

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 002**

51 Int. Cl.:

G05D 23/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.10.2018 PCT/US2018/055514**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.04.2019 WO19075272**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.10.2018 E 18799619 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2024 EP 3695287**

54 Título: **Un sistema de termostato de conmutación automática basado en la temperatura aparente y método para determinar y controlar automáticamente la temperatura aparente de un espacio acondicionado**

30 Prioridad:

11.10.2017 US 201762570835 P

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

14.10.2024

73 Titular/es:

**ASSOUAD, BECHARA PHILIPPE (50.0%)
215 Carles Malek Av., Kfoury Blvd. Facing Sofil
Ashrafieh 2071-4712, LB y
CHAMIEH, DIMITRI S. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ASSOUAD, BECHARA PHILIPPE y
CHAMIEH, DIMITRI S.**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 982 002 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

Un sistema de termostato de conmutación automática basado en la temperatura aparente y método para determinar y controlar automáticamente la temperatura aparente de un espacio acondicionado

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

La presente solicitud reivindica la prioridad y el beneficio de la solicitud de patente provisional de Estados Unidos n.º 62/570.835, presentada el 11 de octubre de 2017 en la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos.

Campo

La presente divulgación se refiere en general a unidades de control climático y a métodos para controlar el clima de un espacio interior.

Antecedentes

Los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) se usan habitualmente para regular la temperatura de un espacio interior, tal como una habitación de una construcción residencial, una construcción comercial o una construcción industrial, etc. En general, los sistemas HVAC están configurados para mantener la temperatura establecida en un termostato. Sin embargo, los sistemas HVAC convencionales no están configurados para tener en cuenta otros factores que afectan al nivel de comodidad de los ocupantes del espacio, tales como la humedad relativa, la transferencia de calor por radiación de otros individuos en el espacio y los equipos que funcionan en el espacio. Por ejemplo, una variedad de factores pueden cambiar la humedad relativa dentro del espacio, tal como un cambio en la temperatura exterior o las condiciones climáticas, un cambio en la ocupación de la habitación y un cambio en el calor generado dentro del espacio, y un sistema HVAC con un termostato convencional continuará manteniendo la temperatura establecida sin tener en cuenta el cambio en la humedad relativa, lo que puede hacer que el espacio se vuelva incómodo para los ocupantes.

Los sistemas HVAC más complejos están configurados para ajustar tanto la temperatura como la humedad relativa del espacio interior. Sin embargo, estos sistemas HVAC más complejos normalmente incluyen un humidificador, un deshumidificador y un sistema de recalentamiento, que son caros. El documento US 2011/168792 A1 divulga un sistema de control de HVAC que modifica constantemente una temperatura objetivo basándose en una temperatura y humedad actuales.

Sumario

La presente divulgación se refiere a diversas realizaciones de un sistema de climatización configurado para controlar una unidad de calefacción y una unidad de refrigeración. En una realización, el sistema de climatización incluye un sensor de temperatura configurado para medir una temperatura de bulbo seco actual, un sensor de humedad configurado para medir una humedad relativa actual, un procesador y un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio acoplado operativamente al procesador. El medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio que tiene instrucciones de software almacenadas en el mismo que, cuando se ejecutan por el procesador, hacen que el procesador determine una temperatura aparente actual basada en al menos la temperatura de bulbo seco actual medida por el sensor de temperatura y la humedad relativa actual medida por el sensor de humedad, reciba una temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario, active la unidad de calefacción en un modo de calentamiento cuando la temperatura aparente actual está por debajo de un umbral de temperatura aparente inferior basado en la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario, y active la unidad de refrigeración en un modo de enfriamiento cuando la temperatura aparente actual está por encima de un umbral de temperatura aparente superior basado en la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario. Las instrucciones de software, cuando se ejecutan por el procesador, hacen que el procesador conmute automáticamente entre el modo de calentamiento y el modo de enfriamiento.

Las instrucciones de software pueden incluir una tabla de consulta, y las instrucciones de software, cuando se ejecutan por el procesador, pueden hacer que el procesador determine la temperatura aparente actual a partir de la tabla de consulta.

Las instrucciones de software pueden incluir una ecuación algebraica semiempírica que define la temperatura aparente actual, y las instrucciones de software, cuando se ejecutan por el procesador, pueden hacer que el procesador calcule la temperatura aparente actual a partir de la ecuación algebraica semiempírica.

La ecuación algebraica semiempírica puede ser $AT = T_a + 0,33 * \rho - 0,70 * ws - 4,00$, en donde $\rho = rh * 6,105 * e^{(17,27 * \frac{T_a}{237,7 + T_a})}$, donde AT es la temperatura aparente en °C; T_a es la temperatura de bulbo seco en °C; p es la presión de vapor de agua (hPa); ws es la velocidad del viento; y rh es la humedad relativa (%).

Las instrucciones de software, cuando se ejecutan por el procesador, pueden hacer además que el procesador calcule una temperatura de bulbo seco objetivo correspondiente a la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario y a la humedad relativa actual.

- 5 Las instrucciones de software pueden incluir una ecuación polinómica, y las instrucciones de software, cuando se ejecutan por el procesador, pueden hacer que el procesador calcule la temperatura de bulbo seco objetivo a partir de la ecuación polinómica.

10 La ecuación polinómica puede ser $-0,002227 \times AT^2 + 1,06 \times AT + 3,4902 \times RH^2 - 3,6014 \times RH - 0,33346 \times AT \times RH + 4,0937$, donde AT es la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario y RH es la humedad relativa actual.

Las instrucciones de software, cuando se ejecutan por el procesador, pueden hacer además que el procesador calcule una humedad relativa objetivo correspondiente a la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario y a la temperatura de bulbo seco actual.

- 15 El sistema puede incluir además una unidad de entrada configurada para introducir la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario.

