrana para compensar la reducción en el número de capas.

20 Un ERV funciona típicamente en flujo laminar en las capas del núcleo, por lo que la transferencia de calor y masa es únicamente función del diámetro hidráulico y el número Nusselt (un tipo de gradiente de temperatura adimensional), que es constante para una geometría dada si el flujo es laminar. Como se trata en la bibliografía (p. ej., Int. J. Heat Mass Transfer, Vol. 18, págs. 849-862, 1975), para conductos triangulares en flujo laminar la número Nusselt disminuirá conforme se aleja de un triángulo equilátero. El cambio de ángulo de pliegue desde 90° a 60° en el cuarto prototipo por lo tanto también compensó la disminución del número de capas.

25 La gráfica mostrada en la figura 18 muestra las prestaciones de estos prototipos de núcleos de ERV tercero y cuarto, como función del caudal. La gráfica muestra que la eficacia de transferencia de calor sensible y latente (humedad) era bastante similar para los dos prototipos.

30 Los intercambiadores de calor y humedad que se describen en la presente memoria se pueden aplicar, por ejemplo, para intercambiar calor y humedad entre un flujo de aire fresco que entra a un edificio y un flujo de aire vertido desde un edificio.

35 Si bien anteriormente se han tratado varios aspectos y realizaciones ejemplares, los expertos en la técnica identificarán ciertas modificaciones, permutaciones, adiciones y subcombinaciones de los mismos. Por lo tanto se pretende que las siguientes reivindicaciones adjuntas y reivindicaciones introducidas en adelante sean interpretadas para que incluyan todas dichas modificaciones, permutaciones, adiciones y subcombinaciones que estén dentro del verdadero espíritu y alcance.

40 Interpretación de los términos

A menos que el contexto lo requiera claramente de otro modo, por toda la descripción y las reivindicaciones:

- “comprender”, “que comprende” y similares se han de interpretar en un sentido inclusivo, a diferencia de un sentido exclusivo o exhaustivo; es decir, en el sentido de “que incluye, pero sin limitación a esto”.
- 45 • “conectado”, “acoplado” o cualquier variante de los mismos, significa cualquier conexión o acoplamiento, ya sea directo o indirecto, entre dos o más elementos; el acoplamiento o la conexión entre los elementos puede ser físico, lógico o una combinación de los mismos.
- “en esta memoria”, “anteriormente”, “a continuación”, y palabras de importancia similar, cuando se usan para describir esta memoria descriptiva se referirán a esta memoria descriptiva como conjunto y no a partes particulares de esta memoria descriptiva.
- 50 • “o”, en referencia a una lista de dos o más elementos, cubre todas las siguientes interpretaciones de la palabra: cualquiera de los elementos en la lista, todos los elementos en la lista, y cualquier combinación de los elementos en la lista.
- la forma singular “un”, “una”, “la” y “los” también incluye el significado de cualquier forma plural apropiada.

5 Palabras que indican direcciones tales como “vertical”, “transversal”, “horizontal”, “hacia arriba”, “hacia abajo”, “hacia delante”, “hacia atrás”, “hacia dentro”, “hacia fuera”, “vertical”, “transversal”, “izquierdo”, “derecho”, “delantero”, “posterior”, “parte superior”, “parte inferior”, “por debajo”, “por encima”, “bajo”, y similares, usados en esta descripción y las reivindicaciones adjuntas (donde estén presentes) dependen de la orientación específica del aparato descrito e ilustrado. La materia de asunto descrita en esta memoria puede asumir diversas orientaciones alternativas. Por consiguiente, estos términos direccionales no están definidos estrictamente y no se deben interpretar en sentido estrecho.

10 Donde a un componente (p. ej. un núcleo, estructura, cámara impelente, soplante, conducto, etc.) se le hace referencia anteriormente, a menos que se indique de otro modo, la referencia a ese componente (incluida un referencia a unos “medios”) se debe interpretar como que incluye equivalentes de ese componente, cualquier componente que realiza la función del componente descrito (es decir, que es funcionalmente equivalente), incluidos componentes que no son estructuralmente equivalentes a la estructura descrita que realiza la función en las realizaciones ejemplares ilustradas de la invención.

15 En esta memoria se han descrito a modo de ilustración ejemplos específicos de sistemas, métodos y aparatos. Estos son únicamente ejemplos. La tecnología proporcionada en esta memoria se puede aplicar a sistemas distintos de los ejemplos de sistemas descritos anteriormente. Dentro de la práctica de esta invención son posibles muchas alteraciones, modificaciones, adiciones, omisiones y permutaciones. Esta invención incluye variaciones de las realizaciones descritas que serán evidentes al destinatario cualificado, incluidas variaciones obtenidas al: sustituir rasgos, elementos y/o acciones por rasgos, elementos y/o acciones equivalentes; mezclar y hacer coincidir rasgos, elementos y/o acciones de diferentes realizaciones; combinar rasgos, elementos y/o acciones de realizaciones que se describen en la presente memoria con rasgos, elementos y/o acciones de otra tecnología; y/u omitir o combinar rasgos, elementos y/o acciones de realizaciones descritas.

25 Por lo tanto se pretende que las siguientes reivindicaciones adjuntas y reivindicaciones introducidas en adelante sean interpretadas para que incluyan todas dichas modificaciones, permutaciones, adiciones, omisiones y subcombinaciones que se puedan inferir razonablemente. El alcance de las reivindicaciones no debe estar limitado por las realizaciones preferidas presentadas en los ejemplos, sino que debe darse la interpretación más amplia coherente con la descripción como conjunto.

REIVINDICACIONES

1. Un intercambiador de calor y humedad que comprende;
un núcleo que comprende una pluralidad de hojas permeables a vapor de agua (710, 720), las hojas estratificadas para proporcionar una pluralidad de grupos de canales (775, 785) que se extienden a través del núcleo, cada uno de
5 la pluralidad de grupos de canales comprende canales definidos entre dos adyacentes de las hojas permeables a vapor de agua (710, 720) una pluralidad de cámaras impelentes (750) formadas en lados opuestos del núcleo,
caracterizado por;
al menos algunas de las hojas permeables a vapor de agua están plisadas;
los canales de cada uno de la pluralidad de grupos de canales se extienden a lo largo de los pliegues de al menos una
10 de las hojas plisada permeables a vapor de agua (710, 720);
las cámaras impelentes en cada uno de los lados opuestos del núcleo se configuran de manera que los canales de grupos de canales en lados opuestos de la misma de las hojas se conectan para transmisión de fluidos a diferentes de las cámaras impelentes en donde las cámaras impelentes se definen al menos en parte por miembros de colector (730, 740) conectados a lo largo de cantos opuestos de las hojas (710, 720), al menos uno de los miembros de colector
15 comprende una hoja (735, 745) que se conecta y sigue un canto de una de las hojas plisadas permeables a vapor de agua (710, 720),
2. Un intercambiador de calor y humedad según la reivindicación 1 en donde los miembros de colector (730, 740) comprenden un material permeable a vapor de agua y se hacen del mismo material que las hojas de membrana permeables a vapor de agua (710, 720),
- 20 3. Un intercambiador de calor y humedad según la reivindicación 1 en donde los miembros de colector (730, 740) comprenden un material que es diferente de un material de las hojas permeables a vapor de agua (710, 720),
4. Un intercambiador de calor y humedad según la reivindicación 3 en donde los miembros de colector (730, 740) comprenden un material plástico termoformado.
- 25 5. Un intercambiador de calor y humedad según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en donde los miembros de colector (730, 740) conectados a las hojas plisadas permeables a vapor de agua (710, 720) tienen cantos (735, 745) formados para seguir los pliegues de las hojas plisadas (710, 720) y una zona de transición en donde los miembros de colector se vuelven gradualmente más planos con la distancia a los cantos de los miembros de colector.
- 30 6. Un intercambiador de calor y humedad según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 en donde el núcleo se compone de hojas de membrana plana permeables a vapor de agua (1115) y hojas de membrana plisada permeables a vapor de agua (1110, 1120) alternadas.
7. Un intercambiador de calor y humedad según la reivindicación 6 en donde las hojas de membrana plana (1115) se extienden entre miembros de colector (1130, 1140) conectados a hojas plisadas (1110, 1120) adyacentes para separar cámaras impelentes (1150, 1155) adyacentes.
- 35 8. Un intercambiador de calor y humedad según la reivindicación 7 en donde los miembros de colector (1130, 1140) comprenden hojas de material que están nervadas en dos lados opuestos y las hojas de membrana plana permeables a vapor de agua (1115) se soportan entre nervaduras (1190) de los miembros de colector adyacentes.
9. Un intercambiador de calor y humedad según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8 en donde los canales son triangulares en sección transversal.
- 40 10. Un intercambiador de calor y humedad según una de las reivindicaciones 1 a 5 en donde la pluralidad de canales son cuadriláteros en sección transversal.
11. Un intercambiador de calor y humedad según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 en donde un primer grupo de la pluralidad de canales (775) se extiende desde una primera cámara impelente a través del núcleo a una segunda cámara impelente, un segundo grupo de la pluralidad de canales (785) se extiende desde una tercera cámara impelente a través del núcleo a una cuarta cámara impelente, cada uno de la pluralidad de canales en el primer grupo
45 (775) tiene paredes en común con una pluralidad de los canales del segundo grupo (785) y cada uno de la pluralidad de canales en el segundo grupo (785) tiene paredes en común con una pluralidad de los canales del primer grupo (775).
12. Un intercambiador de calor y humedad según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 en donde cada uno de los canales (775, 785) comprende una pluralidad de paredes y cada una de las paredes de canal es permeable a vapor de agua.
- 50 13. Un intercambiador de calor y humedad según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 en donde para al

