SISTEMA DE ENFRIAMIENTO ACTIVO/PASIVO CON REFRIGERANTE BOMBEADO

CAMPO DE LA INVENCIÓN

[001] Esta invención se relaciona a sistemas de enfriamiento y sistemas y métodos para controlarlos. En particular, esta invención se relaciona a un sistema de enfriamiento que tiene modos tanto activos como pasivos. Una aplicación particularmente adecuada, por ejemplo, es en sistemas de enfriamiento de centro de datos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

[002] Los centros de datos frecuentemente requieren grandes cantidades de energía para operar. Los servidores en estos centros de datos generan una cantidad grande de calor, que requiere enfriamiento. Para reducir el uso de energía de los centros de datos, se desean sistemas de enfriamiento más eficientes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

[003] En un aspecto, la invención se relaciona a un sistema de enfriamiento que incluye un evaporador, un condensador pasivo, un intercambiador de calor, una línea de líquido y una bomba. El evaporador contiene un medio de enfriamiento primario. El evaporador está configurado para recibir un fluido de proceso y, cuando recibe el fluido de proceso, extraer calor del fluido de proceso para enfriar el fluido de proceso y cambiar la fase del medio de enfriamiento primario de líquido a gas. El condensador pasivo incluye una superficie exterior y está acoplado fluidamente al evaporador. El condensador pasivo está configurado para tener una corriente de aire dirigida sobre la superficie exterior del mismo, y cuando la corriente de aire se dirige sobre la superficie exterior del condensador pasivo, el condensador pasivo está configurado (i) para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de gas desde el evaporador, (ii) para transferir calor del medio de enfriamiento primario, (iii) para cambiar la fase del medio de enfriamiento primario de gas a líquido, y (iv) para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador. El intercambiador de calor está acoplado fluidamente al evaporador y configurado para tener un medio de enfriamiento secundario selectivamente proporcionado al mismo. Cuando el medio de enfriamiento secundario se proporciona al intercambiador de calor, por lo menos algo del medio de enfriamiento primario en la fase de gas cambia de ser recibido por el condensador pasivo al intercambiador de calor sin operar cualquiera de las válvulas ubicadas entre el evaporador y el condensador pasivo y entre el evaporador y el intercambiador de calor, y el intercambiador de calor está configurado (i) para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de gas del evaporador, (ii) para transferir calor del medio de enfriamiento primario, (iii) para cambiar la fase del medio de enfriamiento primario de gas a líquido, y (iv) para suministrar el

medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador. Cuando el medio de enfriamiento secundario no se proporciona al intercambiador de calor, el intercambiador de calor no suministra el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador. La línea de líquido fluidamente conecta el evaporador a cada uno del condensador pasivo y el intercambiador de calor para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador desde por lo menos uno del condensador pasivo y el intercambiador de calor. La bomba está ubicada en la línea de líquido y configurada para bombear el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador. El condensador pasivo está arreglado en paralelo con el intercambiador de calor con relación al flujo de fluido del medio de enfriamiento primario.

[004] En otro aspecto, la invención se relaciona a un sistema de enfriamiento que incluye un evaporador, una pluralidad de condensadores pasivos, por lo menos un intercambiador de calor, una línea de líquido y una bomba. El evaporador contiene un medio de enfriamiento primario. El evaporador está configurado para recibir un fluido de proceso y, cuando recibe el fluido de proceso, extraer calor del fluido de proceso para enfriar el fluido de proceso y para cambiar la fase del medio de enfriamiento primario de líquido a gas. Cada condensador pasivo tiene una superficie exterior y está acoplado fluidamente al evaporador. Cada condensador pasivo que está configurado para tener una corriente de aire dirigida sobre la superficie exterior del mismo, y, cuando la corriente de aire se dirige sobre la superficie exterior del condensador pasivo, el condensador pasivo está configurado (i) para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de gas desde el evaporador, (ii) para transferir calor del medio de enfriamiento primario, (iii) para cambiar la fase del medio de enfriamiento primario de gas a líquido, y (iv) suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador. El por lo menos un intercambiador de calor está acoplado fluidamente al evaporador y configurado para tener un medio de enfriamiento secundario selectivamente proporcionado al mismo. Cuando el medio de enfriamiento secundario se proporciona al por lo menos un intercambiador de calor, por lo menos algo del medio de enfriamiento primario en la fase de gas cambia de ser recibido por el condensador pasivo al por lo menos un intercambiador de calor sin operar cualquiera de las válvula ubicadas entre el evaporador y el condensador pasivo y entre el evaporador, y el intercambiador de calor y el por lo menos un intercambiador de calor está configurado (i) para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de gas desde el evaporador, (ii) para transferir calor del medio de enfriamiento primario, (iii) para cambiar la fase del medio de enfriamiento primario de gas a líquido, y (iv) para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador. Cuando el medio de enfriamiento secundario no se proporciona al por lo menos un intercambiador de calor, el

intercambiador de calor no suministra el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador. La línea de líquido fluidamente conecta el evaporador a cada condensador pasivo de la pluralidad de condensadores pasivos y el por lo menos un intercambiador de calor para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador desde por lo menos uno de la pluralidad de condensadores pasivos y el por lo menos un intercambiador de calor. La bomba ubicada en la línea de líquido y configurada para bombear el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador. Por lo menos un condensador pasivo de la pluralidad de condensadores pasivos está arreglado en paralelo con el por lo menos un intercambiador de calor con relación al flujo de fluido del medio de enfriamiento primario.

[005] Estos y otros aspectos de la invención llegarán a ser evidentes a partir de la siguiente descripción.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[006] La Figura 1 es una vista en elevación de un centro de datos de varios pisos que utiliza un sistema de enfriamiento de acuerdo con una modalidad preferida de la invención.

[007] La Figura 2 es un esquema del sistema de enfriamiento de acuerdo con una modalidad preferida de la invención que opera en un modo pasivo.

[008] La Figura 3 es un esquema del sistema de enfriamiento mostrado en la Figura 3 que opera en modo activo.

[009] La Figura 4 es un esquema de una unidad de manejo de aire de un ensamble de enfriamiento de acuerdo con una modalidad preferida de la invención.

[010] La Figura 5 es un esquema de una unidad de condensación utilizada con la unidad de manejo de aire mostrada en la Figura 4.

[011] La Figura 6 es una vista en elevación de un sistema de enfriamiento de acuerdo con una modalidad preferida de la invención.

[012] Las Figuras 7A y 7B son ejemplos de bastidores de servidores enfriados mediante un sistema de enfriamiento de inmersión utilizado en conjunción con el ensamble de enfriamiento mostrado en la Figura 1. La Figura 7A muestra un sistema de enfriamiento de inmersión de una sola fase y la Figura 7B muestra un sistema de enfriamiento de inmersión de dos fases.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS MODALIDADES PREFERIDAS

[013] La Figura 1 muestra un centro de datos 100 que tiene por lo menos un sistema de enfriamiento 200 de acuerdo con una modalidad preferida de la invención. Aunque el sistema de enfriamiento 200 se muestra y se describe en referencia a un centro de datos 100, el sistema de enfriamiento 200 no se limita a esta aplicación y se puede utilizar en otras aplicaciones de

enfriamiento adecuadas, que incluyen aquellas utilizadas para enfriar corrientes de aire con aire calentado de otras fuentes. Los componentes electrónicos tales como servidores, se pueden montar en bastidores 112. Estos bastidores 112 se pueden arreglar en hileras que forman pasillos entre los mismos. En este arreglo, un pasillo es un pasillo frío, y otro pasillo es un pasillo caliente. El aire de suministro, frio 122 del sistema de enfriamiento se dirige en el pasillo frío. El aire de suministro 122 luego pasa del pasillo frío a través de los bastidores y en el pasillo caliente. A medida que el aire pasa a través de los bastidores 112, el aire retira calor de los componentes electrónicos, enfriándolos y dando por resultado aire caliente que pasa en el pasillo caliente. Este aire luego se dirige nuevamente al sistema de enfriamiento 200 como aire de retorno, caliente 124. Los ventiladores de aire de suministro 126 (ver la Figura 5) se utilizan para retirar el aire de retorno 124 del centro de datos 100, pasar el aire de retorno 124 a través del sistema de enfriamiento 200, donde se enfría, y luego retornar el aire de retorno ahora enfriado 124 al centro de datos 100 como aire de suministro 122.

[014] El sistema de enfriamiento 200 se puede dividir en dos secciones, un controlador de aire interior 202 y una unidad de condensación exterior 204. La porción del sistema de enfriamiento 200 a través de la cual fluye el aire de retorno 124, se enfría, y se retorna como aire de suministro 122 que es referido en la presente como el controlador de aire interior 202. El centro de datos 100 mostrado en la Figura 1 es un centro de datos de varios pisos 100 que incluye una pluralidad de pisos. En esta modalidad, el centro de datos 100 tiene tres pisos: un primer piso 102, un segundo piso 104, y un tercer piso 106. El segundo piso 104 es más alto que el primer piso 102, y el tercer piso 106 es más alto que tanto el primer piso 102 como el segundo piso 104. El primer piso 102 en esta modalidad es un piso en el suelo. Cada uno del primer piso 102, segundo piso 104, y tercer piso 106 de esta modalidad incluye una pluralidad de bastidores 112 que alojan componentes electrónicos. Por lo menos un controlador de aire interior 202 está posicionado en cada uno de los pisos 102, 104, 106 para enfriar los componentes electrónicos ubicados en los bastidores 112 en el piso correspondiente.