20 La unidad de entrada puede configurarse para hacer que el procesador calcule la temperatura aparente actual y hacer que el procesador establezca el umbral de temperatura aparente inferior igual a la temperatura aparente actual cuando el sistema está funcionando en el modo de calentamiento y establezca el umbral de temperatura aparente superior igual a la temperatura aparente actual cuando el sistema está funcionando en el modo de enfriamiento.

25 El sistema puede incluir una pantalla configurada para mostrar al menos una de la temperatura de bulbo seco actual, la humedad relativa actual, la temperatura aparente actual y la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario.

30 El medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio puede configurarse para almacenar una primera temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario asociada con un primer usuario, y almacenar una segunda temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario asociada con un segundo usuario.

35 La presente divulgación también se refiere a varios métodos para controlar el clima de un espacio acondicionado. En una realización, el método incluye determinar una temperatura de bulbo seco actual del espacio acondicionado, determinar una humedad relativa actual del espacio acondicionado, calcular o determinar una temperatura aparente actual del espacio acondicionado basada en al menos la humedad relativa actual y la temperatura de bulbo seco actual del espacio acondicionado, activar una unidad de calefacción en un modo de calentamiento cuando la temperatura aparente actual está por debajo de un umbral de temperatura aparente inferior basado en una temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario, activar una unidad de refrigeración en un modo de enfriamiento cuando la temperatura aparente actual está por encima de un umbral de temperatura aparente superior basado en la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario, y conmutar automáticamente entre el modo de calentamiento y el modo de enfriamiento.

45 Determinar la temperatura de bulbo seco actual puede incluir medir la temperatura de bulbo seco actual con un sensor de temperatura, y determinar la humedad relativa actual puede incluir medir la humedad relativa actual con un sensor de humedad.

El método también puede incluir recibir la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario del espacio acondicionado.

50 El método puede incluir determinar una diferencia entre la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario y la temperatura aparente actual del espacio acondicionado.

El método puede incluir determinar una temperatura de bulbo seco objetivo correspondiente a la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario y a la humedad relativa actual en el espacio acondicionado.

55 Determinar la temperatura de bulbo seco objetivo puede incluir calcular la temperatura de bulbo seco objetivo a partir de una ecuación polinómica. La ecuación polinómica puede ser $-0,002227 \times AT^2 + 1,06 \times AT + 3,4902 \times RH^2 - 3,6014 \times RH - 0,33346 \times AT \times RH + 4,0937$, donde AT es la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario y RH es la humedad relativa actual.

60 El método puede incluir determinar una humedad relativa objetivo correspondiente a la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario y a la temperatura de bulbo seco actual en el espacio acondicionado.

65 Calcular o determinar la temperatura aparente actual puede incluir determinar la temperatura aparente actual a partir de una tabla de consulta.

Calcular o determinar la temperatura aparente puede incluir calcular la temperatura aparente actual con una ecuación algebraica semiempírica.

La ecuación algebraica semiempírica puede ser $AT = T_a + 0,33 * p - 0,70 * ws - 4,00$, en donde $p = rh * 6,105 * e^{(17,27 * \frac{T_a}{237,7 + T_a})}$, donde AT es la temperatura aparente en °C; Ta es la temperatura de bulbo seco en °C; p es la presión de vapor de agua (hPa); ws es la velocidad del viento; y rh es la humedad relativa (%).

Calcular o determinar la temperatura aparente actual puede basarse en uno o más factores adicionales, tales como cargas de calor irradiadas, temperatura exterior, una estación, nivel de actividad, ropa, radiación, velocidad del viento, etc.

La presente divulgación también se refiere a diversas realizaciones de un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio. En una realización, el medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio tiene instrucciones de software almacenadas en el mismo que, cuando se ejecutan por un procesador, hacen que el procesador determine una temperatura de bulbo seco actual, determine una humedad relativa actual, determine una temperatura aparente actual basada en la temperatura de bulbo seco actual y en la humedad relativa actual, reciba una temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario, active una unidad de calefacción en un modo de calentamiento cuando la temperatura aparente actual está por debajo de un umbral de temperatura aparente inferior basado en la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario, active una unidad de refrigeración en un modo de enfriamiento cuando la temperatura aparente actual está por encima de un umbral de temperatura aparente superior basada en la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario, y conmute automáticamente entre el modo de calentamiento y el modo de enfriamiento.

Este resumen se proporciona para introducir una selección de características y conceptos de las realizaciones de la presente divulgación que se describen más adelante en la descripción detallada. Este sumario no tiene por objeto identificar características clave o esenciales de la materia objeto reivindicada, ni se pretende su uso para limitar el alcance de la materia objeto reivindicada. Una o más de las características descritas pueden combinarse con una o más otras características descritas para proporcionar un dispositivo funcional. La invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Éstas y otras características y ventajas de las realizaciones de la presente divulgación se harán más evidentes con referencia a la siguiente descripción detallada cuando se considere conjuntamente con los siguientes dibujos. En los dibujos, se usan números de referencia similares en todas las figuras para hacer referencia a características y componentes similares. Las figuras no están necesariamente dibujadas a escala.

Las figuras 1A-1B son una vista esquemática y una vista de diagrama de bloques, respectivamente, de un sistema de termostato conectado para controlar una unidad de aire acondicionado de un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

las figuras 2A y 2B son tablas que representan la temperatura aparente en grados Celsius y grados Fahrenheit, respectivamente, en función de la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

Las figuras 3A y 3B son tablas que representan la temperatura de bulbo seco en grados Celsius y grados Fahrenheit, respectivamente, en función de la temperatura aparente y la humedad relativa de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

Las figuras 4A-4C son gráficos que comparan la metodología de control de conmutación de temperatura para termostatos convencionales y la metodología de control de conmutación de temperatura de acuerdo con una realización de la presente divulgación con bandas muertas;