menos una pluralidad de los canales en una pluralidad de los grupos cada una de las paredes permeables a vapor de agua está en común con otro canal que pertenece a uno diferente de los grupos de canales.

14. Un ventilador de recuperación de energía para un edificio que comprende un intercambiador de calor y humedad según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

- 5 15. Uso de un intercambiador de calor y humedad según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 para intercambiar calor y humedad entre un flujo de aire fresco que entra a un edificio y un flujo de aire que sale del edificio.

FIG. 1 (TÉCNICA ANTERIOR)

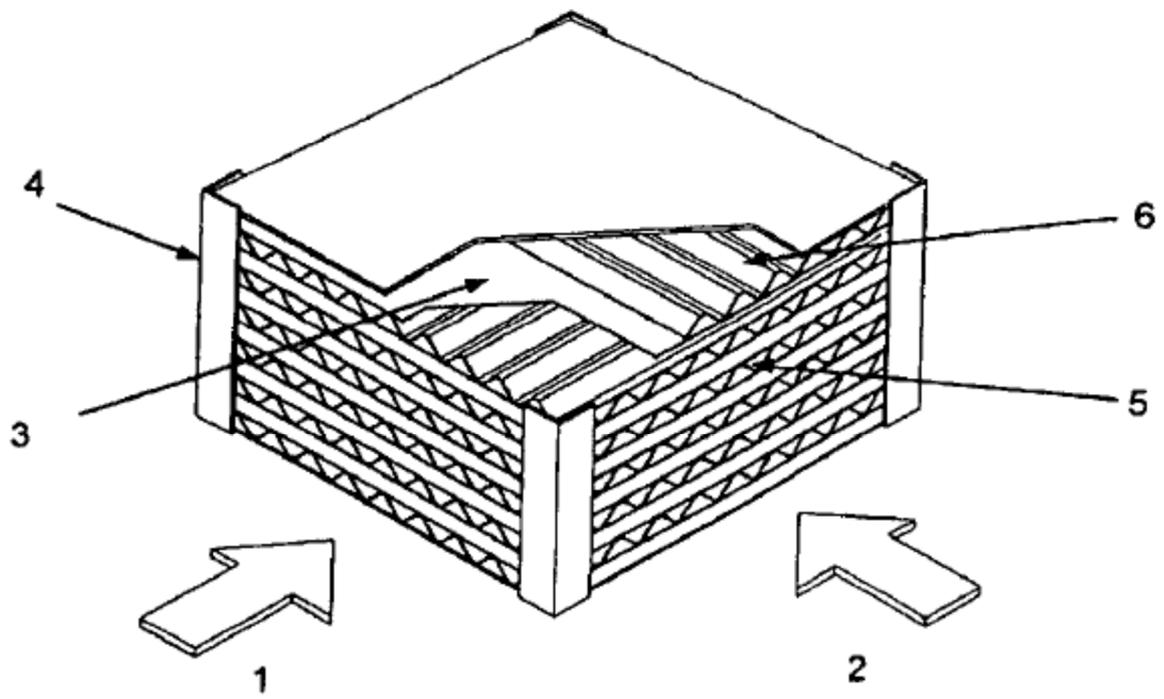


FIG. 2 (TÉCNICA ANTERIOR)