[015] El sistema de enfriamiento 200 de esta modalidad tiene dos modos, un modo pasivo y un modo activo. El modo pasivo también puede ser referido como un modo de economización. La Figura 2 es un esquema del sistema de enfriamiento 200 en el modo pasivo, y la Figura 3 es un esquema del sistema de enfriamiento 200 en el modo activo. El sistema de enfriamiento 200 incorpora la habilidad de utilizar absorbedores de enfriamiento libres de ambiente (modo pasivo o de economización) y proporcionar enfriamiento activo cuando los absorbedores de enfriamiento libres de ambiente disponibles no están en una temperatura bastante baja para proporcionar

suficiente rechazo de calor (modo activo). Esto se realiza al incluir dos condensadores separados 210, 220 que operan en paralelo. Un condensador es referido en la presente como un condensador pasivo 210 y se utiliza en el modo pasivo (economización). El otro condensador se referido en la presente como un condensador activo 220 y se utiliza en el modo activo.

[016] El sistema de enfriamiento 200 se utiliza para enfriar un fluido de proceso que contiene calor extraído de los componentes electrónicos, tales como servidores, en los bastidores. El circuito de refrigerante primario 240 incluye un evaporador 230 térmicamente acoplado al fluido de proceso. En esta modalidad, el fluido de proceso es aire, más específicamente, el aire de retorno 124, y el evaporador 230 es una bobina y de preferencia una bobina inundada, de un paso. Cualquier bobina adecuada se puede utilizar, incluyendo, por ejemplo, las bobinas de tubo con aletas o bobinas de microcanal, tales como aquellas descritas en las Publicaciones de Solicitudes de Patente de los Estados Unidos Nos. 2018/0038660 y 2021/0368647, las descripciones de las cuales se incorporan por referencia en la presente en su totalidad. En tanto el modo pasivo como en el modo activo, el aire de retorno 124 se dirige sobre la superficie exterior del evaporador 230 por los ventiladores de aire de suministro 126. Un medio de enfriamiento primario está contenido dentro del evaporador 230. El medio de enfriamiento primario puede ser cualquier refrigerante adecuado que cambia de fase de un líquido a un gas, que incluye, por ejemplo, R-134a, y aun refrigerantes naturales tal como el agua. El medio de enfriamiento primario también puede ser referido como un refrigerante en la presente. El aire de retorno, caliente 124 evapora el medio de enfriamiento primario en el evaporador 230 a medida que pasa sobre la superficie exterior del evaporador 230. El cambio de fase del medio de enfriamiento primario de una fase de líquido a una fase de gas (o vapor) enfría el aire de retorno 124, permitiendo que sea retornado al centro de datos 100 como aire de suministro, frío 122.

[017] Como se menciona en lo anterior y se discute adicionalmente enseguida, el fluido de proceso puede ser otros fluidos adecuados, que incluyen, por ejemplo, líquidos tal como agua, mezclas de agua y glicol, y un fluido no conductivo (dieléctrico). En estas modalidades, el evaporador 230 puede ser otros intercambiadores de calor adecuados, que incluyen, por ejemplo, un intercambiador de calor de placa, un intercambiador de calor coaxial, o un intercambiador de calor de tubos y coraza.

[018] El medio de enfriamiento primario circula a través de un circuito de refrigerante primario 240 que incluye el evaporador 230. El circuito de refrigerante primario 240 incluye tubos, tuberías, conductos y los similares, para conectar fluidamente los diversos componentes del circuito de refrigerante primario 240, algunos de los cuales se muestran en las Figuras 4 y 5. Después de

ser calentado en el evaporador 230, el medio de enfriamiento primario en la fase de gas fluye a través de una tubería de vapor 250 a uno de los dos condensadores 210, 220.

[019] En el modo pasivo, mostrado en la Figura 2, el vapor viaja al condensador pasivo 210. Como con el evaporador 230, el condensador pasivo 214 de esta modalidad es una bobina, de preferencia una bobina de un paso, y cualquier bobina adecuada se puede utilizar incluyendo, por ejemplo, las bobinas de tubo (tanto con aletas como sin aletas) o bobinas de microcanal, tales como aquellas descritas en la Publicación de Solicitud de Patente de Estados Unidos No. 2018/0038660. El aire de depuración 206 se retira a través de una superficie exterior del condensador pasivo 210 por los ventiladores de depuración 208 (ver Figura 1). En esta modalidad, el aire de depuración 206 es aire ambiental retirado del ambiente externo que circunda el sistema de enfriamiento 200 y, más específicamente, la unidad de condensación 204. A medida que el aire de depuración 206 pasa sobre el condensador pasivo 210, el calor del medio de enfriamiento primario contenido en el condensador pasivo 210 se libera al aire de depuración 206, que condensa el medio de enfriamiento primario. El medio de enfriamiento primario cambia de fase de gas a líquido. El medio de enfriamiento primario luego se suministra al evaporador 230 a través de una línea de refrigerante líquido 260. El aire de depuración 206 se escapa al exterior por los ventiladores de depuración 208.

[020] Cuando las condiciones del aire ambiente no son suficientes para enfriar el aire de retorno 124 a las condiciones deseadas (por ejemplo, temperatura) para el aire de suministro 122, el sistema de enfriamiento 200 se puede operar en un modo activo mostrado en la Figura 3. En el modo activo, el medio de enfriamiento primario, en la fase de vapor, fluye hacia el condensador activo 220 a través de la tubería de vapor 250 y se condensa en un condensador activo. El condensador activo 220 está configurado para tener un medio de enfriamiento secundario selectivamente proporcionado al mismo. En el condensador activo 220, el calor se transfiere del medio de enfriamiento primario al medio de enfriamiento secundario de un sistema de enfriamiento secundario 270. El medio de enfriamiento secundario puede ser cualquier medio de refrigerante adecuado, que incluye, por ejemplo, agua enfriada (o helada) o un refrigerante de cambio de vapor utilizado en un sistema de enfriamiento de expansión directa. En algunas modalidades, una mezcla de agua y glicol se utiliza en lugar de agua sola, y de esta manera una mezcla de agua y glicol helada se puede utilizar como el medio de enfriamiento secundario. El condensador activo 220 puede ser cualquier intercambiador de calor adecuado, que incluye, por ejemplo, un intercambiador de calor de placa, un intercambiador de calor coaxial, o un intercambiador de calor de tubos y coraza. Por consiguiente, el condensador activo 220 también

puede ser referido en la presente como un intercambiador de calor (HX). A medida que el calor del medio de enfriamiento primario se rechaza al medio de enfriamiento secundario (absorbido por el medio de enfriamiento secundario), el medio de enfriamiento primario se condensa de un vapor a un líquido. Como con el condensador pasivo 210, el medio de enfriamiento primario luego se suministra al evaporador 230 a través de una línea de refrigerante líquido 260.

[021] En esta modalidad, el sistema de enfriamiento secundario 270 es un sistema de enfriamiento de expansión directa (DX) que utiliza el ciclo de refrigeración común, y el medio de enfriamiento secundario es cualquier refrigerante adecuado utilizado en tales sistemas. El sistema de enfriamiento secundario 270 incluye un compresor 272 para incrementar la presión y temperatura del medio de enfriamiento secundario antes de que se enfríe de un condensador 274. En esta modalidad, el condensador 274 del sistema de enfriamiento secundario 270 también se puede enfriar por el aire de depuración 206, y el condensador 274 del sistema de enfriamiento secundario 270 también puede ser de cualquiera de los condensadores adecuados, tales como aquellos discutidos en lo anterior para el condensador pasivo 210. El medio de enfriamiento secundario luego pasa a través de una válvula de expansión 276, que reduce su presión y temperatura, antes de fluir en el condensador activo 220.

[022] El sistema de enfriamiento 200 de preferencia opera sin el uso de válvulas para cambiar entre los modos. En esta modalidad, el condensador pasivo 210 y el condensador activo 220 están arreglados en paralelo entre sí con respecto al flujo del medio de enfriamiento primario. La tubería de vapor 250 está bifurcada tal que el medio de enfriamiento primario en la fase de gas fluye del evaporador 230 a uno del condensador pasivo 210 y el condensador activo 220. El medio de enfriamiento primario en la fase de gas naturalmente viaja a la parte más fría de los dos condensadores 210, 220 para condensarse. Durante el modo pasivo, el medio de enfriamiento primario en la fase de gas viaja al condensador pasivo 210, y, durante el modo activo, el volumen del medio de enfriamiento primario en la fase de gas viaja al condensador activo 220. De esta manera, al activar el sistema de enfriamiento secundario 270 para enfriar el condensador activo 220, el sistema de enfriamiento 200 automáticamente cambia del modo pasivo al modo activo, y al desactivar el sistema de enfriamiento secundario 270, el sistema de enfriamiento 200 cambia nuevamente al modo pasivo. Cuando la temperatura ambiente no es bastante baja para proporcionar suficiente rechazo de calor, el sistema de enfriamiento secundario 270 se activa y por lo menos algo del medio de enfriamiento primario en la fase de gas cambia de ser recibido por el condensador pasivo 210 al condensador activo 220 sin operar cualquiera de las válvulas ubicadas entre el evaporador y el condensador pasivo y entre el evaporador y el intercambiador

de calor. En el modo pasivo, el sistema de enfriamiento secundario 270 no se activa y el medio de enfriamiento secundario no se proporciona al condensador activo 220. En el modo pasivo, el condensador activo 220 no suministra el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador 230. En el modo activo, algo del medio de enfriamiento primario puede condensarse aún en el condensador pasivo 210.