La figura 5 es un gráfico que compara la metodología de control de conmutación de temperatura para termostatos convencionales y la metodología de control de conmutación de temperatura de acuerdo con una realización de la presente divulgación sin bandas muertas;

la figura 6 es un gráfico que compara la metodología de control de conmutación de temperatura para termostatos convencionales y la metodología de control de conmutación de temperatura de acuerdo con una realización de la presente divulgación con una zona muerta amplia para un ahorro máximo de costes de energía;

la figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra tareas de un método de control de la temperatura aparente de un espacio controlado de acuerdo con una realización de la presente divulgación; y
la figura 8 es un diagrama de flujo que representa tareas de un algoritmo configurado para controlar la conmutación entre los modos de calentamiento y enfriamiento de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

Descripción detallada

La presente divulgación se refiere a diversas realizaciones de sistemas y métodos configurados para controlar y mantener el nivel de comodidad de uno o más ocupantes en un espacio controlado o acondicionado, tal como el espacio interior de una construcción residencial, una construcción comercial o una construcción industrial, etc., manteniendo la temperatura aparente en el espacio controlado, que es una función tanto de la temperatura de bulbo seco como de la humedad relativa en el espacio controlado. Además, en diversas realizaciones, los sistemas y métodos de la presente divulgación se configuran para proporcionar un ahorro en los costes de energía cuando se hacen funcionar en ciertas condiciones en comparación con los termostatos convencionales que sólo miden la temperatura de bulbo seco del espacio.

Haciendo referencia ahora a las figuras 1A-1B, un sistema de climatización **100** de acuerdo con una realización de la presente divulgación incluye un sensor de temperatura **101** configurado para medir una temperatura de bulbo seco de un espacio controlado (por ejemplo, un espacio interior de una construcción residencial, una construcción comercial o una construcción industrial, etc.), un sensor de humedad **102** (por ejemplo, un higrómetro) configurado para medir una humedad relativa del espacio controlado, un procesador **103**, una memoria **104** (es decir, un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio), una pantalla **105** para mostrar imágenes y el dispositivo de entrada de usuario **106** configurado para permitir que un usuario seleccione una temperatura aparente deseada del espacio controlado. Como se usa en el presente documento, la expresión "temperatura de bulbo seco" se refiere a la temperatura del aire medida por un termómetro expuesto libremente al aire, pero protegido de la radiación y la humedad. Además, en la realización ilustrada, el sistema **100** incluye un bus de sistema **107** a través del cual el sensor de temperatura **101**, el sensor de humedad **102**, el procesador **103**, la memoria **104**, la pantalla **105** y el dispositivo de entrada de usuario **106** se comunican entre sí.

El término "procesador" se usa en el presente documento para incluir cualquier combinación de hardware, firmware y software, empleada para procesar datos o señales digitales. El hardware de un procesador puede incluir, por ejemplo, circuitos integrados aplicación específica (ASIC), procesadores centrales (CPU) de propósito general o de propósito especial, procesadores de señales digitales (DSP), procesadores gráficos (GPU) y dispositivos lógicos programables tales como matrices de puertas programables en campo (FPGA). En un procesador, como se usa en el presente documento, cada función se realiza por hardware configurado, es decir, cableado, para realizar esa función, o por hardware de propósito más general, tal como una CPU, configurado para ejecutar instrucciones almacenadas en un medio de almacenamiento no transitorio. Un procesador puede fabricarse en una única placa de cableado impreso (PWB) o distribuido en varias PWB interconectadas. Un procesador puede contener otros procesadores; por ejemplo, un procesador puede incluir dos procesadores, una FPGA y una CPU, interconectados en una PWB.

El dispositivo de entrada **106** puede ser cualquier dispositivo adecuado que permita a un usuario introducir la temperatura aparente deseada del espacio controlado, que es una función tanto de la temperatura de bulbo seco como de la humedad relativa, en lugar de la temperatura de bulbo seco deseada del espacio como en los termostatos convencionales. Como se usa en el presente documento, el término "usuario" se refiere a un usuario de un sistema de un solo usuario, un sistema de doble usuario o un sistema de múltiples usuarios. En una o más realizaciones, el dispositivo de entrada **106** puede incluir uno o más controles físicos en una carcasa del sistema (por ejemplo, uno o más botones pulsadores, un deslizador y/o uno o más mandos giratorios). En una o más realizaciones, el dispositivo de entrada **106** puede ser un gráfico mostrado en la pantalla **105** que se puede seleccionar tocando la pantalla **105** (por ejemplo, la pantalla **105** puede ser una pantalla táctil). En una o más realizaciones, el dispositivo de entrada **106** puede ser un dispositivo alámbrico o inalámbrico, tal como un control remoto. En una o más realizaciones, el dispositivo de entrada **106** puede incluir un adaptador de red configurado para comunicarse de forma inalámbrica con un dispositivo móvil, tal como un dispositivo celular (por ejemplo, un teléfono inteligente) o un dispositivo configurado para comunicarse de manera inalámbrica a corta distancia (por ejemplo, un dispositivo Bluetooth®). Además, en una o más realizaciones, el dispositivo de entrada **106** está configurado para permitir que un usuario seleccione la temperatura aparente actual del espacio controlado como la temperatura aparente deseada sin especificar una temperatura aparente deseada particular. Por ejemplo, en una o más realizaciones, el dispositivo de entrada **106** puede incluir un botón **106-1** que, cuando lo presiona un usuario, hace que el procesador **103** determine o calcule la temperatura aparente actual a partir de la temperatura de bulbo seco actual medida por el sensor de temperatura **101** y la humedad relativa actual medida por el sensor de humedad **102**, y hace que el procesador **103** almacene esta temperatura aparente actual como la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario en la memoria **104**. En una o más realizaciones, el botón **106-1**, cuando lo presiona un usuario, puede hacer que el procesador **103** determine o calcule la temperatura aparente actual en el espacio acondicionado y establezca un límite o umbral de temperatura aparente superior o un límite o umbral de temperatura aparente inferior de una banda muerta igual o sustancialmente igual a la temperatura aparente actual dependiendo de si el sistema **100** está funcionando en un modo de enfriamiento o un modo de calentamiento. Por ejemplo, en una o más realizaciones, cuando el sistema **100** está funcionando en modo de enfriamiento y se presiona el botón **106-1**, el sistema **100** puede desplazar los límites de temperatura aparente superior e inferior (como se muestra, por ejemplo, en la figura 6) de modo que el umbral de temperatura aparente superior de la banda muerta sea igual o sustancialmente igual a la temperatura aparente actual determinada o calculada cuando se presiona el botón **106-1**. Además, en una o más realizaciones, cuando el sistema **100** está funcionando en modo de calentamiento y se presiona el botón **106-1**, el sistema **100** puede desplazar los límites de