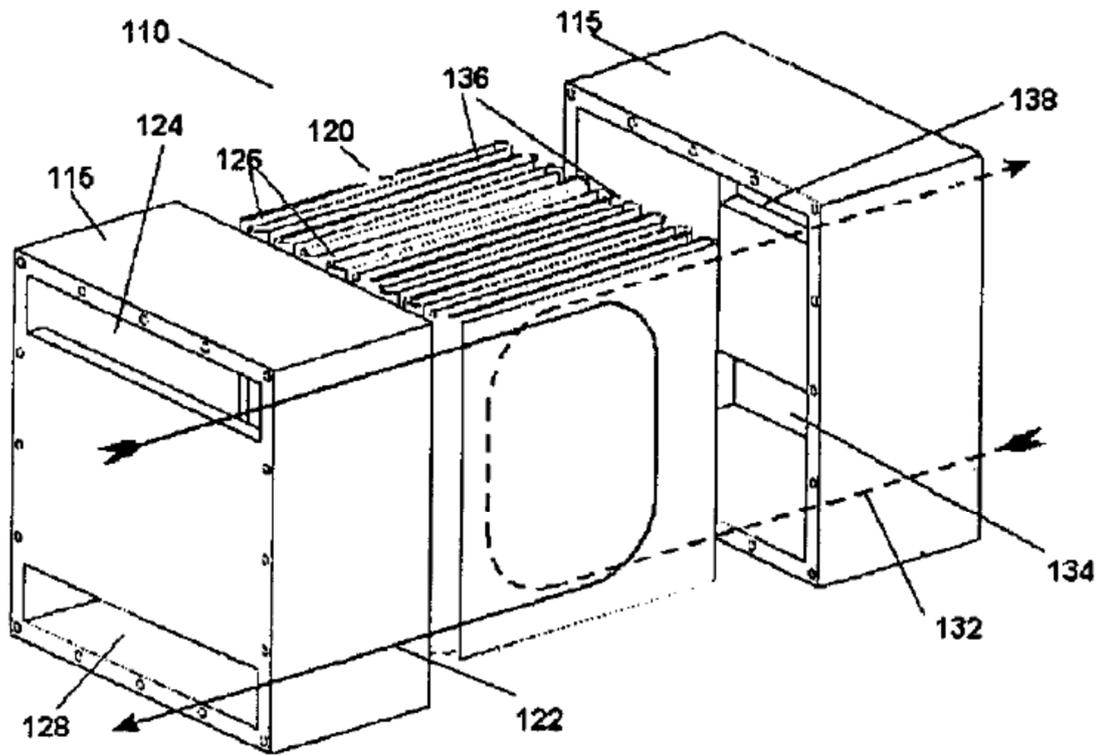


FIG. 3

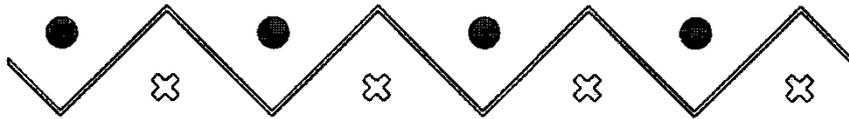


FIG. 4A

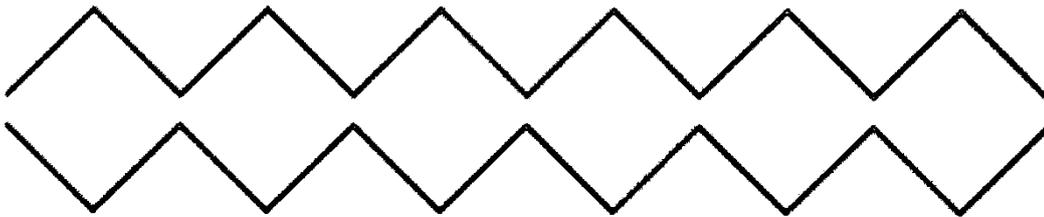


FIG. 4B

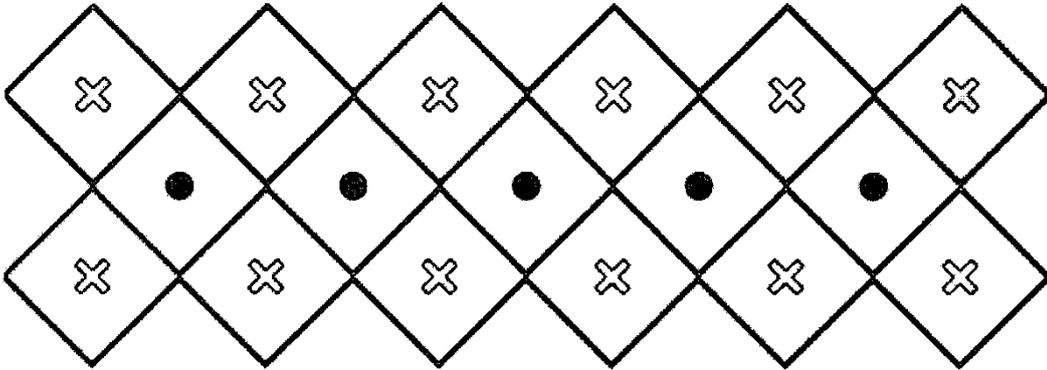


FIG. 4C

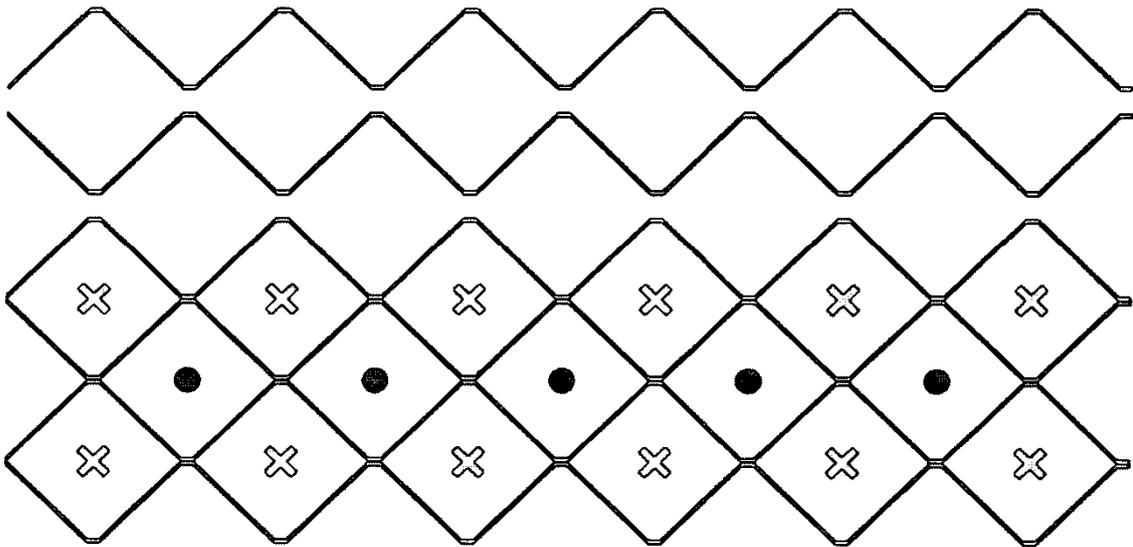