[023] Como se menciona en lo anterior, después de ser condensado en ya sea el condensador pasivo 210 o en el condensador activo 220, el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido se suministra del evaporador 230 a través de una línea de refrigerante líquido 260. El condensador pasivo 210 y el condensador activo 220 ambos están acoplados fluidamente a una línea de refrigerante líquido común 260 (también referida como una línea de líquido). Una bomba 280 está ubicada en la línea de refrigerante líquido 260 y configurada para bombear el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador. El uso de una bomba 280 permite al sistema de enfriamiento 200 ser utilizado en configuraciones que no son conducentes al uso de circulación natural y gravedad, tal como las condiciones donde los condensadores no se pueden colocar bastante altos para proporcionar cabeza de presión suficiente para soportar el flujo del medio de enfriamiento primario en el circuito de refrigerante primario 240. Tales configuraciones incluyen, por ejemplo, el centro de datos de varios pisos 100 mostrado en la Figura 1. El techo del centro de datos 100 no puede tener suficiente espacio y/o resistencia para soportar todas las unidades de condensación 204 necesarias para enfriar suficientemente los bastidores 112 del centro de datos 100. La unidad de condensación 204, que incluye el condensador pasivo 210 y el condensador activo 220, se puede colocar en el suelo, tal como a lo largo del perímetro del centro de datos 100, y la bomba 280 luego puede suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador 230 ubicado en un piso, tal como el segundo piso 104 o el tercer piso 106, que está en una elevación más alta que el condensador pasivo 210 y el condensador activo 220.

[024] En la modalidad mostrada en las Figuras 2 y 3, el sistema de enfriamiento 200 incluye uno de cada uno del condensador pasivo 210, el condensador activo 220, y el evaporador 230. Pero en algunas modalidades, se puede utilizar una pluralidad de cada uno de estos componentes, tal como en el sistema de enfriamiento 200 mostrado en las Figuras 4 y 5. Las Figuras 4 y 5 son esquemas de un sistema de enfriamiento 200 que tiene una pluralidad de condensadores pasivos 210, los condensadores activos 220, y los evaporadores 230. La Figura 4 muestra el controlador de aire interior 202 y la Figura 5 muestra la unidad de condensación 204 del sistema de enfriamiento 200 de esta modalidad.

[025] El sistema de enfriamiento 200 puede incluir una pluralidad de circuitos de refrigerante primario 240. En esta modalidad, el sistema de enfriamiento 200 incluye dos circuitos de refrigerante primario 240, un primer circuito de refrigerante primario 242 y un segundo circuito de refrigerante primario 244. Como se muestra en la Figura 4, cada uno del primer circuito de refrigerante primario 242 y el segundo circuito de refrigerante primario 244 incluye por lo menos un evaporador 230. En esta modalidad, el primer circuito de refrigerante primario 242 incluye dos primeros evaporadores 232, y el segundo circuito de refrigerante primario 244 incluye dos segundos evaporadores 234. Los primeros evaporadores 232 están arreglados en paralelo con relación al aire de retorno 124 y están conectados a tanto a una primera tubería de vapor común 252 como a una primera línea de refrigerante líquido común 262. Del mismo modo, los segundos evaporadores 234 están arreglados en paralelo con relación al aire de retorno 124 y están conectados a tanto una segunda tubería de vapor común 254 como a una segunda línea de refrigerante líquido común 264. Con relación al aire de retorno 124, cada primer evaporador 232 está arreglado en serie con uno de los segundos evaporadores 234. El aire de retorno 124 se dirige a través del segundo evaporador 234 antes de ser dirigido a través del primer evaporador 232.

[026] La unidad de condensación 204 mostrada en la Figura 5 incluye cuatro circuitos, un primer circuito (Circuito 1), un segundo circuito (Circuito 2), un tercer circuito (Circuito 3), y un cuarto circuito (Circuito 4). Aunque la unidad de condensación 204 se describe en la presente por tener cuatro circuitos, se puede utilizar cualquier número adecuado de circuitos. Además, aunque descrito con componentes específicos en cada uno de estos cuatro circuitos (por ejemplo, condensadores pasivos 210 y condensadores activos 220), varios arreglos y cantidades de estos componentes se contemplan para estar dentro del alcance de la invención.

[027] Como se muestra en la Figura 5, el primer circuito de refrigerante primario 242 incluye una pluralidad de primeros condensadores pasivos 212. En esta modalidad, el primer circuito de refrigerante primario 242 incluye seis primeros condensadores pasivos 212. Los primeros condensadores pasivos 212 están conectados en paralelo entre sí y los primeros evaporadores 232 están conectados fluidamente a cada uno de los primeros condensadores pasivos 212 mediante la primera tubería de vapor común 252 y la primera línea de refrigerante líquido común 262. Dos de los primeros condensadores pasivos 212 están ubicados en cada uno del primero, segundo y tercer circuitos.

[028] El primer circuito de refrigerante primario 242 también incluye tres primeros condensadores activos 222. Uno de cada uno de los tres primeros condensadores activos 222

está ubicado en cada uno del primero, segundo y tercer circuitos. En esta modalidad, cada uno de los sistemas de enfriamiento secundarios 270 incluye dos condensadores 274 conectados en paralelo entre sí. Los condensadores 274 están ubicados en el mismo circuito como el primer condensador activo correspondiente 222. Observar que el compresor 272 está etiquetado en la Figura 5, pero por claridad de la válvula de expansión 276 no está etiquetado. Los primeros condensadores activos 222 están conectados en paralelo entre sí y también en paralelo con cada uno de los primeros condensadores pasivos 212. Los primeros evaporadores 232 también están conectados fluidamente a cada uno de los primeros condensadores activos 222 mediante la primera tubería de vapor común 252 y la primera línea de refrigerante líquido común 262.

[029] El segundo circuito de refrigerante primario 244 también incluye una pluralidad de segundos condensadores pasivos 214. En esta modalidad, el segundo circuito de refrigerante primario 244 incluye seis segundos condensadores pasivos 214. Los segundos condensadores pasivos 214 están conectados en paralelo entre sí, y los segundos evaporadores 234 y están conectados fluidamente a cada uno de los segundos condensadores pasivos 214 por la segunda tubería de vapor común 254 y la segunda línea de refrigerante líquido común 264. Dos de los segundos condensadores pasivos 214 están ubicados en cada uno del primero, segundo y tercer circuitos.

[030] En esta modalidad, el segundo circuito de refrigerante primario 244 incluye un segundo condensador activo 224 ubicado en paralelo con los seis segundos condensadores pasivos 214. El segundo condensador activo 224 también está conectado fluidamente a los segundos evaporadores 234 mediante la segunda tubería de vapor común 254 y la segunda línea de refrigerante líquido común 264. El segundo condensador activo 224 del segundo circuito de refrigerante primario 244 está ubicado en el cuarto circuito. El cuarto circuito incluye el segundo condensador activo 224 y su sistema de enfriamiento secundario correspondiente 270, pero no incluye cualquiera de los segundos condensadores pasivos 214. Cada uno de los cuatro circuitos de esta manea incluye un sistema de enfriamiento secundario 270.

[031] Los arreglos de cada uno del primero, segundo y tercer circuitos son similares entre sí. La siguiente descripción del primer circuito aplica igualmente al segundo y tercer circuito. Los condensadores 212, 214, 222 en el primer circuito están arreglados en dos conjuntos, un primer conjunto de condensadores y un segundo conjunto de condensadores. El aire de depuración 206 puede ser conducido sobre las superficies exteriores de cada uno de los conjuntos de condensadores mediante los ventiladores de depuración 208. El primer conjunto de condensadores y el segundo conjunto de condensadores están arreglados en paralelo entre sí

con relación al flujo de aire con respecto al aire de depuración 206. Cada uno del primero conjunto de condensadores y el segundo conjunto de condensadores contiene uno de cada uno del primer condensador pasivo 212 del primer circuito de refrigerante primario 242, el segundo condensador pasivo 212 del segundo circuito de refrigerante primario 244, y el condensador 274 del sistema de enfriamiento secundario 270.

[032] Los condensadores 212, 212, 274 están arreglados en serie con relación al flujo de aire con respecto al aire de depuración 206. El aire de depuración 206 se retira mediante los ventiladores de depuración 208 del primer circuito a través de uno de los condensadores como sigue. El aire de depuración 206 es aire ambiente retirado del ambiente externo que circunda la unidad de condensación 204 y primero se pasa a través del primer condensador pasivo 212 del primer circuito de refrigerante primario 242. Enseguida, el aire de depuración 206 se pasa a través del segundo condensador pasivo 212 del segundo circuito de refrigerante primario 244. Luego, el aire de depuración 206 pasa a través del condensador 274 del sistema de enfriamiento secundario 270 antes de ser liberado al exterior mediante los ventiladores de depuración 208. Cada uno de los ventiladores de depuración 208 pueden ser independientemente variables o por lo menos variables entre diferentes circuitos. Este arreglo de condensadores 212, 212, 274 en el primer circuito permite un diseño de contraflujo. El medio de enfriamiento primario en el primer circuito de refrigerante primario 242 es más frío que el medio de enfriamiento primario en el segundo circuito de refrigerante primario 244. De esta manera, el aire de depuración más frio 206 pasa a través del condensador más frío (el primer condensador pasivo 212) primero, y luego, después de ser calentado por los primeros condensadores pasivos 212, el aire de depuración 206 pasa a través del segundo condensador pasivo más caliente 214.