temperatura aparente superior e inferior (como se muestra, por ejemplo, en la figura 6) de manera que el umbral de temperatura aparente inferior de la banda muerta sea igual o sustancialmente igual a la temperatura aparente actual determinada o calculada cuando se presiona el botón **106-1**. En una o más realizaciones, el dispositivo de entrada **106** puede incluir un deslizador **106-2** configurado para permitir que un usuario seleccione indirectamente la temperatura aparente deseada. Por ejemplo, en una o más realizaciones, el deslizador **106-2** permite a un usuario seleccionar un equilibrio entre comodidad (por ejemplo, en el que el sistema **100** está configurado para mantener estrictamente la temperatura aparente deseada) y la economía (por ejemplo, en el que el sistema **100** está configurado para activar la unidad de calefacción y/o refrigeración sólo cuando la temperatura aparente real está fuera de los límites umbral (por ejemplo, una banda muerta) por encima y por debajo de la temperatura aparente deseada. En una o más realizaciones, el tamaño de la banda muerta (por ejemplo, la cantidad en la que los límites umbral están por encima y por debajo de la temperatura aparente deseada) aumenta a medida que el control deslizante **106-2** se mueve hacia el ajuste "Económico" y disminuye a medida que el control deslizante **106-2** se mueve hacia el ajuste de "Comodidad" (por ejemplo, el control deslizante **106-2** está configurado para ensanchar y estrechar la banda muerta). Por ejemplo, en una o más realizaciones, el usuario puede introducir una temperatura aparente deseada de 24 °C (75 °F) (por ejemplo, presionando un icono en la pantalla **105**, accionando uno o más controles físicos, tales como el botón **106-1**, y/o utilizando un dispositivo remoto, tal como un teléfono celular) y luego el usuario puede ajustar el control deslizante **106-2** a la posición deseada a lo largo del espectro entre el ajuste de "Comodidad", en el que el sistema **100** calcularía una banda muerta estrecha (por ejemplo, $\pm 0,5$ °C ($\pm 0,5$ °F)) o ninguna banda muerta en torno a la temperatura aparente deseada de 24 °C (75 °F), y el ajuste "Económico", en el que el sistema **100** calcularía una banda muerta de anchura máxima (por ejemplo, $\pm 6,0$ °C ($\pm 6,0$ °F)) en torno a la temperatura aparente deseada de 24 °C (75 °F).

En una o más realizaciones, la memoria **104** puede incluir memoria persistente, tal como una memoria flash NAND, para almacenar ajustes de usuario introducidos a través del uno o más dispositivos de entrada **106**. Por ejemplo, en una o más realizaciones, la memoria **104** puede configurarse para almacenar los ajustes de temperatura preferidos individuales de dos o más usuarios individuales que pueden recuperarse para su uso posterior (por ejemplo, "usuario 1": temperatura aparente de 24 °C (75 °F); "usuario 2": temperatura aparente de 25 °C (77 °F); "usuario 3": temperatura aparente de 20 °C (68 °F)). Por consiguiente, en una o más realizaciones, un usuario puede seleccionar, a través del dispositivo de entrada **106**, un perfil que identifica a ese usuario individual (por ejemplo, "usuario 1") de manera que las instrucciones almacenadas en la memoria **104**, cuando se ejecutan por el procesador **103**, hacen que el procesador **103** controle una unidad de aire acondicionado hasta que la temperatura aparente del espacio controlado sea igual o sustancialmente igual a la temperatura aparente deseada (por ejemplo, 24 °C (75 °F)) asociada con ese usuario.

La memoria **104** del sistema **100** almacena instrucciones que, cuando se ejecutan por el procesador **103**, hacen que el procesador **103** calcule una temperatura aparente en el espacio controlado basándose en la temperatura de bulbo seco medida por el sensor de temperatura **101** y la humedad relativa medida por el sensor de humedad **102**. En una o más realizaciones, el sensor de temperatura **101** y el sensor de humedad **102** pueden medir continuamente la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa, respectivamente, del espacio acondicionado. En una o más realizaciones, el sensor de temperatura **101** y el sensor de humedad **102** pueden medir la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa, respectivamente, del espacio acondicionado en momentos determinados (por ejemplo, intervalos regulares). Además, en una o más realizaciones, las instrucciones almacenadas en la memoria **104**, cuando se ejecutan por el procesador **103**, hacen que el procesador **103** calcule o determine un promedio de la temperatura de bulbo seco y un promedio de la humedad relativa durante un periodo de tiempo predefinido (por ejemplo, un periodo de tiempo en un intervalo de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 15 minutos o más), y calcule la temperatura aparente del espacio acondicionado basándose en la temperatura de bulbo seco promedio y la humedad relativa promedio durante el periodo de tiempo predefinido.