FIG. 4D

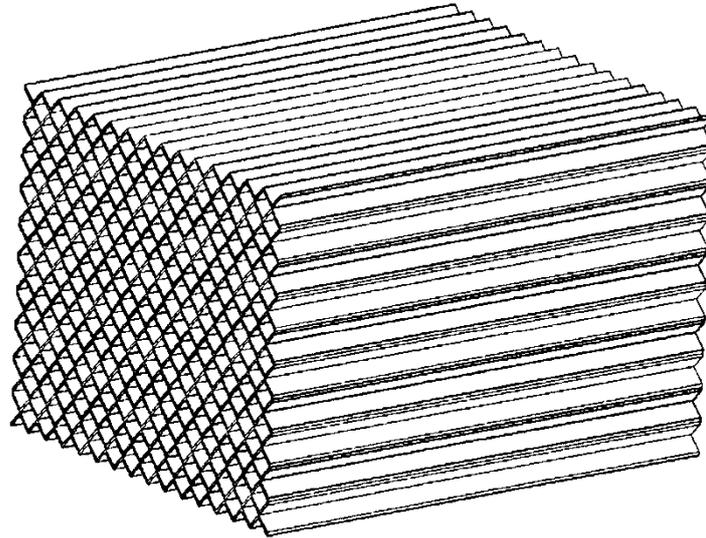


FIG. 5A

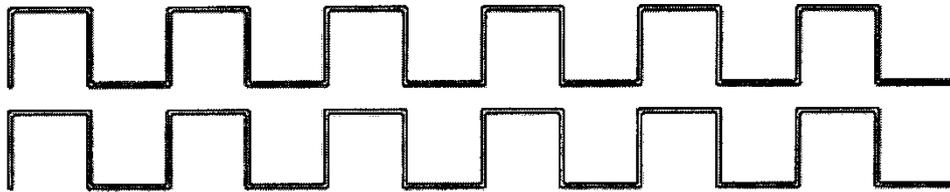


FIG. 5B

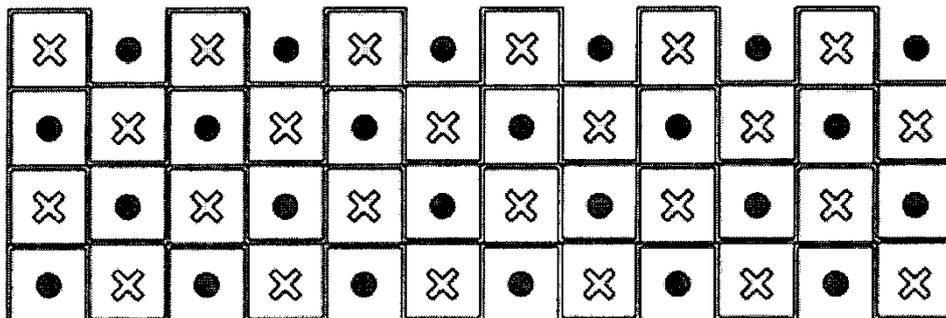


FIG. 6A



FIG. 6B

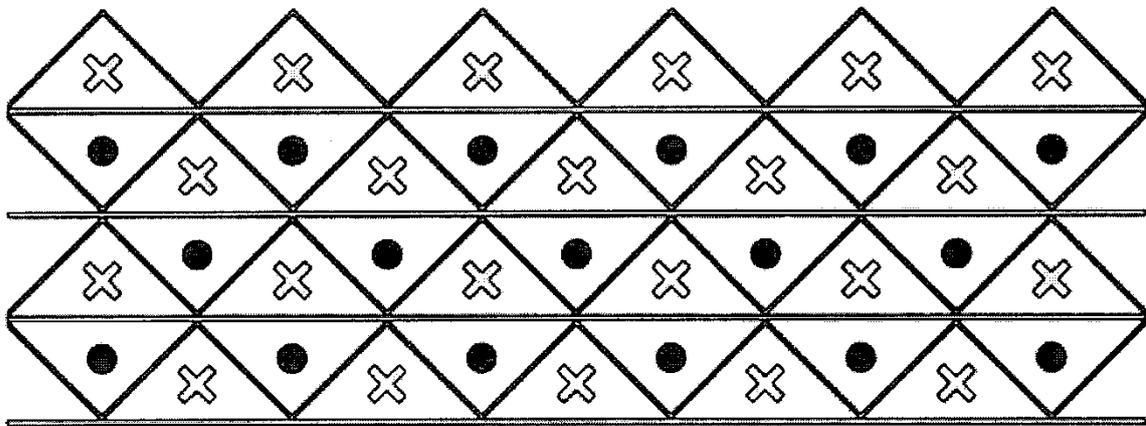


FIG. 7A