[033] El sistema de enfriamiento 200 mostrada en las Figuras 4 y 5, similar al sistema de enfriamiento 200 discutido en lo anterior con referencia a las Figuras 2 y 3, de preferencia no utiliza válvulas en el primer circuito de refrigerante primario 242 y el segundo circuito de refrigerante primario 244 para cambiar entre los modos activo y pasivo. En cambio, al activar el sistema de enfriamiento secundario 270 para enfriar los primeros condensadores activos 222 y/o el segundo condensador activo 224, el medio de enfriamiento primario en la fase de gas naturalmente viaja al condensador activo más frío (los primeros condensadores activos 222 y/o el segundo condensador activo 224) para condensarse, y el sistema de enfriamiento 200, a través de fuerzas termodinámicas, se mueve de modo pasivo a modo activo.

[034] Cuando las temperaturas ambientales son bastante bajas, todos los circuitos pueden estar operando en el modo pasivo (economización), y la velocidad de los ventiladores de depuración

208 se puede ajustar para ayudar a controlar la temperatura del aire de suministro 122 a un punto de ajuste deseado. Sí la temperatura del aire de suministro 122 está arriba del punto de ajuste y el gasto de flujo del aire de depuración 206 está en su máximo, por lo menos un sistema de enfriamiento secundario 270 se puede acoplar y el medio de enfriamiento secundario suministrado a por lo menos uno de los primeros condensadores activos 222 o el segundo condensador activo 224. En el sistema de enfriamiento 200 mostrado en las Figuras 4 y 5, el sistema de enfriamiento secundario 270 se puede poner en etapa de encendido por los circuitos, como es necesario, para mantener la temperatura del aire de suministro 122 en el punto de ajuste. Aunque el sistema de enfriamiento secundario 270 de los circuitos se puede poner en etapa de encendido en diferentes secuencias, un procedimiento es poner en etapa de encendido los sistemas de enfriamiento secundario 270 sucesivamente, como es necesario, en el orden del primer circuito, luego el segundo circuito, luego el tercer circuito, y luego el cuarto circuito. De esta manera, en esta modalidad, los sistemas de enfriamiento secundarios 270 del primer circuito de refrigerante primario 242 se puede poner en etapa de encendido antes del sistema de enfriamiento secundario 270 del segundo circuito de refrigerante primario 244. Sí la temperatura del aire de suministro 122 está abajo del punto de ajuste, un sistema de enfriamiento secundario 270 se puede desactivar, por ejemplo, en el orden opuesto como los circuitos se ponen en etapa de encendido.

[035] Si la temperatura del aire de suministro 122 está abajo del punto de ajuste y todos los sistemas de enfriamiento secundarios 270 (modos de enfriamiento activos) están apagados con la velocidad de ventilador con respecto a los ventiladores de depuración 208 en un mínimo, los ventiladores de depuración 208 se pueden poner en etapa de apagado como es necesario para mantener la temperatura del aire de suministro 122 en el punto de ajuste. En un caso donde todos excepto uno de los ventiladores de depuración 208 están apagados, únicamente uno del primer circuito de refrigerante primario 242 y el segundo circuito de refrigerante primario 244 se puede operar. Como es discutido enseguida, cada uno del primer circuito de refrigerante primario 242 y el segundo circuito de refrigerante primario 244 incluye una bomba 280, específicamente una primera bomba 282 y una segunda bomba 284, respectivamente, para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido a los primeros evaporadores 232 y los segundos evaporadores 234. La operación de únicamente uno del primer circuito de refrigerante primario 242 o el segundo circuito de refrigerante primario 244 se puede lograr al operar únicamente una de la primera bomba 282 o la segunda bomba 284. Cuando la bomba 282, 284 no está operando, se desactiva el circuito correspondiente 242, 244.

[036] La primera bomba 282 y la segunda bomba 284 también se pueden utilizar para ayudar a regular el sistema de enfriamiento 200. Cada una de la primera bomba 282 y la segunda bomba 284 se puede configurar para controlar de manera precisa el nivel de líquido (cantidad de medio de enfriamiento primario en la fase de líquido) en los primeros evaporadores 232 y segundos evaporadores 234, respectivamente, y mantener una temperatura deseada del vapor que deja cada evaporador 232, 234. Por ejemplo, cada una de las bombas 282 y la segunda bomba 284 puede ser una bomba de velocidad variable y el control de la velocidad de la bomba 282, 284 controla la cantidad de medio de enfriamiento primario suministrado a los primeros evaporadores 232 y los segundos evaporadores 234. La utilización de la primera bomba 282 y la segunda bomba 284 de tal manera permite al medio de enfriamiento primario circular de manera eficiente a través del primer circuito de refrigerante primario 242 y el segundo circuito de refrigerante primario 244 para un amplio intervalo de cargas de calor y condiciones de aire ambiental. El ajuste de la velocidad de la bomba 282, 284 se puede utilizar para prevenir que demasiado líquido 204 entre a los evaporadores 232, 234 (por ejemplo, inundación del evaporador 232, 234), que podría inhibir el flujo de vapor afuera del evaporador 232, 234. Además, el ajuste de la velocidad de la bomba 282, 284 se puede utilizar para prevenir que muy poco líquido entre a los evaporadores 232, 234 (por ejemplo, escaseando al evaporador 232, 234), que podría inhibir la condensación efectiva y eficiente en los condensadores 212, 214, 222, 224. Tales consideraciones, y control de velocidad para la bomba 282, 284, pueden ser particularmente relevante donde el controlador de aire interior 202 y la unidad de condensación 204 están separadas, ya que mayores distancias requieren cantidades más grandes del medio de enfriamiento primario, además exacerbando los problemas discutidos en lo anterior tal como inundación.

[037] Varios procedimientos se pueden utilizar para ajustar la velocidad de las bombas 282, 284 y de esta manera la cantidad de líquido que fluye en los evaporadores 232, 234. Por ejemplo, la velocidad de las bombas 282, 284 puede estar en base a la absorción de calor en el evaporador 232, 234, rechazo de calor del aire de retorno 124/aire de suministro 122, rechazo de calor en los condensadores 212, 214, 222, 224, absorción de calor por el aire de depuración 206, o supercalor del vapor. Estos factores para controlar la velocidad de las bombas 282, 284 se pueden medir como es descrito en la Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 2021/0368647, la descripción de la cual se incorpora por referencia en la presente en su totalidad.

[038] Un controlador 290 se puede utilizar para operar el sistema de enfriamiento 200. En esta modalidad, el controlador 290 es un controlador en base a microprocesador que incluye un procesador 292 para realizar varias funciones discutidas en la presente y una memoria 294 para

almacenar varios datos. El controlador 290 también puede ser referido como un CPU. En algunas modalidades, el control del sistema de enfriamiento 200 se puede implementar por medio de una serie de instrucciones almacenadas en la memoria 294 y ejecutadas por el procesador 292.

[039] El controlador 290 se puede acoplar comunicativamente a varios sensores de temperatura ("TS") 296 para monitorear la temperatura de varios ambientes. El controlador 290 se configura para recibir información de temperatura, tal como la temperatura, de los sensores de temperatura 296. Como se muestra en la Figura 4, por ejemplo, un sensor de temperatura 296 se utiliza para monitorear la temperatura del aire de suministro 122, que permite al sensor de temperatura 296 transmitir (y al controlador 290 recibir) tal como la temperatura del aire de suministro 122. Un sensor de temperatura 296 también se puede utilizar para monitorear la temperatura del aire de retorno 124. Otros sensores de temperatura 296 se pueden utilizar para monitorear otras condiciones tal como el sensor de temperatura 296 posicionado para monitorear la temperatura del aire ambiental (temperatura del aire de depuración 206), como se muestra en la Figura 5. Otros sensores de temperatura 296 y otros sensores se pueden utilizar para medir varios parámetros del sistema de enfriamiento 200 y de cada uno del primer circuito de refrigerante primario 242, segundo circuito de refrigerante primario 244 y sistemas de enfriamiento secundarios 270. Por ejemplo, los sensores de circuito pueden medir la temperatura y presión del medio de enfriamiento primario en cada circuito utilizando un sensor de temperatura y un sensor de presión, respectivamente.

[040] El controlador 290 también puede ser comunicativamente y operativamente acoplado a otros componentes del sistema de enfriamiento 200 y utilizado para controlar estos componentes también. Por ejemplo, los ventiladores de aire de suministro 126 y los ventiladores de depuración 208 se pueden acoplar comunicativamente y operativamente al controlador 290, y de esta manera el controlador 290 se puede utilizar para operar los ventiladores de aire de suministro 126 y los ventiladores de depuración 208 como es discutido en lo anterior. El controlador 290 también puede ser comunicativamente y operativamente acoplado al sistema de enfriamiento secundario 270 de cada circuito y utilizado para encender o apagar (activar o desactivar) el sistema de enfriamiento secundario 270, como es discutido en lo anterior. Además, el controlador 290 puede ser comunicativamente y operativamente acoplado a la primera bomba 282 y la segunda bomba 284 para controlar la operación de cada una de la primera bomba 282 y la segunda bomba 284, como es discutido en la presente.