En una o más realizaciones, las instrucciones almacenadas en la memoria **104** incluyen una tabla de consulta que enumera la temperatura aparente que corresponde a una temperatura de bulbo seco dada y a una humedad relativa dada. Las figuras 2A-2B son tablas de búsqueda que muestran la temperatura aparente en función de la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Por consiguiente, en una o más realizaciones, las instrucciones almacenadas en la memoria **104**, cuando se ejecutan por el procesador **103**, hacen que el procesador **103** consulte una tabla de consulta (por ejemplo, una de las tablas de consulta de las figuras 2A-2B) para determinar la temperatura aparente asociada con la temperatura de bulbo seco medida por el sensor de temperatura **101** (o una temperatura de bulbo seco promedio medida durante un periodo de tiempo predefinido) y la humedad relativa medida por el sensor de humedad **102** (o una humedad relativa promedio medida por el sensor de humedad). Por ejemplo, en una o más realizaciones, si la temperatura de bulbo seco es de 20,0 °C (68,0 °F) (medida por el sensor de temperatura **101** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de temperatura durante un periodo de tiempo predefinido) y la humedad relativa es del 30 % (medida por el sensor de humedad **102** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de humedad relativa durante un periodo de tiempo predefinido), las instrucciones almacenadas en la memoria **104**, cuando se ejecutan por el procesador **103**, harían que el procesador **103** consultara las tablas de consulta de las figuras 2A-2B y determinara que la temperatura aparente correspondiente es 18,1 °C (64,6 °F).

En una o más realizaciones, las instrucciones almacenadas en la memoria **104** incluyen una o más ecuaciones

algebraicas semiempíricas que definen la temperatura aparente en función de la temperatura de bulbo seco (medida por el sensor de temperatura **101** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de temperatura durante un periodo de tiempo predefinido) y la humedad relativa (medida por el sensor de humedad **102** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de humedad relativa durante un periodo de tiempo predefinido). En una realización,

5 las ecuaciones algebraicas semiempíricas son las siguientes ecuaciones desarrolladas por R. G. Steadman:

$$AT = T_a + 0,33 * \rho - 0,70 * ws - 4,00, \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\rho = rh * 6,105 * e^{\left(\frac{17,27 * T_a}{237,7 + T_a}\right)}, \quad \text{Ecuación 2}$$

10 donde AT es la temperatura aparente en °C; T_a es la temperatura de bulbo seco en °C; p es la presión de vapor de agua (hPa); ws es la velocidad del viento; y rh es la humedad relativa (%). Por consiguiente, en una realización, las instrucciones almacenadas en la memoria **104**, cuando se ejecuta por el procesador **103**, hacen que el procesador **103** calcule la presión de vapor de agua p de acuerdo con la Ecuación 2 anterior basándose en la temperatura de bulbo seco (medida por el sensor de temperatura **101** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de temperatura durante un periodo de tiempo predefinido) y la humedad relativa (rh) (medida por el sensor de humedad **102** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de humedad relativa durante un periodo de tiempo predefinido) y hacen que el procesador **103** calcule la temperatura aparente (AT) de acuerdo con la Ecuación 1 anterior basándose en la temperatura de bulbo seco, la presión de vapor de agua (p) determinada de acuerdo con la Ecuación 2 y la velocidad del viento (ws). En una o más realizaciones, las instrucciones almacenadas en la memoria **104** puede incluir cualquier otra ecuación o ecuaciones algebraicas empíricas o semiempíricas adecuadas para determinar la temperatura aparente basándose en la temperatura de bulbo seco (medida por el sensor de temperatura **101** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de temperatura durante un periodo de tiempo predefinido) y la humedad relativa (medida por el sensor de humedad **102** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de humedad relativa durante un periodo de tiempo predefinido). Por ejemplo, en una o más realizaciones, las instrucciones almacenadas en memoria **104** pueden incluir cualquier otra fórmula de temperatura aparente o una combinación de fórmulas o fórmulas modificadas desarrolladas, por ejemplo, a través de pruebas de campo. Además, en una o más realizaciones, las instrucciones almacenadas en la memoria **104** puede incluir una tabla de consulta (por ejemplo, una de las tablas de consulta en las figuras 2A-2B) o una o más ecuaciones algebraicas semiempíricas (por ejemplo, la Ecuación 1 y la Ecuación 2 anteriores) para determinar o calcular la temperatura aparente a partir de la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa. En una o más realizaciones, las instrucciones almacenadas en la memoria **104** pueden programarse tanto con una tabla de consulta como con una o más ecuaciones algebraicas semiempíricas para determinar la temperatura aparente a partir de la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa.

35 En una o más realizaciones, las instrucciones almacenadas en la memoria **104** pueden incluir una ecuación o ecuaciones algebraicas o una tabla de búsqueda para determinar la temperatura aparente en el espacio controlado que tiene en cuenta otros factores o variables además de la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa, tales como, por ejemplo, la velocidad del aire, las cargas de calor irradiadas en el espacio controlado (por ejemplo, las cargas de calor irradiadas de los ocupantes en el espacio controlado), la radiación neta absorbida por unidad de área de superficie corporal, la temperatura exterior (por ejemplo, la temperatura ambiente fuera de la edificación residencial, construcción comercial o la construcción industrial, etc.), la estación (por ejemplo, otoño, invierno, primavera o verano), el nivel de actividad de uno o más ocupantes en el espacio controlado, el tipo o clase de ropa usada por uno o más ocupantes en el espacio controlado, la velocidad del viento, etc.

45 Las instrucciones almacenadas en la memoria **104**, cuando se ejecutan por el procesador **103**, también hacen que el procesador **103** calcule una diferencia entre la temperatura aparente en el espacio controlado y una temperatura aparente seleccionada por el usuario (es decir, una temperatura aparente deseada por un usuario) introducida por el dispositivo de entrada **106**.