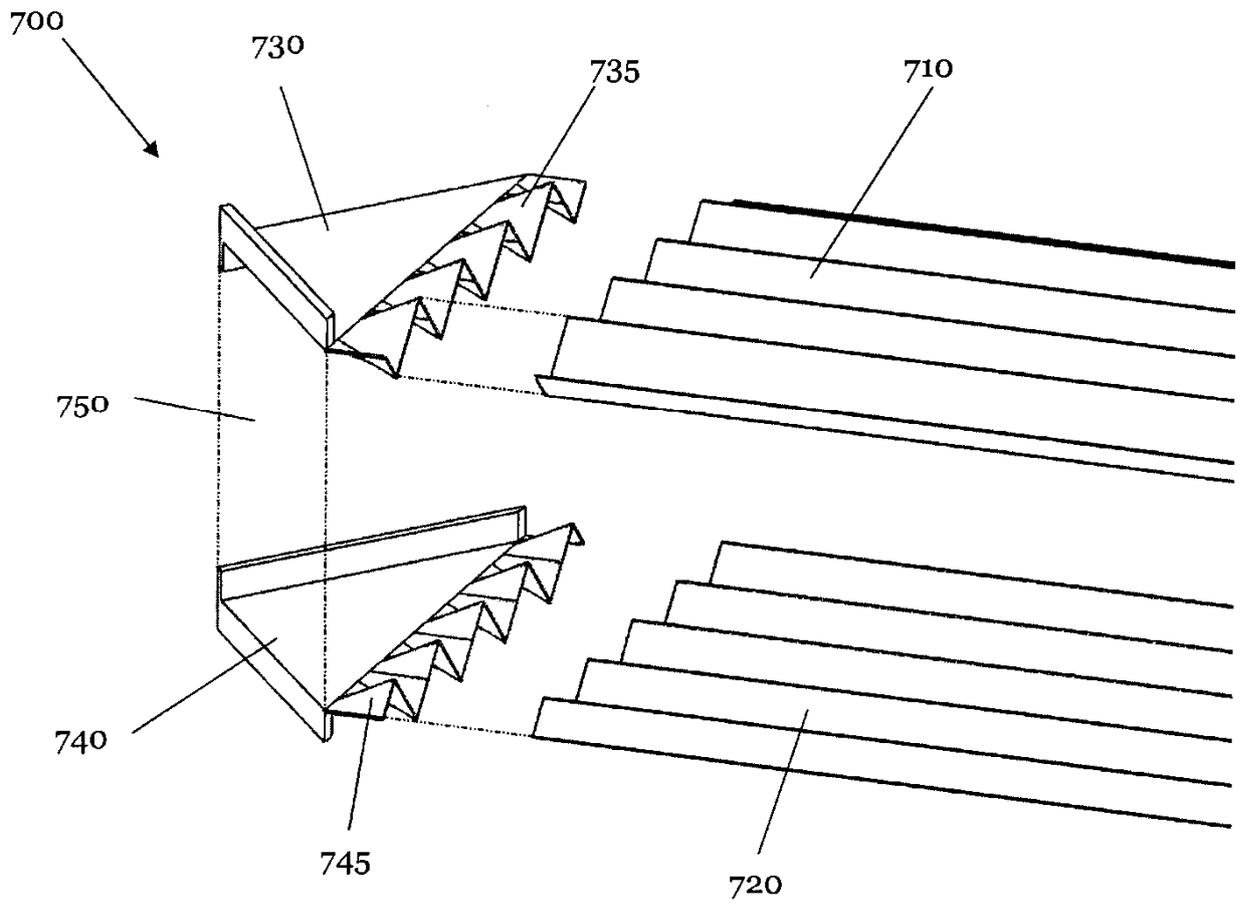


FIG. 7B

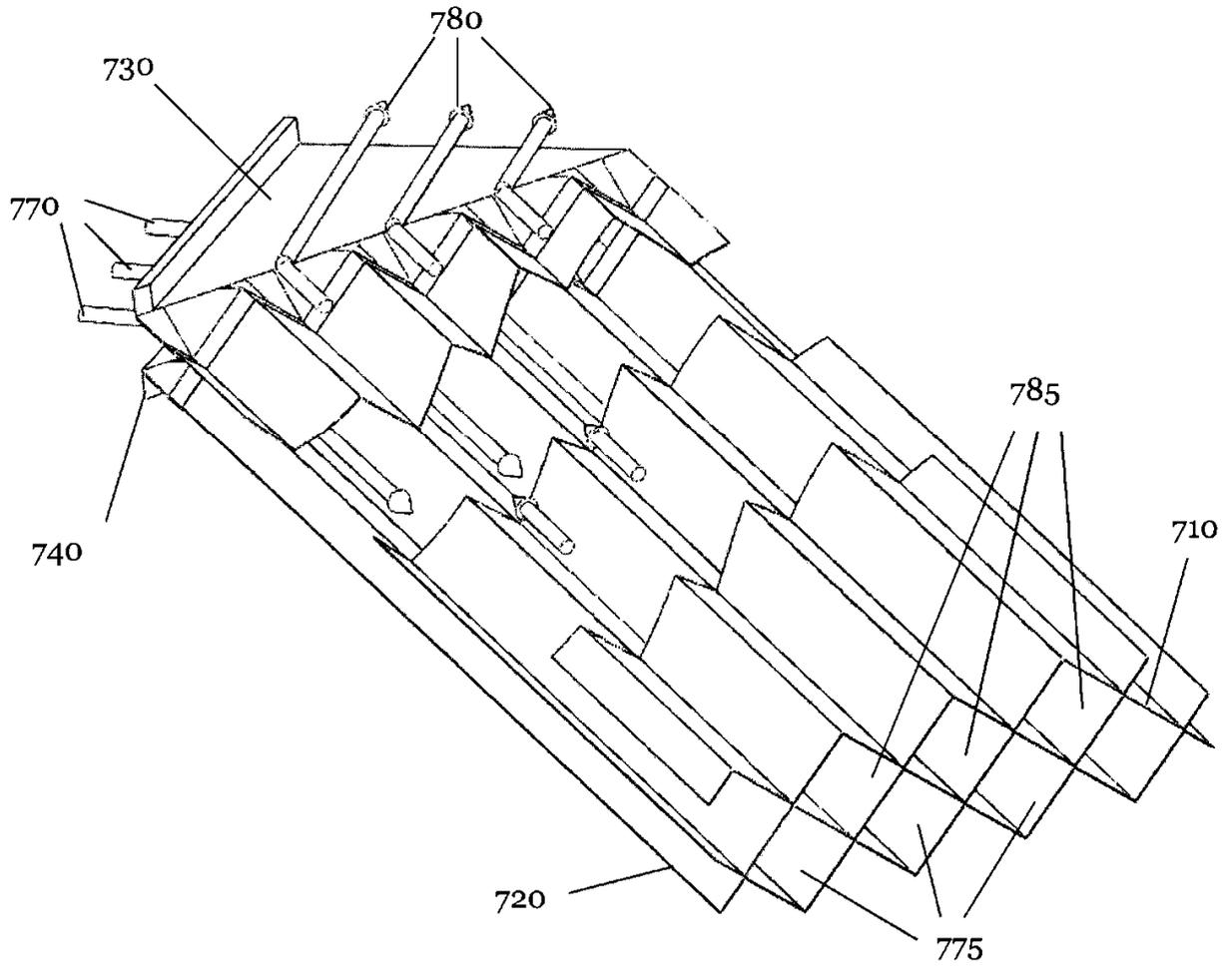


FIG. 8

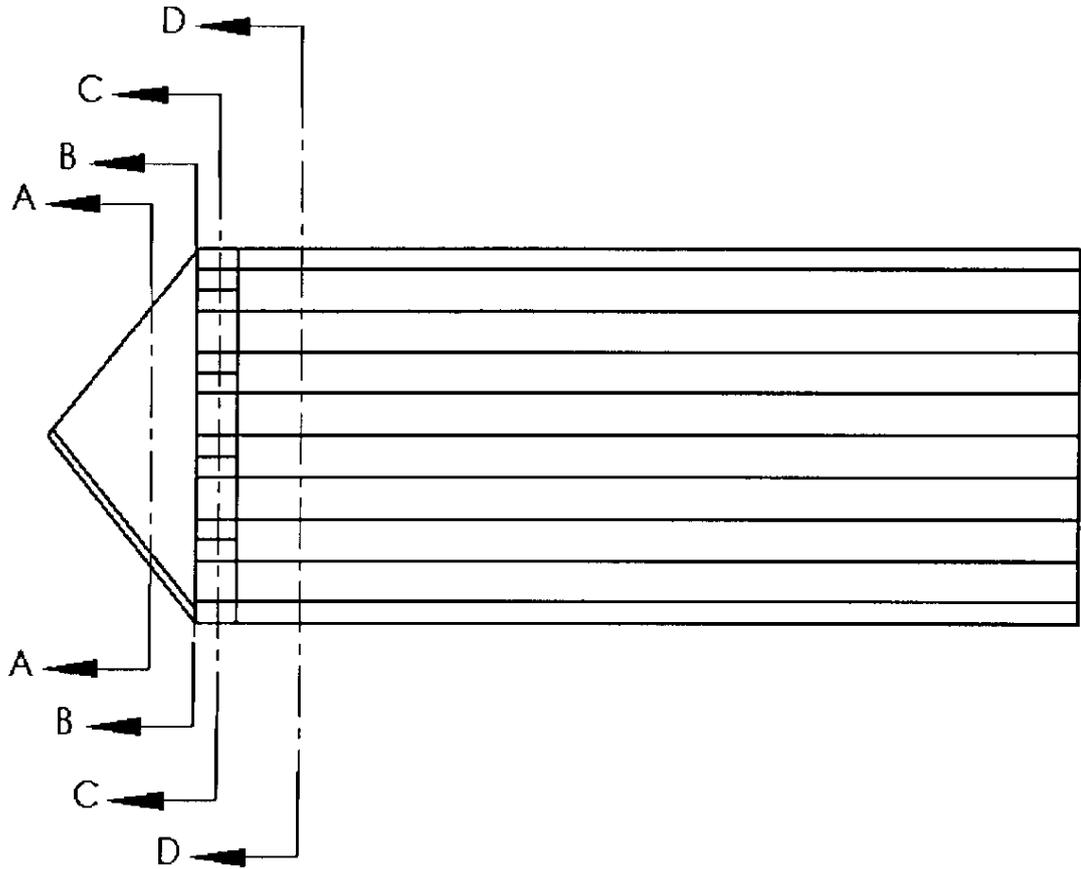


FIG. 9A

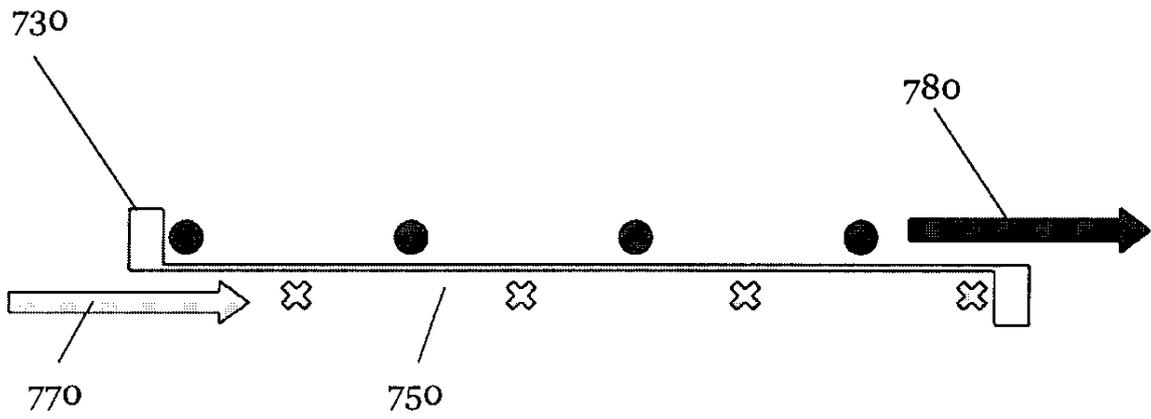


FIG. 9B

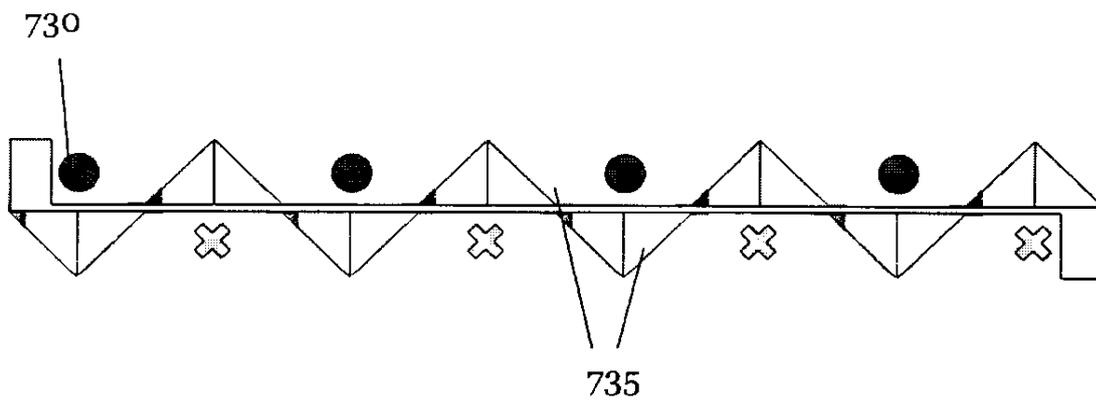