[041] Como se menciona en lo anterior, cada uno de los primeros condensadores pasivos 212 y los primeros condensadores activos 222 pueden suministrar el medio de enfriamiento primario

en la fase de líquido a la primera línea de refrigerante líquido común 262. Del mismo modo, cada uno de los segundos condensadores pasivos 214 y el segundo condensador activo 224 pueden suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido a la segunda línea de refrigerante líquido común 264. Como se muestra en la Figura 5, la primera línea de refrigerante líquido común 262 incluye una primera bomba 282 y la segunda línea de refrigerante líquido común 264 incluye una segunda bomba 284. La primera bomba 282 está posicionada corriente abajo de cada uno de los primeros condensadores pasivos 212 y los primeros condensadores activos 222, y la segunda bomba 284 está posicionada corriente debajo de los segundos condensadores pasivos 214 y el segundo condensador activo 224. La primera bomba 282 y la segunda bomba 284 están posicionadas corriente arriba de los primeros evaporadores 232 y los segundos evaporadores 234, respectivamente. Cada una de la primera bomba 282 y la segunda bomba 284 están configurada para bombear el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido a los primeros evaporadores 232 y los segundos evaporadores 234, respectivamente.

[042] Como se menciona en lo anterior y mostrado en la Figura 1, la unidad de condensación 204 está posicionada más abajo que el controlador de aire interior 202, y de esta manera los primeros condensadores pasivos 212, los segundos condensadores pasivos 214, los primeros condensadores activos 222 y el segundo condensador activo 224 están posicionados más abajo que los primeros evaporadores 232 y los segundos evaporadores 234. Más específicamente, cada uno de los condensadores 212, 214, 222, 224 incluye una salida 266 (ver la Figura 5) fluidamente conectada a la primera línea de refrigerante líquido común 262, o la segunda línea de refrigerante líquido común 264 y configurada para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido. Cada uno de los primeros evaporadores 232 y los segundos evaporadores 234 también incluye una entrada 268 (Figura 4) fluidamente conectada a la primera línea de refrigerante líquido común 262 o a la segunda línea de refrigerante líquido común 264. Las entradas 268 están conectadas fluidamente a las salidas correspondientes 266 por la primera línea de refrigerante líquido común 262 o la segunda línea de refrigerante líquido común 264, y configuradas para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido. Como se ilustra en la Figura 1, las entradas 268 están ubicadas en una elevación más alta que la salida 266. En esta configuración, la circulación natural y gravedad no producen presión suficiente para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido desde los condensadores 212, 214, 222, 224. Las entradas 268 de los primeros evaporadores 232 y los segundos evaporadores 234 están ubicadas en una elevación donde la gravedad y circulación natural no son suficientes para mover el medio de enfriamiento primario desde las salidas 266 de los condensadores 212,

214, 222, 224 a las entradas 268. En cambio, la primera bomba 282 y la segunda bomba 284 se utilizan para proporcionar la presión para conducir el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido. El uso de la primera bomba 282 y la segunda bomba 284 de esta manera permite configuraciones adicionales para el sistema de enfriamiento 200 que no están disponibles cuando se dispone solamente de la circulación natural y gravedad.

[043] Puede haber otras configuraciones donde las entradas 268 de los primeros evaporadores 232 y los segundos evaporadores 234 están ubicadas en una elevación donde la gravedad y circulación natural no son suficientes para mover el medio de enfriamiento primario desde las salidas 266 de los condensadores 212, 214, 222, 224 a las entradas 268. En una configuración que opera sin el uso de bombas (por ejemplo, primera bomba 282 y segunda bomba 284), la elevación de los condensadores 212, 214, 222, 224 con relación a los evaporadores 232, 234 y, más específicamente, la diferencia en elevación entre las salidas 266 y las entradas 268, proporciona la fuerza hidráulica máxima disponible para conducir el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido a los evaporadores 232, 234. Esta fuerza hidráulica debe ser suficiente para superar la resistencia (caída de presión) al flujo del medio de enfriamiento primario dentro del circuito de refrigerante primario 240 (por ejemplo, cada uno del primero circuito de refrigerante primario 242 y el segundo circuito de refrigerante primario 244) con el fin de circular el medio de enfriamiento primario dentro del circuito de refrigerante primario 240 mediante circulación natural y gravedad. Donde la presión disponible (fuerza hidráulica) debido a la elevación es menor que la caída de presión del sistema (circuito de refrigerante primario 240), el sistema no operará mediante circulación natural y gravedad y las opciones disponibles en tales situaciones incluyen incrementar el tamaño de la tubería o reducir el flujo de masa del sistema. El incremento del tamaño de tubería, sin embargo, aumenta el costo de instalación e incrementa la carga de refrigerante requerida, y reduciendo el flujo de masa se reduce la capacidad de rechazo de calor del sistema. En tales situaciones, las modalidades que utilizan una bomba 280 discutidas en la presente pueden ser preferidas.

[044] Las siguientes tablas ilustran ejemplos del segundo circuito de refrigerante primario 244 que muestra elevaciones donde se pueden preferir las modalidades discutidas en la presente. La Tabla 1 muestra la caída de presión del sistema en pies (metros) lineales equivalentes de tubería para dos diferentes flujos de masa: un flujo de masa que proporciona 400 kW de capacidad de rechazo de calor y un flujo de masa que proporciona 300 kW de capacidad de rechazo de calor. Una longitud recta de la tubería tiene una caída de presión por pie lineal de la tubería, y los otros componentes en el sistema, tales como codos, secciones en T, los serpentines de condensación,

los serpentines evaporadores, etc., también se pueden convertir en pies (metros) lineales equivalentes de tubería (ver, por ejemplo, la tabla 14,7 del Copper Development Association Inc., Design Handbook). El total luego se adiciona para llegar a los pies (metros) lineales equivalentes totales para el segundo circuito de refrigerante primario 244 mostrado en la Tabla 1. Los siguientes ejemplos se utiliza R-134a como medio de enfriamiento primario. El diámetro de la segunda tubería de vapor común 254 es 10 cm (cuatro pulgadas), y el diámetro de la segunda línea de refrigerante líquido común 264 es 5 cm (dos pulgadas). La Tabla 2 muestra la fuerza hidráulica disponible para diferentes diferencias de elevación.

Tabla 1

Pies (Metros) Lineales Equivalentes	**Caída de Presión (PSI (kPa))**	
	400 kW de Rechazo de Calor	**300 kW de Rechazo de Calor**
50 (15)	3,1 (21,3)	2,7 (18,6)
75 (23)	3,3 (22,8)	2,8 (19,3)
100 (30)	3,5 (24,1)	2,9 (20,0)
125 (38)	3,6 (24,8)	3,0 (20,7)
150 (46)	3,7 (25,5)	3,1 (21,3)
175 (53)	3,9 (26,9)	3,2 (22,1)
200 (61)	4,0 (27,6)	3,3 (22,8)
225 (69)	4,2 (29,0)	3,3 (22,8)
250 (76)	4,3 (29,6)	3,4 (23,4)
275 (84)	4,5 (31,0)	3,5 (24,1)
300 (91)	4,6 (31,7)	3,6 (24,8)

Tabla 2

Separación Vertical (Pies)	**Fuerza Hidráulica Disponible (PSI (KPa))**
4 (1,2)	3,1 (21,4)
6 (1,8)	4,2 (29,0)
8 (2,4)	5,2 (35,9)
10 (3,0)	6,2 (42,7)

[045] Como se puede observar al comparar la fuerza hidráulica disponible (Tabla 2) con la caída

de presión (Tabla 3), una separación vertical de 2,4 m (ocho pies) o 3,0 m (diez pies) proporciona presión suficiente para el sistema (segundo circuito de refrigerante primario 244) para operar mediante circulación natural y gravedad para sistemas que tienen pies lineales equivalentes de aún 91 m (300 pies). Del mismo modo, una separación vertical de 1,8 m (seis pies) proporciona presión suficiente para el sistema (segundo circuito de refrigerante primario 244) para operar mediante circulación natural y gravedad para sistemas que tienen pies lineales equivalentes de aún 91 m (300 pies) con un flujo de masa para 300 kW en el rechazo de calor. En contraste, las modalidades discutidas en la presente se pueden utilizar donde la fuerza hidráulica disponible no es suficiente. Como se puede observar de las Tablas 1 y 2 anteriores, en un sistema de rechazo de calor de 300 kW, las modalidades discutidas en la presente se pueden utilizar cuando la separación vertical es de 1,2 m (cuatro pies) y el circuito de refrigerante primario 240 tiene una caída de presión de 46 m (150 pies) lineales equivalentes o más. De manera similar, en un sistema de rechazo de calor de 400 kW, las modalidades discutidas en la presente se pueden utilizar cuando la separación vertical es de 1,8 m (seis pies) y el circuito de refrigerante primario 240 tiene una caída de presión para 69 m (225 pies) lineales equivalentes o más y, más de preferencia cuando un factor de seguridad (0,5 PSI (3,4 kPa)), 46 m (150 pies) lineales equivalentes o más. En algunos casos, particularmente con la aplicación de un factor de seguridad (0,5 PSI (3,4 kPa)), las modalidades discutidas en la presente se pueden utilizar cuando la separación vertical es de 1,2 m (cuatro pies) o menos, sin considerar los pies lineales equivalentes.