50 Con referencia continua a la realización ilustrada en la figura 1B, el sistema **100** también incluye un controlador **108** (por ejemplo, un control proporcional integral derivado (microcontrolador PID) configurado para controlar una unidad de aire acondicionado **200** y/o una unidad de calefacción **300** para alcanzar y mantener la temperatura aparente deseada en el espacio controlado. Además, en una o más realizaciones, las instrucciones almacenadas en la memoria **104**, cuando se ejecutan por el procesador **103**, hacen que el controlador **108** controle la unidad de aire acondicionado **200** y/o la unidad de calefacción **300** para aumentar o disminuir la temperatura de bulbo seco en el espacio controlado hasta que la temperatura aparente en el espacio controlado, determinada basándose al menos en parte por la temperatura de bulbo seco (medida por el sensor de temperatura **101** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de temperatura durante un periodo de tiempo predefinido) y la humedad relativa (medida por el sensor de humedad **102** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de humedad relativa durante un periodo de tiempo predefinido) sea igual o sustancialmente igual a la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario en el espacio controlado. El controlador **108** puede configurarse para controlar la unidad de aire acondicionado **200** de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, en una o más realizaciones, el controlador **108** puede configurarse para accionar un relé **201** (por ejemplo, abrir o cerrar un interruptor) para hacer que la unidad de aire acondicionado **200** se ponga en marcha y se detenga para aumentar o disminuir la temperatura de bulbo seco en el espacio controlado. En una o más realizaciones, el controlador **108** puede configurarse para controlar (por ejemplo, variar) la velocidad de un compresor **202** en la unidad de aire acondicionado **200** para aumentar o disminuir la temperatura de bulbo seco en el

espacio controlado. Además, en una o más realizaciones, el controlador **108** puede configurarse para regular una válvula de control **203** de la unidad de aire acondicionado **200** para aumentar o disminuir la temperatura de bulbo seco en el espacio controlado. En una o más realizaciones, el controlador **108** puede configurarse para controlar un evaporador **301** y/o un calefactor **302** de la unidad de calefacción **300** para aumentar o disminuir la temperatura de bulbo seco en el espacio controlado. En una o más realizaciones, la unidad de aire acondicionado **200** puede ser una unidad exterior y la unidad de calefacción **300** puede ser una unidad interior. En una o más realizaciones, tanto la unidad de aire acondicionado **200** como la unidad de calefacción **300** pueden ser unidades interiores.

En una realización, las instrucciones almacenadas en la memoria **104**, cuando se ejecutan por el procesador **103**, hacen que el procesador **103** calcule o determine la temperatura de bulbo seco objetivo del espacio controlado que corresponde a la temperatura aparente deseada y a la humedad relativa actual del espacio controlado (medida por el sensor de humedad **102** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de humedad relativa durante un periodo de tiempo predefinido). Las figuras 3A-3B son tablas de consulta que listan la temperatura de bulbo seco objetivo que corresponde a una temperatura aparente deseada dada y una humedad relativa dada de acuerdo con una realización de la presente divulgación. En una o más realizaciones, el procesador **103** puede configurarse para introducir la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario y la humedad relativa actual del espacio controlado en una tabla de consulta (por ejemplo, una de las tablas de consulta ilustradas en las figuras 3A-3B) para determinar la temperatura de bulbo seco objetivo que corresponde a la temperatura aparente deseada y a la humedad relativa actual en el espacio controlado. Por ejemplo, en una o más realizaciones, si la temperatura aparente deseada es de 75,0 °F (23,9 °C) y la humedad relativa actual en el espacio controlado es del 70 %, la temperatura de bulbo seco objetivo del espacio controlado que corresponde a la temperatura aparente deseada y a la humedad relativa actual es de 71,2 °F (21,8 °C). Una vez que se determina la temperatura de bulbo seco objetivo del espacio controlado, las instrucciones almacenadas en la memoria **104**, cuando se ejecutan por el procesador **104**, pueden hacer que el controlador **108** controle el aire acondicionado para aumentar o disminuir la temperatura de bulbo seco en el espacio controlado hasta que la temperatura de bulbo seco (medida por el sensor de temperatura **101** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de temperatura durante un periodo de tiempo predefinido) coincida o coincida sustancialmente con la temperatura de bulbo seco objetivo. Por ejemplo, en el ejemplo descrito anteriormente en el que la humedad relativa actual en el espacio controlado es del 70 % y la temperatura aparente deseada es de 75,0 °F (23,9 °C), el controlador **108** puede controlar la unidad de aire acondicionado hasta que la temperatura de bulbo seco en el espacio acondicionado sea de 71,2 °F (21,8 °C) o de aproximadamente 71,2 °F (21,8 °C).

En una realización, las instrucciones almacenadas en la memoria **104** incluyen una ecuación polinómica que define la temperatura de bulbo seco objetivo del espacio controlado que corresponde a la temperatura aparente deseada y a la humedad relativa actual del espacio controlado. En una o más realizaciones, la ecuación polinómica que define la temperatura de bulbo seco objetivo es como se indica a continuación:

$$-0,002227 * AT^2 + 1,06 * AT + 3,4902 * RH^2 - 3,6014 * RH - 0,33346 * AT * RH + 4,0937$$

Ecuación 3

donde AT es la temperatura aparente deseada y RH es la humedad relativa actual del espacio controlado (medida por el sensor de humedad **102** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de humedad relativa durante un periodo de tiempo predefinido).

Por consiguiente, en una o más realizaciones, las instrucciones almacenadas en la memoria **104**, cuando se ejecuta por el procesador **103**, hacen que el procesador **103** calcule a partir de una ecuación (por ejemplo, la Ecuación 3 anterior) la temperatura de bulbo seco objetivo del espacio controlado que corresponde a la temperatura aparente deseada y a la humedad relativa actual del espacio controlado (medida por el sensor de humedad **102** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de humedad relativa durante un periodo de tiempo predefinido). Una vez que se ha calculado la temperatura de bulbo seco objetivo, las instrucciones almacenadas en la memoria **104**, cuando se ejecuta por el procesador **104**, pueden hacer que el controlador **108** controle el aire acondicionado para aumentar o disminuir la temperatura de bulbo seco en el espacio controlado hasta que la temperatura de bulbo seco (medida por el sensor de temperatura **101** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de temperatura durante un periodo de tiempo predefinido) coincida o coincida sustancialmente con la temperatura de bulbo seco objetivo.