FIG. 9C

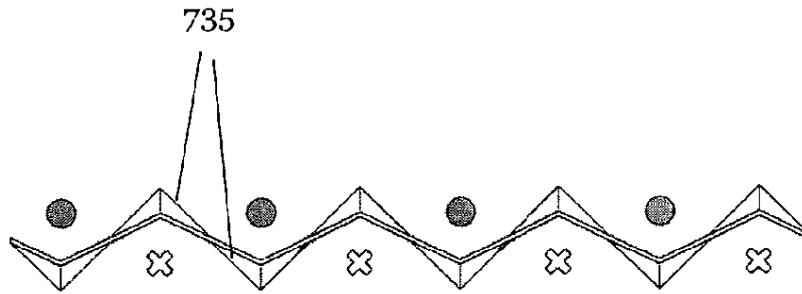


FIG. 9D

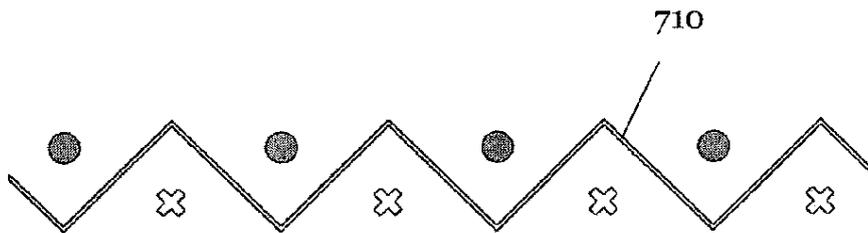


FIG. 10

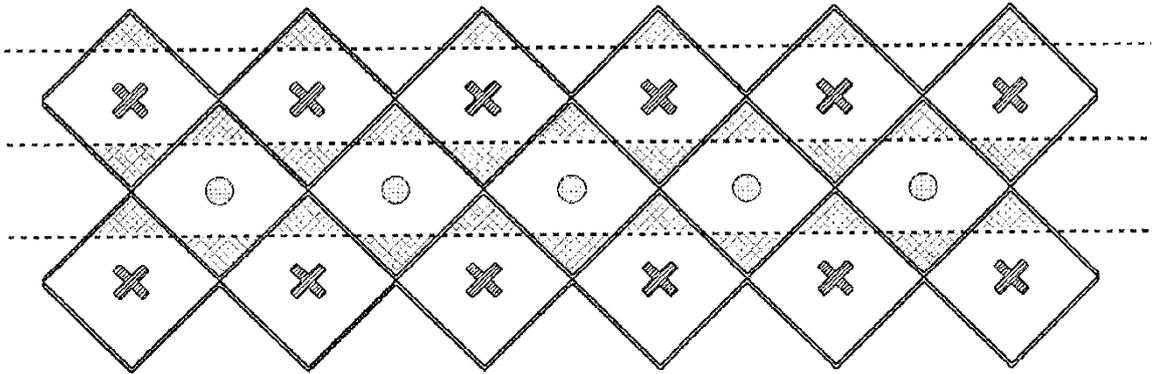


FIG. 11A

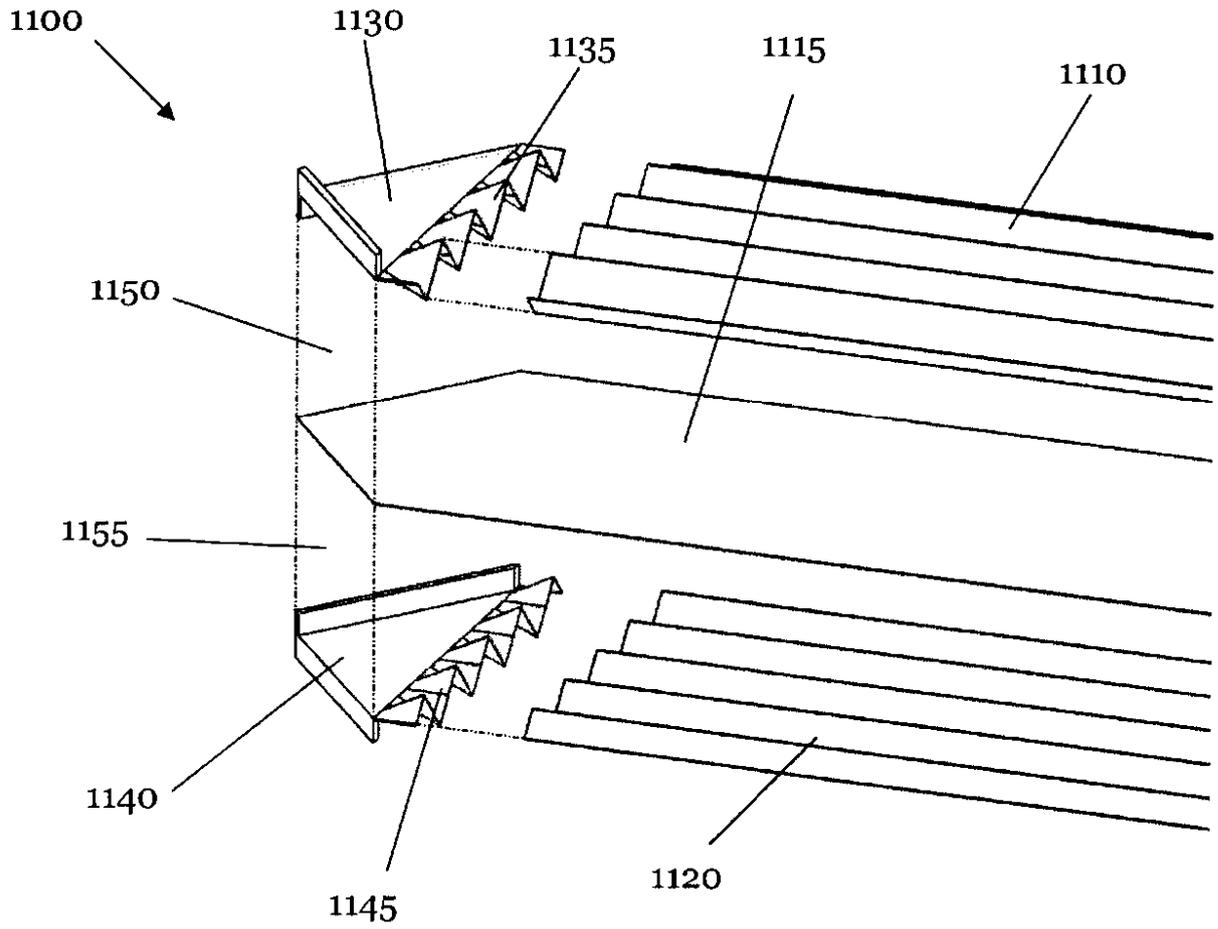


FIG. 11B

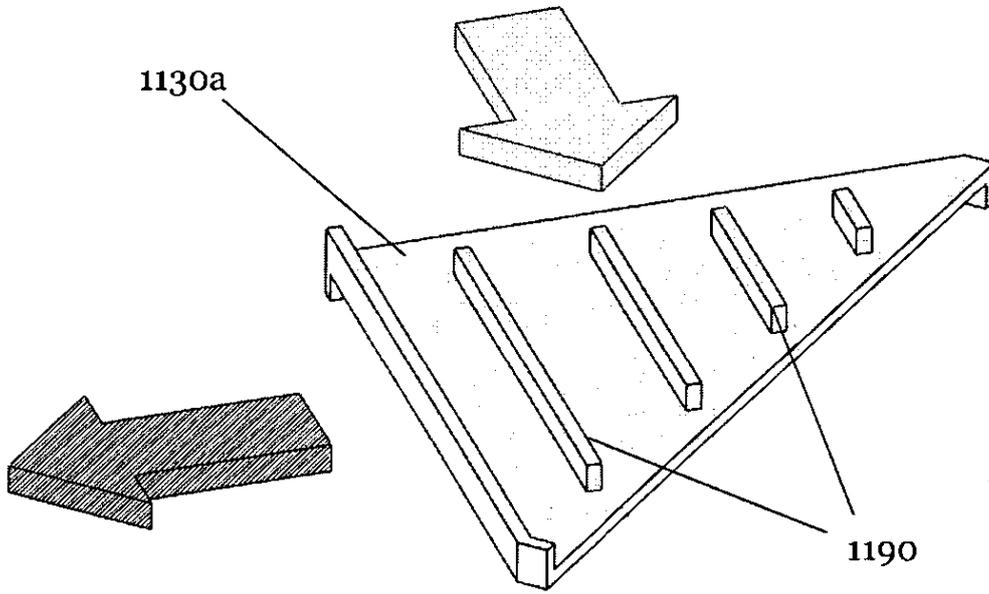