[046] Por otra parte, dependiendo de la circulación natural y gravedad, sí los condensadores 212, 214, 222, 224 y evaporadores 232, 234 se posicionan apropiadamente, el sistema puede utilizar la primera línea de refrigerante líquido común 262 relativamente grande y la segunda línea de refrigerante líquido común 264 para reducir la caída de presión de la primera línea de refrigerante líquido común 262 y la segunda línea de refrigerante líquido común 264, para de esta manera dar por resultado una cantidad relativamente grande de medio de enfriamiento primario en cada uno del primer circuito de refrigerante primario 242 y el segundo circuito de refrigerante primario 244. Sin las bombas 280, el tamaño de línea puede ser aproximadamente 5,40 cm (dos 2 1/8 pulgadas), pero con una bomba 280, el tamaño de línea se puede reducir a aproximadamente 3,49 cm (1 3/8 pulgadas). Con las reducciones correspondientes en la primera línea de refrigerante líquido común 262 y la segunda línea de refrigerante líquido común 264, la carga de refrigerante del medio de enfriamiento primario se puede reducir hasta por cuarenta por ciento dependiendo de la longitud de línea de interconexión. La línea de interconexión es las

porciones de las tuberías de vapor 252, 254 y las líneas de refrigerante líquido 262, 264 entre el controlador de aire interior 202 y la unidad de condensación 204.

[047] Otro beneficio de utilizar las bombas, tal como la bomba 280, es que el sistema bombeado facilita la combinación del controlador de aire interior 202 y la unidad de condensación 204 en una sola unidad que se puede dimensionar para ser transportada a través de la carretera. La Figura 6 muestra un sistema de enfriamiento 300 que se combina en una sola unidad y se dimensiona para el transporte en carretera. El sistema de enfriamiento 300 se puede configurar y operar de manera similar al sistema de enfriamiento 200 discutido en lo anterior. Los números de referencia similares en la Figura 6, se refieren a los mismos o similares componentes como el sistema de enfriamiento 200 discutido en lo anterior, y una descripción detallada de esos componentes se omite aquí. Además, para simplicidad, algunos componentes, tal como el sistema de enfriamiento secundario 270 se omiten aquí, pero el sistema de enfriamiento 300 puede tener cada uno de los componentes discutidos en lo anterior. El uso de la bomba 280 permite a los condensadores pasivos 210 ser ubicados en un nivel similar como el evaporador 230 sin una diferencia de elevación que sería requerida sí la circulación natural y la gravedad estuviera conduciendo el flujo del medio de enfriamiento primario a través del circuito de refrigerante primario 240. De esta manera, la altura total se puede reducir a alturas aceptables para el transporte sobre la carretera, tales como 386 cm (152 pulgadas), por ejemplo. Por consiguiente, el evaporador 230 y los condensadores pasivos 210 se pueden posicionar con relación entre sí tal que la altura total de la única unidad es 4,27 m (14 pies) o menos, tal como 4,11 m (13,5 pies) o menos, o 3,96 m (13 pies) o menos. En estas modalidades los condensadores activos 220 también se pueden posicionar con relación al evaporador 230 y los condensadores pasivos 210 para permitir a la altura total con una altura aceptable para el transporte a través de la carretera.

[048] A través del transporte en carretera de un solo sistema unitario (sistema de enfriamiento 300) puede ser ventajoso ya que permite a la unidad ser construida en fábrica con una sola unidad y reduce el ensamblaje requerido en el sitio donde será utilizado el sistema de enfriamiento 300. El sistema de enfriamiento 300 de esta manera se puede cargar y probar para el despliegue más rápido y control de calidad mejorado. Este sistema luego se puede conectar a los bastidores 112 que son enfriados por un conducto de fluido adecuado, tales como conductos de aire (no mostrados) a los cuartos que contienen los bastidores 112, en esta modalidad. El sistema de enfriamiento 300 de esta manera incluye una entrada de fluido de proceso y una salida de fluido de proceso. Cada una de la entrada de fluido de proceso y una salida de fluido de proceso están

conectadas fluidamente al evaporador 230 para proporcionar el fluido de proceso y recibir el fluido de proceso enfriado del evaporador 230. En esta modalidad, el sistema de enfriamiento 300 incluye la abertura de aire de suministro 302 y una abertura de aire de retorno 304, que se pueden conectar a los conductos para transportar el aire de suministro 122 y el aire de retorno 124, respectivamente.

[049] El único sistema unitario (sistema de enfriamiento 300) tiene beneficios adicionales, que incluyen, por ejemplo, una carga de medio de enfriamiento primario (refrigerante) reducida debido a que la cantidad de tubería se puede reducir, por ejemplo, omitiendo la tubería de interconexión. El único sistema unitario (sistema de enfriamiento 300) puede proporcionar flexibilidad adicional en la configuración del centro de datos 100 ya que diferentes configuraciones de conducto pueden adaptarse más radicalmente al arreglo y configuración del centro de datos 100 en es comparado con las tuberías tal como la tubería de vapor 250 y la línea de refrigerante líquido 260, como es discutido en lo anterior. Por otra parte, el movimiento del controlador de aire interior 202 a una posición que está exterior al centro de datos 100 permite espacio adicional en cada uno de los pisos 102, 104, 106, que se puede utilizar para varios propósitos, que incluye permitir bastidores adicionales 112.

[050] En algunas modalidades, el circuito de refrigerante primario 240 (por ejemplo, cada uno del primer circuito de refrigerante primario 242 y el segundo circuito de refrigerante primario 244) puede incluir un receptor de refrigerante 246, como se muestra en las Figuras 1 y 6. El receptor de refrigerante 246 está conectado fluidamente a cada una de la primera línea de refrigerante líquido común 262 y la segunda línea de refrigerante líquido común 264 corriente abajo de las salidas 266 de los condensadores 212, 214, 222, 224 y corriente arriba de la primera bomba 282 o la segunda bomba 284, respectivamente. De preferencia, el receptor de refrigerante 246 está ubicado en una elevación que es verticalmente menor que el fondo del condensador(es) activo 222, 224 de modo que el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido naturalmente fluye al receptor de refrigerante 246.

[051] El receptor de refrigerante 246 se puede utilizar cuando el circuito de refrigerante primario 240 está operando en el modo activo. Cada uno de los primeros condensadores pasivos 212 y los segundos condensadores pasivos 214 pueden tener significativamente más volumen que cada uno de los primeros condensadores activos 222 y los segundos condensadores activo 224. Cuando se opera en el modo activo, el medio de enfriamiento primario en exceso se puede presentar debido al volumen reducido de los primeros condensadores activos 222 y el segundo condensador activo 224. El receptor del refrigerante 246 se puede utilizar para acumular este

medio de enfriamiento primario en exceso y para prevenir al medio de enfriamiento primario de retroceder en los primeros condensadores activos 222 o el segundo condensador activo 224. Tal retroceso podría reducir la eficiencia del rechazo de calor en los primeros condensadores activos 222 o en el segundo condensador activo 224. En algunas modalidades, el receptor de refrigerante 246 de esta manera se puede utilizar para recolectar el medio de enfriamiento primario en exceso cuando el circuito de refrigerante primario 240 (por ejemplo, cada uno del primero circuito de refrigerante primario 242 y el segundo circuito de refrigerante primario 244) está operando con por lo menos uno de los circuitos en el modo activo. El receptor de refrigerante 246 está configurado para recibir el medio de enfriamiento primario en exceso cuando el evaporador 230 está recibiendo el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido desde por lo menos uno de los primeros condensadores activos 222 o el segundo condensador activo 224.

[052] El receptor de refrigerante 246 puede ser cualquier receptor de refrigerante adecuado. Adicionalmente o alternativamente, el receptor de refrigerante 246 puede ser una tubería sobre dimensionada (tal como una porción sobre dimensionada de la primera línea de refrigerante líquido común 262 o la segunda línea de refrigerante líquido común 264) que está dimensionada apropiadamente para contener el medio de enfriamiento primario en exceso.

[053] El fluido de proceso enfriado por el sistema de enfriamiento 200 en el ejemplo discutido en lo anterior es aire (por ejemplo, aire de retorno 124). En estas discusiones previas, el aire (fluido de proceso) se dirige sobre los bastidores 112 que contienen electrónica y se calienta antes de ser dirigido sobre un evaporador 230 (aire de retorno 124) para ser enfriado. Los sistemas de enfriamiento 200 descritos en la presente no se limitan al aire de enfriamiento, sin embargo, y se pueden utilizar para enfriar cualquier fluido adecuado. El fluido de proceso puede incluir, por ejemplo, líquidos tal como agua, mezclas de agua y glicol, y un fluido no conductivo (dieléctrico). En las modalidades discutidas en lo anterior, donde el fluido de proceso es aire, el evaporador 230 fue adecuadamente una bobina de microcanal o bobina de tubo con aletas. Cuando el fluido de proceso es un líquido en lugar de un vapor (gas), se puede utilizar otros evaporadores adecuados 230, que incluye, por ejemplo, una placa fría de microcanal, un intercambiador de calor de placa, un intercambiador de calor coaxial, o un intercambiador de calor de tubos y coraza.