En una realización, las instrucciones almacenadas en la memoria **104**, cuando se ejecuta por el procesador **103**, hacen que el procesador calcule o determine la humedad relativa objetivo del espacio controlado que corresponde a la temperatura aparente deseada y a la temperatura de bulbo seco actual del espacio controlado (medida por el sensor de temperatura **101** o calculada como un promedio de dos o más mediciones de temperatura durante un periodo de tiempo predefinido). En una o más realizaciones, el controlador **108** puede configurarse para introducir la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario y la temperatura de bulbo seco actual del espacio controlado en una tabla de consulta (por ejemplo, una de las tablas de consulta ilustradas en las figuras 3A-3B) para determinar la humedad relativa objetivo que corresponde a la temperatura aparente deseada y a la temperatura de bulbo seco actual en el espacio controlado. En una o más realizaciones, si la temperatura aparente deseada es de 75,0 °F (23,9 °C) y la temperatura de bulbo seco actual en el espacio controlado es de 70,0 °F (21,1 °C), la humedad relativa objetivo que corresponde a la temperatura aparente deseada y a la temperatura de bulbo seco actual es de aproximadamente el 80 %. Una vez que se determina la humedad relativa objetivo del espacio controlado, las instrucciones almacenadas

en la memoria **104**, cuando se ejecuta por el procesador **103**, pueden hacer que el controlador **108** controle la unidad de aire acondicionado **200** para aumentar o disminuir la humedad relativa en el espacio controlado hasta que la humedad relativa medida (medida por el sensor de humedad **102** o calculado como un promedio de dos o más mediciones de humedad relativa durante un periodo de tiempo predefinido) coincida o coincida sustancialmente con la humedad relativa objetivo. Por ejemplo, si la temperatura de bulbo seco actual en el espacio controlado es de 70,0 °F (21,1 °C) y la temperatura aparente deseada es de 75,0 °F (23,9 °C), el controlador **108**, de acuerdo con una o más realizaciones, puede controlar la unidad de aire acondicionado **200** hasta que la humedad relativa en el espacio acondicionado sea del 80 % o aproximadamente del 80 %.

En una realización, el controlador **108** puede configurarse para reducir la temperatura del refrigerante de la unidad de aire acondicionado **200** para disminuir la humedad relativa en el espacio, y configurarse para aumentar la temperatura del refrigerante de la unidad de aire acondicionado **200** para aumentar la humedad relativa en el espacio (por ejemplo, el controlador **108** puede configurarse para variar la temperatura del refrigerante de la unidad de aire acondicionado **200** para alcanzar una temperatura aparente deseada en el espacio y para mantener una temperatura aparente constante o sustancialmente constante del espacio). En una realización, el controlador **108** puede configurarse para reducir la temperatura del refrigerante de la unidad de aire acondicionado **200** disminuyendo el flujo de aire a través de un evaporador **204** de la unidad de aire acondicionado **200** y/o reduciendo la capacidad de la válvula de expansión (si la unidad de aire acondicionado incluye un evaporador de expansión directa) o reduciendo la temperatura del medio refrigerante (si la unidad de aire acondicionado incluye un ventiloincubador). En una realización, el controlador **108** puede configurarse para aumentar la temperatura del refrigerante de la unidad de aire acondicionado **200** aumentando el flujo de aire a través del evaporador **204** de la unidad de aire acondicionado **200** y/o aumentando la capacidad de la válvula de expansión (si la unidad de aire acondicionado incluye un evaporador de expansión directa) o aumentando la temperatura del medio refrigerante (si la unidad de aire acondicionado incluye un ventiloincubador). En una o más realizaciones, la señal del sistema **100** a la unidad de aire acondicionado **200** puede ser una señal PID y una señal de modo de enfriamiento o calentamiento.

En consecuencia, el sistema **100** está configurado para alcanzar y mantener la temperatura aparente deseada en el espacio acondicionado controlando la unidad de aire acondicionado **200** para variar la temperatura de bulbo seco y/o la humedad relativa en el espacio acondicionado.

En una o más realizaciones, los sistemas y métodos de la presente divulgación se configuran para proporcionar un ahorro en los costes de energía cuando se hacen funcionar en ciertas condiciones en comparación con los termostatos convencionales que sólo miden la temperatura de bulbo seco del espacio. Por ejemplo, cuando el sistema **100** está funcionando en modo de calentamiento (por ejemplo, el controlador **108** está controlando la unidad de calefacción **300** para aumentar la temperatura de bulbo seco del espacio) y la temperatura aparente deseada del espacio es mayor o igual que la temperatura seca temperatura de bulbo asociada con la temperatura aparente deseada (a la derecha y por debajo de la línea en negrita en las tablas de las figuras 2A-2B), el sistema **100** dejará de calentar el espacio cuando se alcance la temperatura aparente deseada, que está por debajo de la temperatura de bulbo seco del espacio. En consecuencia, cuando el sistema **100** está funcionando en modo de calentamiento en las condiciones de temperatura y humedad mostradas a la derecha y por debajo de la línea en negrita de las figuras 2A-2B, el sistema **100** de la presente divulgación proporciona un ahorro en los costes de energía en comparación con unos termostatos convencionales que controlan la unidad de calefacción para calentar el espacio hasta que se alcanza la temperatura de bulbo seco deseada. Del mismo modo, cuando el sistema **100** está funcionando en modo de enfriamiento (por ejemplo, el controlador **108** está controlando la unidad de aire acondicionado **200** para disminuir la temperatura de bulbo seco del espacio) y la temperatura aparente deseada del espacio es menor que la temperatura de bulbo seco asociada con la temperatura aparente deseada, el sistema **100** dejará de enfriar el espacio cuando se alcance la temperatura aparente deseada, que es más alta que la temperatura de bulbo seco del espacio, lo que da como resultado un ahorro en los costes de energía en comparación con los termostatos convencionales que controlan el aire acondicionado para enfriar el espacio hasta que se alcanza la temperatura de bulbo seco deseada.