FIG. 11C

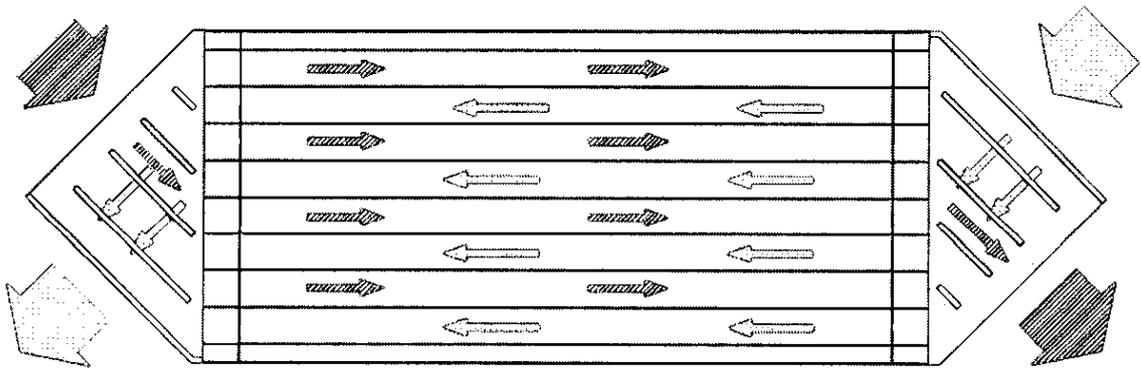


FIG. 12

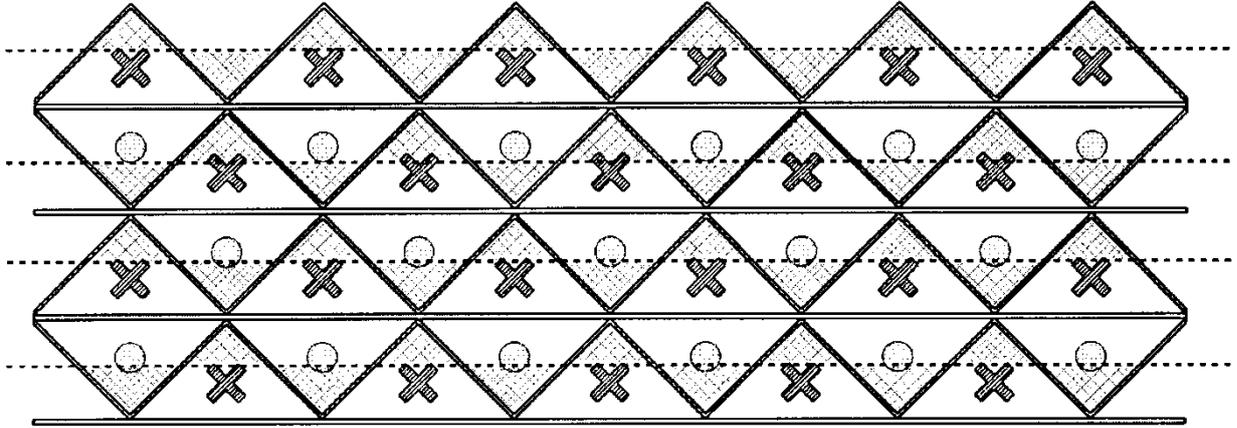


FIG. 13

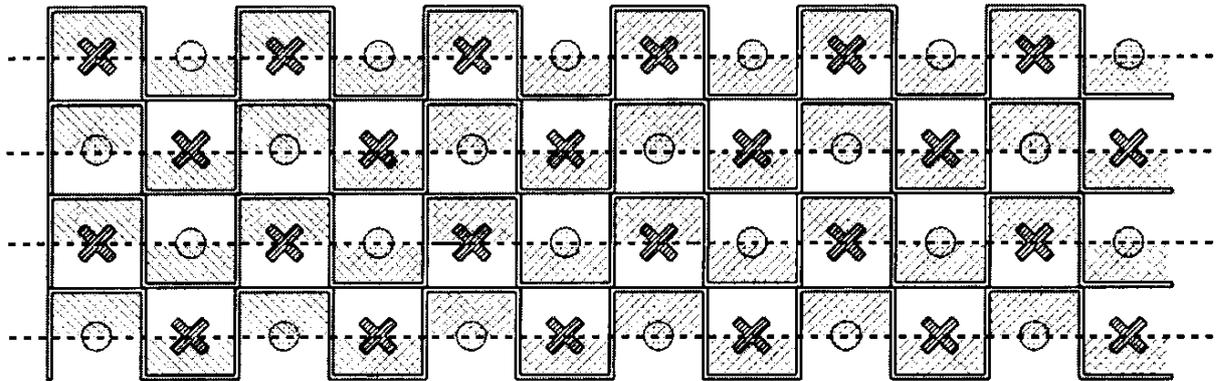


FIG. 14A

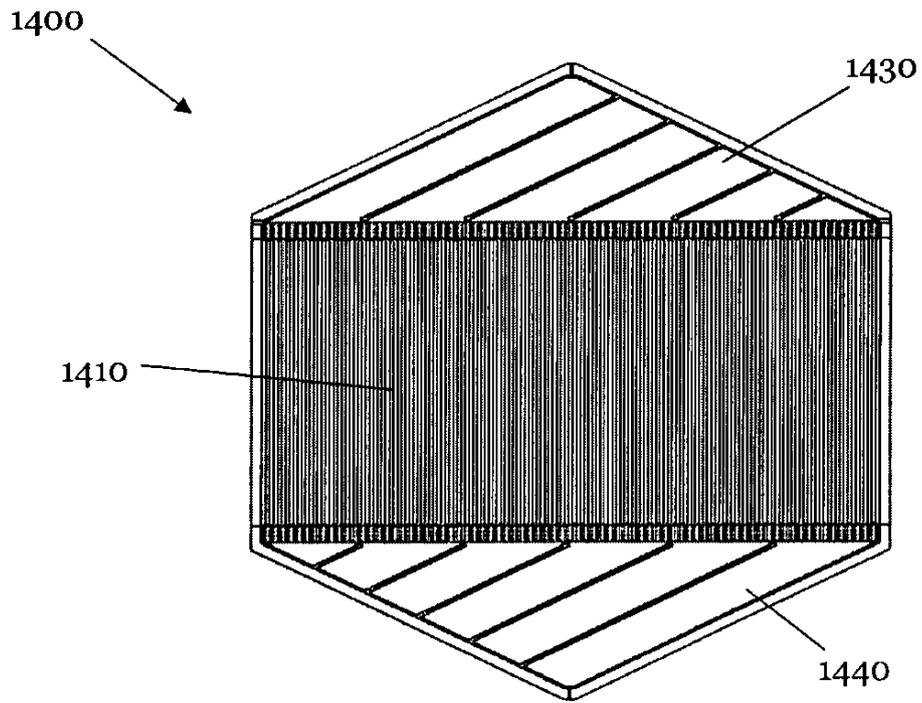


FIG. 14B