[054] Cuando el fluido de proceso es un líquido, por ejemplo, el fluido de proceso se puede circular en un circuito de fluido de proceso mediante una bomba. El fluido de proceso se puede configurar para recibir calor de una carga de calor tal como el equipo electrónico almacenado en el bastidor 112. En algunas modalidades, el circuito de fluido de proceso puede incluir un

intercambiador de calor de aire a líquido y el aire calentado (tal como el aire en el bastidor 112) se pasa a través del intercambiador de calor para calentar el fluido de proceso.

[055] En otras modalidades, el sistema de enfriamiento 200 se puede utilizar con un sistema de enfriamiento de inmersión. Las Figuras 7A y 7B muestran ejemplos de un bastidor 112 utilizado en un sistema de enfriamiento de inmersión. En la Figura 7A, los servidores 114 se sumergen en un dieléctrico 132. Los servidores 114 calientan el dieléctrico 132, pero el dieléctrico 132 permanece como un líquido (una sola fase). El dieléctrico calentado 132 se circula como el fluido de proceso 134 a través del circuito de fluido de proceso 130 para ser enfriado y retornado al bastidor 112 para enfriar adicionalmente los servidores 114.

[056] En la Figura 7B, los servidores 114 también se sumergen en el dieléctrico 132. En este caso, el dieléctrico 132 enfría los servidores 114 mediante enfriamiento de dos fases. Los servidores 114 calientan el dieléctrico 132, y el dieléctrico 132 cambia de fase en un vapor (gas). El vapor dieléctrico se eleva a la parte superior del bastidor 112. La parte superior del bastidor 112 incluye una bobina 136. Un fluido de proceso apropiado 134 pasa a través de la bobina 136 y condensa el dieléctrico 132. En otra modalidad, el dieléctrico 132 en la fase de vapor se puede enfriar directamente por el evaporador 230 como el fluido de proceso 134 en lugar de utilizar otro fluido.

[057] En las modalidades descritas en lo anterior, los servidores 114 están separados físicamente del evaporador 230 y el circuito de fluido de proceso 130 se utiliza para transportar el calor de los servidores 114 u otro equipo de tecnología de información ("TI") al evaporador 230. Las invenciones descritas en la presente no se limitan de esta manera, sin embargo, y los evaporadores 230 pueden ser cualquier intercambiador de calor de líquido a refrigerante, donde un líquido en circulación (fluido dieléctrico, agua u otro fluido) transporta calor del equipo de IT al refrigerante que está integral al circuito de termosifón de dos fases. Tales de otros evaporadores adecuados 230 incluyen, por ejemplo, una placa fría integrada en los servidores 114 o el componente de IT para absorber directamente calor del componente y/o los chips en el mismo o una pluralidad de superficies tubulares directamente integradas en un sistema de enfriamiento de inmersión.

[058] Aunque esta invención se ha descrito con respecto a ciertas modalidades ejemplares específicas, muchas modificaciones y variaciones adicionales serán evidentes para aquellos expertos en la técnica en vista de esta descripción. Por lo tanto, se va entender que esta invención se puede practicar de otra manera que como se describe específicamente. De esta manera, las modalidades ejemplares de la invención se deben considerar en todos los aspectos para ser

ilustrativas y no restrictivas, y el alcance de la invención que es determinado por cualquiera de las reivindicaciones soportables por esta solicitud y los equivalentes de las mismas, antes que por la descripción anterior.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de enfriamiento, caracterizado porque comprende:

un evaporador que contiene un medio de enfriamiento primario, el evaporador que está configurado para recibir un fluido de proceso y, cuando recibe el fluido de proceso, extraer el calor del fluido de proceso para enfriar el fluido de proceso y para cambiar la fase del medio de enfriamiento primario de líquido a gas;

un condensador pasivo que tiene una superficie exterior y que está acoplado fluidamente al evaporador, el condensador pasivo que está configurado para tener una corriente de aire dirigida sobre la superficie exterior del mismo, y, cuando la corriente de aire se dirige sobre la superficie exterior del condensador pasivo, el condensador pasivo está configurado (i) para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de gas del evaporador, (ii) para transferir calor del medio de enfriamiento primario, (iii) para cambiar la fase del medio de enfriamiento primario de gas a líquido, y (iv) para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador;

un intercambiador de calor acoplado fluidamente al evaporador y configurado para tener un medio de enfriamiento secundario selectivamente proporcionado al mismo tal que:

(a) cuando el medio de enfriamiento secundario se proporciona al intercambiador de calor, por lo menos algo del medio de enfriamiento primario en la fase de gas cambia de ser recibido por el condensador pasivo al intercambiador de calor sin operar cualquiera de las válvulas ubicadas entre el evaporador y el condensador pasivo y entre el evaporador y el intercambiador de calor y el intercambiador de calor está configurado (i) para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de gas del evaporador, (ii) para transferir calor del medio de enfriamiento primario, (iii) para cambiar la fase del medio de enfriamiento primario de gas a líquido, y (iv) para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador; y

(b) cuando el medio de enfriamiento secundario no se proporciona al intercambiador de calor, el intercambiador de calor no suministra el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador;

una línea de líquido que conecta fluidamente el evaporador a cada uno del condensador pasivo y el intercambiador de calor para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador desde por lo menos uno del condensador pasivo y el intercambiador de calor; y

una bomba ubicada en la línea de líquido y configurada para bombear el medio de

enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador,

en donde el condensador pasivo está arreglado en paralelo con el intercambiador de calor con relación al flujo de fluido del medio de enfriamiento primario.

2. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el fluido de proceso es aire.

3. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el fluido de proceso es un líquido.

4. Un sistema de electrónica, caracterizado porque comprende:

por lo menos un componente de electrónica enfriado por un dieléctrico; y

el sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, en donde el sistema de enfriamiento enfría el dieléctrico.

5. El sistema de electrónica de conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque el fluido de proceso es el dieléctrico.

6. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el medio de enfriamiento secundario es un refrigerante de un sistema de enfriamiento de expansión directa, el sistema de enfriamiento de expansión directa que incluye un compresor y una válvula de expansión.

7. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el medio de enfriamiento secundario es agua helada o una mezcla de agua y glicol helada.

8. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque, cuando el medio de enfriamiento secundario se proporciona al intercambiador de calor, algo del medio de enfriamiento primario se recibe tanto por el condensador pasivo como el intercambiador de calor (i) para transferir calor del medio de enfriamiento primario, (ii) para cambiar la fase del medio de enfriamiento primario de gas a líquido, y (iii) para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador.

9. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque además comprende un receptor de refrigerante configurado para acumular el medio de enfriamiento primario en exceso, el receptor de refrigerante que está ubicado en la línea de líquido corriente arriba de la bomba y corriente abajo del intercambiador de calor.

10. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 9, caracterizado porque el receptor de refrigerante está ubicado en una elevación que es verticalmente más abajo que el fondo del intercambiador de calor.

11. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el evaporador incluye una entrada configurada para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde el condensador pasivo incluye una salida configurada para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde la entrada del evaporador está conectada fluidamente a la salida del condensador pasivo mediante la línea de líquido, y

en donde la entrada del evaporador está ubicada en una elevación donde la gravedad y la circulación natural no son suficientes para mover el medio de enfriamiento primario desde la salida del condensador pasivo a la entrada del evaporador.

12. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el evaporador incluye una entrada configurada para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde el intercambiador de calor incluye una salida configurada para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde la entrada del evaporador está conectada fluidamente a la salida del intercambiador de calor mediante la línea de líquido, y

en donde la entrada del evaporador está ubicada en una elevación donde la gravedad y la circulación natural no son suficientes para mover el medio de enfriamiento primario desde la salida del intercambiador de calor a la entrada del evaporador.

13. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el evaporador incluye una entrada configurada para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde el condensador pasivo incluye una salida configurada para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde la entrada del evaporador está conectada fluidamente a la salida del condensador pasivo mediante la línea de líquido, y

en donde la entrada del evaporador está ubicada en una elevación más alta que la salida del condensador pasivo.

14. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el evaporador incluye una entrada configurada para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde el intercambiador de calor incluye una salida configurada para

suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde la entrada del evaporador está conectada fluidamente a la salida del intercambiador de calor mediante la línea de líquido, y

en donde la entrada del evaporador está ubicada en una elevación más alta que la salida del intercambiador de calor.

15. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el evaporador incluye una entrada configurada para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde el condensador pasivo incluye una salida configurada para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde la entrada del evaporador está conectada fluidamente a la salida del condensador pasivo mediante la línea de líquido, y

en donde la salida del condensador pasivo está ubicada en una elevación más alta que la entrada del evaporador por una distancia de 1,8 m (seis pies) o menos.

16. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 15, caracterizado porque además comprende una línea de vapor que conecta fluidamente el evaporador a cada uno del condensador pasivo y el intercambiador de calor para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de gas desde el evaporador a por lo menos uno del condensador pasivo y el intercambiador de calor, y

en donde el evaporador, el condensador pasivo, el intercambiador de calor, la línea de líquido, y la línea de vapor tienen pies (metros) lineales equivalentes que es 69 m (225 pies) lineales equivalentes o más.

17. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 16, caracterizado porque los pies (metros) lineales equivalentes del evaporador, el condensador pasivo, el intercambiador de calor, la línea de líquido, y la línea de vapor es 46 m (150 pies) lineales equivalentes o más.

18. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el evaporador incluye una entrada configurada para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde el intercambiador de calor incluye una salida configurada para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde la entrada del evaporador está conectada fluidamente a la salida del intercambiador de calor mediante la línea de líquido, y

en donde la salida del intercambiador de calor está ubicada en una elevación más alta que la entrada del evaporador por una distancia de 1,8 m (seis pies) o menos.

19. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 18, caracterizado porque además comprende una línea de vapor que conecta fluidamente el evaporador a cada uno del condensador pasivo y el intercambiador de calor para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de gas desde el evaporador a por lo menos uno del condensador pasivo y el intercambiador de calor, y

en donde el evaporador, el condensador pasivo, el intercambiador de calor, la línea de líquido, y la línea de vapor tienen pies (metros) lineales equivalentes que es 69 m (225 pies) lineales equivalentes o más.

20. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 19, caracterizado porque los pies (metros) lineales equivalentes del evaporador, el condensador pasivo, el intercambiador de calor, la línea de líquido, y la línea de vapor es 46 m (150 pies) lineales equivalentes o más.

21. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el evaporador está posicionado en un nivel más alto que por lo menos uno del condensador pasivo y el intercambiador de calor.

22. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la bomba es una bomba de velocidad variable.

23. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 22, caracterizado porque además comprende un controlador acoplado operativamente a la bomba para controlar la velocidad de la bomba.

24. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 23, caracterizado porque además comprende un sensor de temperatura, el controlador que está comunicativamente acoplado al sensor de temperatura para recibir información de temperatura, el controlador que está configurado para controlar la velocidad de la bomba en base a la información de temperatura.

25. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el evaporador, el condensador pasivo, el intercambiador de calor, y la bomba están integrados en una sola unidad.

26. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 25, caracterizado porque el evaporador y el condensador pasivo están posicionados con relación ente sí tal que la altura total de la única unidad es de 4,27 m (14 pies) o menos.

27. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 25, caracterizado porque además comprende una entrada de fluido de proceso conectada fluidamente al evaporador y una salida de fluido de proceso fluidamente conectada al evaporador.

28. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 25, caracterizado porque la entrada de fluido de proceso es una abertura de aire de retorno capaz de ser conectada a un conducto de aire de retorno y una salida de fluido de proceso es una abertura de aire de suministro capaz de ser conectada a un conducto de aire de suministro.

29. Un centro de datos de múltiples niveles, caracterizado porque comprende:

una pluralidad de pisos que incluyen un primer piso y un segundo piso, el segundo piso que es más alto que el primer piso;

una pluralidad de bastidores que contienen componentes electrónicos posicionados en el segundo piso; y

el sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 28, en donde la abertura de aire de retorno está conectada al conducto de aire de retorno para recibir aire de la pluralidad de bastidores posicionados en el segundo piso y la abertura de aire de suministro está conectada al conducto de aires de suministro para suministrar aire a la pluralidad de bastidores posicionados en el segundo piso.

30. Un centro de datos de múltiples niveles, caracterizado porque comprende:

una pluralidad de pisos que incluyen un primer piso y un segundo piso, el segundo piso que es más alto que el primer piso;

una pluralidad de bastidores que contienen componentes electrónicos posicionados en el segundo piso; y

el sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 1, en donde el evaporador está posicionado en el segundo piso y el condensador pasivo y el intercambiador de calor están posicionados más abajo del segundo piso.

31. Un sistema de enfriamiento, caracterizado porque comprende:

un evaporador que contiene un medio de enfriamiento primario, el evaporador que está configurado para recibir un fluido de proceso y, cuando recibe el fluido de proceso, extraer el calor del fluido de proceso para enfriar el fluido de proceso y para cambiar la fase del medio de enfriamiento primario de líquido a gas;

una pluralidad de condensadores pasivos, cada condensador pasivo que tiene una superficie exterior y que está acoplado fluidamente al evaporador, cada uno del condensador pasivo que está configurado para tener una corriente de aire dirigida sobre la superficie exterior

del mismo, y, cuando la corriente de aire se dirige sobre la superficie exterior del condensador pasivo, el condensador pasivo está configurado (i) para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de gas del evaporador, (ii) para transferir calor del medio de enfriamiento primario, (iii) para cambiar la fase del medio de enfriamiento primario de gas a líquido, y (iv) para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador;

por lo menos un intercambiador de calor acoplado fluidamente al evaporador y configurado para tener un medio de enfriamiento secundario selectivamente proporcionado al mismo tal que:

(a) cuando el medio de enfriamiento secundario se proporciona al por lo menos un intercambiador de calor, por lo menos algo del medio de enfriamiento primario en la fase de gas cambia de ser recibido por el condensador pasivo al por lo menos un intercambiador de calor sin operar cualquiera de las válvula ubicadas entre el evaporador y el condensador pasivo y entre el evaporador y el intercambiador de calor y el por lo menos un intercambiador de calor está configurado (i) para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de gas desde el evaporador, (ii) para transferir calor del medio de enfriamiento primario, (iii) para cambiar la fase del medio de enfriamiento primario de gas a líquido, y (iv) para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador; y

(b) cuando el medio de enfriamiento secundario no se proporciona al por lo menos un intercambiador de calor, el intercambiador de calor no suministra el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador;

una línea de líquido que conecta fluidamente el evaporador a cada condensador pasivo de la pluralidad de condensadores pasivos y el por lo menos un intercambiador de calor para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador desde por lo menos uno de la pluralidad de condensadores pasivos y el por lo menos un intercambiador de calor; y

una bomba ubicada en la línea de líquido y configurada para bombear el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador,

en donde el por lo menos un condensador pasivo de la pluralidad de condensadores pasivos está arreglado en paralelo con él por lo menos un intercambiador de calor con relación al flujo de fluido del medio de enfriamiento primario.

32. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 31, caracterizado porque los condensadores pasivos de la pluralidad de condensadores pasivos están arreglados en paralelo entre sí con relación al flujo de fluido del medio de enfriamiento

primario.

33. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 31, caracterizado porque el evaporador incluye una entrada configurada para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde cada condensador pasivo de la pluralidad de condensadores pasivos incluye una salida configurada para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde la entrada del evaporador está conectada fluidamente a la salida de cada condensador pasivo de la pluralidad de condensadores pasivos mediante la línea de líquido, y

en donde la entrada del evaporador está ubicada en una elevación más alta que la salida de cada condensador pasivo de la pluralidad de condensadores pasivos.

34. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 31, caracterizado porque el evaporador incluye una entrada configurada para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde el por lo menos un intercambiador de calor incluye una salida configurada para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde la entrada del evaporador está conectada fluidamente a la salida de el por lo menos un intercambiador de calor mediante la línea de líquido, y

en donde la entrada del evaporador está ubicada en una elevación más alta que la salida de el por lo menos un intercambiador de calor.

35. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 31, caracterizado porque el medio de enfriamiento secundario es un refrigerante de un sistema de enfriamiento de expansión directa, el sistema de enfriamiento de expansión directa que incluye un compresor y una válvula de expansión.

36. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 31, caracterizado porque, cuando el medio de enfriamiento secundario se proporciona al por lo menos un intercambiador de calor, algo del medio de enfriamiento primario se recibe por cada uno de los condensadores pasivos de la pluralidad de condensadores pasivos y el por lo menos un intercambiador de calor (i) para transferir calor del medio de enfriamiento primario, (ii) para cambiar la fase del medio de enfriamiento primario de gas a líquido, y (iii) para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador.

37. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 31, caracterizado porque además comprende una pluralidad de intercambiadores de calor, cada

intercambiador de calor de la pluralidad de intercambiadores de calor que está arreglado en paralelo con cada condensador pasivo de la pluralidad de condensadores pasivos con relación al flujo de fluido del medio de enfriamiento primario.

38. El sistema de enfriamiento de conformidad con la reivindicación 37, caracterizado porque el evaporador incluye una entrada configurada para recibir el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde cada intercambiador de calor de la pluralidad de intercambiadores de calor incluye una salida configurada para suministrar el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido,

en donde la entrada del evaporador está conectada fluidamente a la salida de cada intercambiador de calor de la pluralidad de intercambiadores de calor mediante la línea de líquido, y

en donde la entrada del evaporador está ubicada en una elevación más alta que la salida de cada intercambiador de calor de la pluralidad de intercambiadores de calor.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

Un sistema de enfriamiento que incluye un evaporador, un condensador pasivo, un intercambiador de calor y una bomba. El condensador pasivo está arreglado en paralelo con el intercambiador de calor con relación al flujo de fluido del medio de enfriamiento primario. Cuando un medio de enfriamiento secundario se proporciona al intercambiador de calor, por lo menos algo de un medio de enfriamiento primario en la fase de gas cambia de ser recibido por el condensador pasivo al intercambiador de calor sin operar cualquiera de las válvulas y suministra el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador. Cuando el medio de enfriamiento secundario no se proporciona al intercambiador de calor, el intercambiador de calor no suministra el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador. La bomba está ubicada en una línea de líquido que conecta fluidamente el evaporador al condensador pasivo y el intercambiador de calor y bombea el medio de enfriamiento primario en la fase de líquido al evaporador.