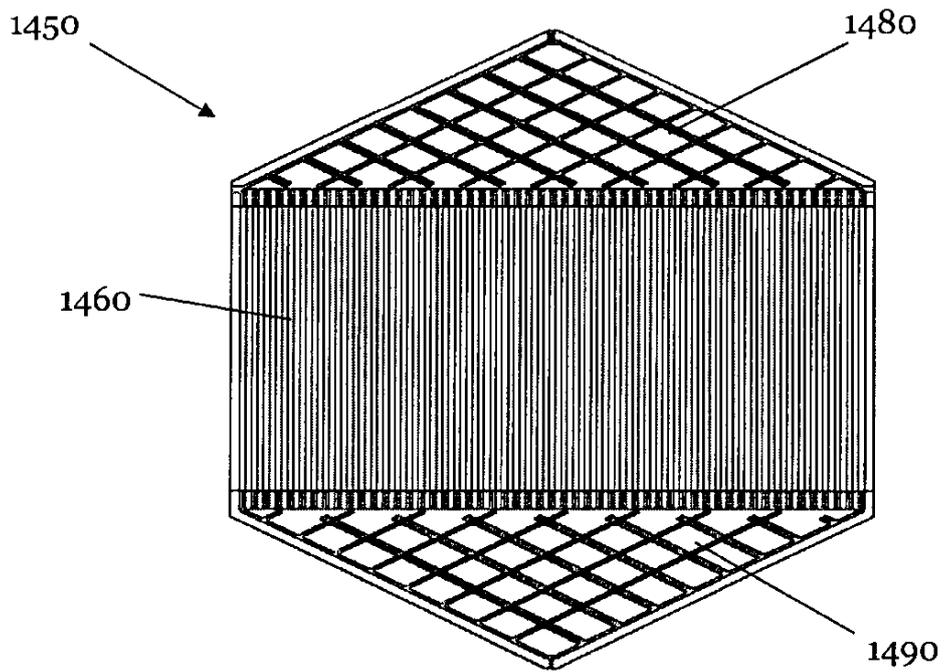


FIG. 15

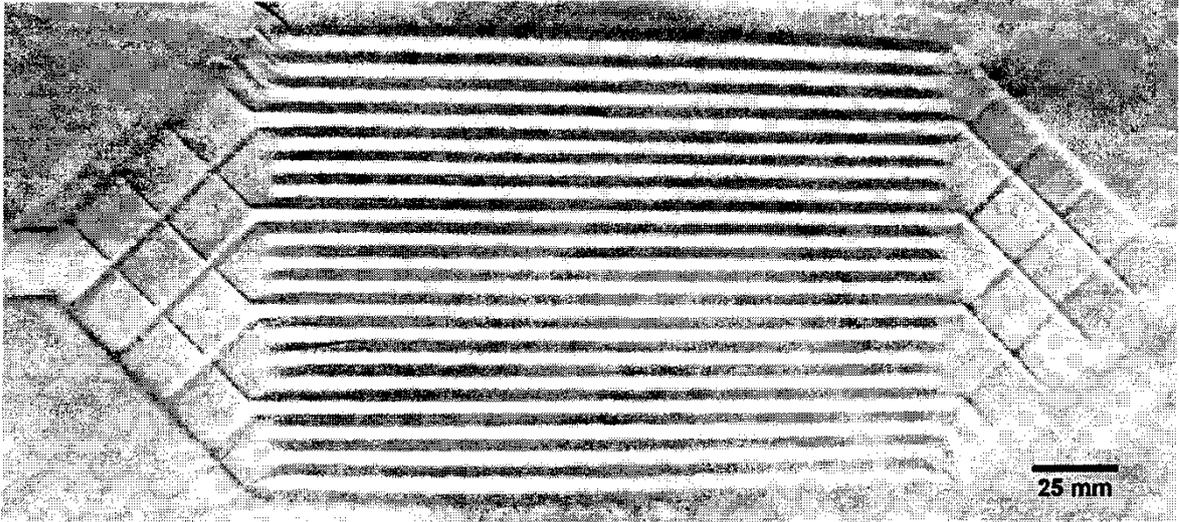


FIG. 16

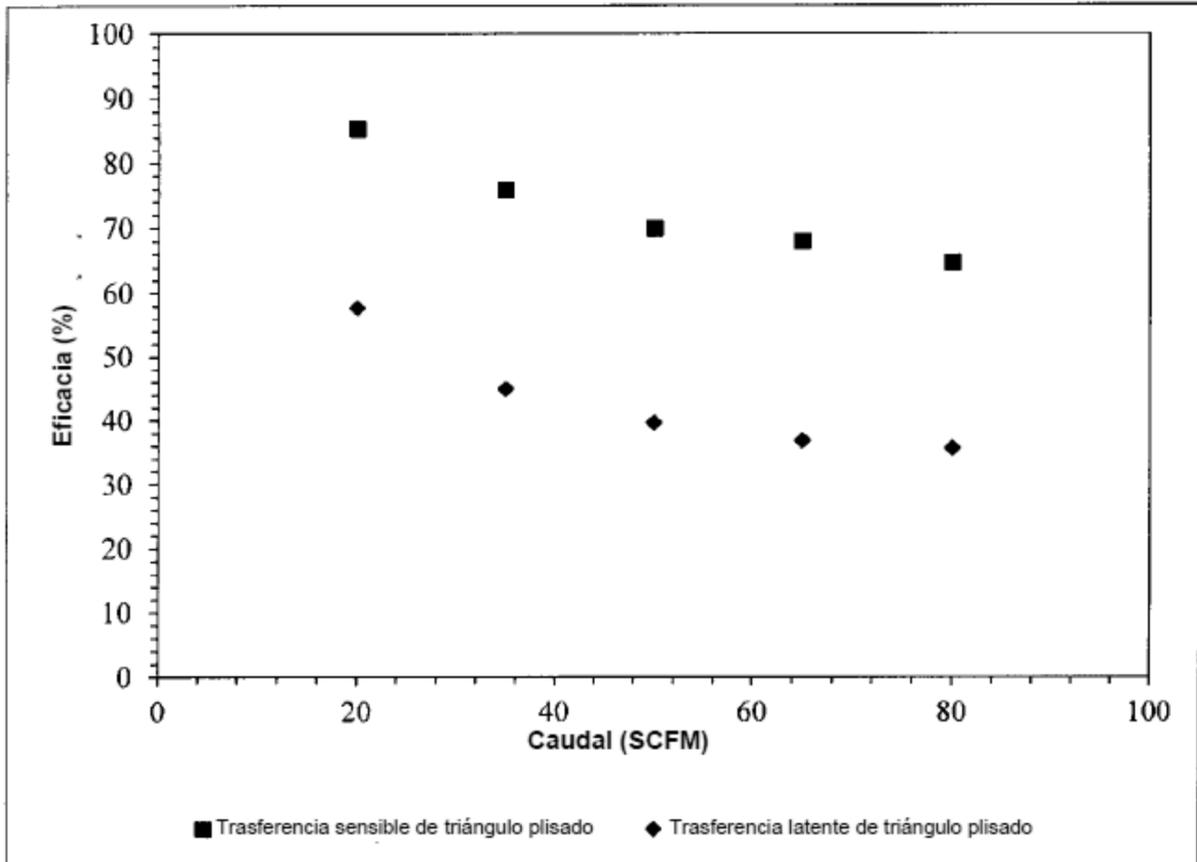
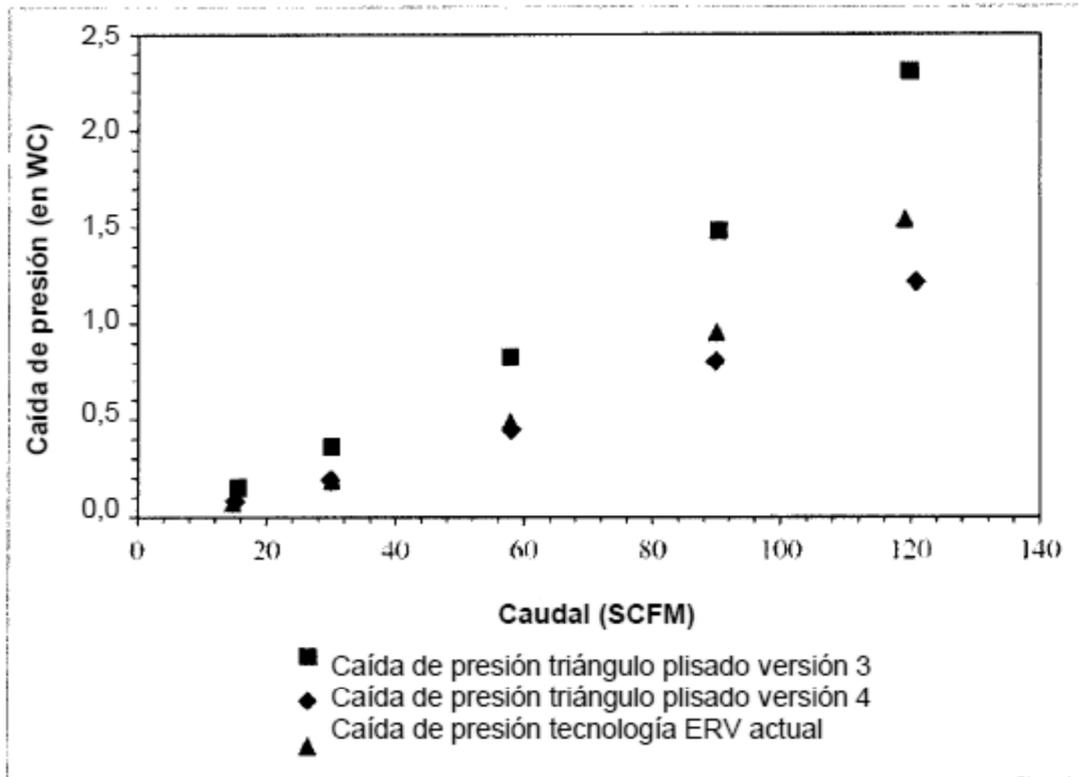


FIG. 17



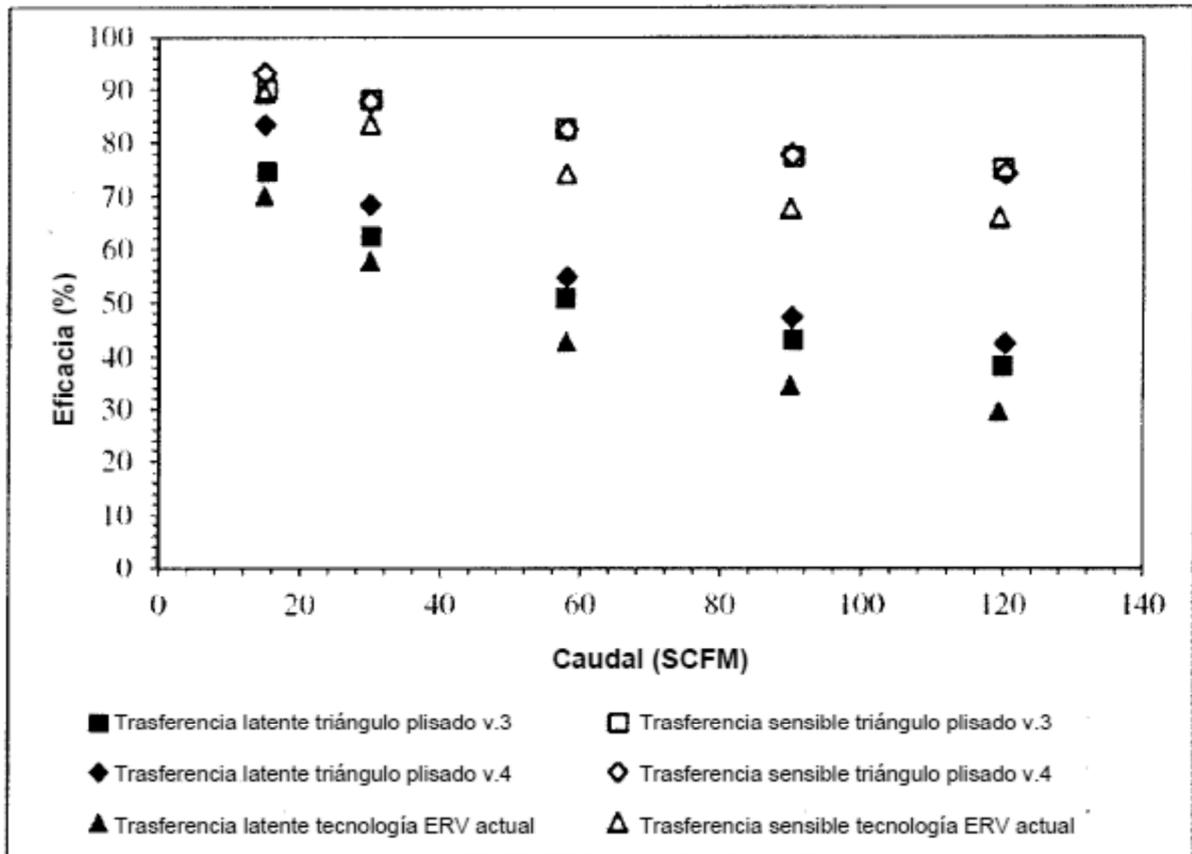


FIG. 18