Las figuras 4A-4C comparan la conmutación automática entre los modos de calentamiento y enfriamiento de un termostato convencional basadas en la temperatura de bulbo seco con la conmutación automática entre los modos de calentamiento y enfriamiento basadas en la temperatura aparente de acuerdo con una o más realizaciones de la presente divulgación.

La figura 4A representa la funcionalidad de conmutación automática de un termostato convencional en el que el termostato está configurado para activar un calentador cuando la temperatura de bulbo seco cae por debajo de un umbral de temperatura de bulbo seco inferior (por ejemplo, 22,5 °C (72,5 °F)) y está configurado para activar una unidad de refrigeración cuando la temperatura de bulbo seco supera un umbral de temperatura de bulbo seco superior (por ejemplo, 23,6 °C (74,5 °F)). Además, la figura 4A representa una banda muerta entre los umbrales de temperatura de bulbo seco superior e inferior (por ejemplo, una banda muerta desde una temperatura de bulbo seco de 22,5 °C (72,5 °F) hasta una temperatura de bulbo seco de 23,6 °C (74,5 °F) en la que el termostato está configurado para no activar ni la unidad de calefacción ni la unidad de refrigeración si la temperatura de bulbo seco cae dentro de este intervalo.

La figura 4B representa la funcionalidad de conmutación automática basada en la temperatura aparente de acuerdo

con una o más realizaciones de la presente divulgación en la que el sistema está configurado para activar un calentador cuando la temperatura aparente cae por debajo de un umbral de temperatura aparente inferior (por ejemplo, la temperatura aparente a una temperatura de bulbo seco de 22 °C (72,5 °F) y 45 % de humedad relativa) y está configurado para activar una unidad de refrigeración cuando la temperatura aparente supera un umbral de temperatura aparente superior (por ejemplo, la temperatura aparente a una temperatura de bulbo seco de 23,6 °C (74,5 °F) y 45 % de humedad relativa). Además, la figura 4B representa una banda muerta entre los umbrales de temperatura aparente superior e inferior en la que el sistema está configurado para no activar ni la unidad de calefacción ni la unidad de refrigeración si la temperatura aparente (determinada a partir de la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa medidas) cae dentro de este intervalo.

La figura 4C es un gráfico que representa tanto la funcionalidad de conmutación automática de termostatos convencionales basada en la temperatura de bulbo seco (como se muestra en la figura 4A) como la funcionalidad de conmutación automática basada en la temperatura aparente de acuerdo con una o más realizaciones de la presente divulgación (como se muestra en la figura 4B). La figura 4C ilustra el ahorro en los costes de energía de la conmutación automática basada en la temperatura aparente en comparación con la conmutación automática basada en la temperatura de bulbo seco de los termostatos convencionales. Por ejemplo, la Región I indica las condiciones en las que un termostato convencional activaría la unidad de calefacción porque la temperatura de bulbo seco está por debajo del umbral de temperatura de bulbo seco inferior (por ejemplo, 22,5 °C (72,5 °F)), mientras que la conmutación automática basada en la temperatura aparente de acuerdo con la presente divulgación no activaría ni la unidad de refrigeración ni la unidad de calefacción porque la temperatura aparente está en la banda muerta (es decir, la temperatura aparente está por debajo del umbral de temperatura aparente superior y por encima del umbral de temperatura aparente inferior). Además, la Región II indica las condiciones en las que un termostato convencional activaría la unidad de refrigeración porque la temperatura de bulbo seco supera el umbral de temperatura de bulbo seco superior (por ejemplo, 23,6 °C (74,5 °F)), mientras que la conmutación automática basada en la temperatura aparente de acuerdo con la presente divulgación no activaría ni la unidad de refrigeración ni la unidad de calefacción porque la temperatura aparente está en la banda muerta (es decir, la temperatura aparente está por debajo del umbral de temperatura aparente superior y por encima del umbral de temperatura aparente inferior). En consecuencia, la conmutación automática entre los modos de calentamiento y enfriamiento basada en la temperatura aparente ahorra energía en comparación con un termostato convencional al no activar innecesariamente la unidad de calefacción o la unidad de refrigeración en estas condiciones.

La figura 4C también representa que la metodología de control de conmutación automática de la presente divulgación está configurada para proporcionar una mayor comodidad al usuario en comparación con un termostato convencional configurado para conmutar entre modos de calentamiento y enfriamiento basándose únicamente en la temperatura de bulbo seco. Por ejemplo, la Región III de la figura 4C indica las condiciones en las que un termostato convencional activaría la unidad de calefacción porque la temperatura de bulbo seco cae por debajo del umbral de temperatura de bulbo seco inferior (por ejemplo, 72,5 °F), mientras que la conmutación automática basada en la temperatura aparente de acuerdo con la presente divulgación activaría la unidad de refrigeración porque la temperatura aparente, que es una función tanto de la temperatura de bulbo seco como de la humedad relativa, supera el umbral de temperatura aparente superior. La Región IV indica las condiciones en las que un termostato convencional activaría la unidad de refrigeración porque la temperatura de bulbo seco supera el umbral de temperatura de bulbo seco superior (por ejemplo, 22,5 °C (72,5 °F)), mientras que la conmutación automática basada en la temperatura aparente de acuerdo con la presente divulgación activaría la unidad de calefacción porque la temperatura aparente, que es una función tanto de la temperatura de bulbo seco como de la humedad relativa, está por debajo del umbral de temperatura aparente inferior. Por lo tanto, la conmutación automática entre los modos de calentamiento y enfriamiento basada en la temperatura aparente proporciona una mayor comodidad al usuario en comparación con un termostato convencional al no activar la unidad incorrecta en estas condiciones (por ejemplo, no activar la unidad de calefacción cuando debería activarse la unidad de refrigeración, y no activar la unidad de refrigeración cuando debería activarse la unidad de calefacción para mantener la comodidad deseada del usuario).

La figura 5 es un gráfico que compara la funcionalidad de conmutación automática de un termostato convencional basada en la temperatura de bulbo seco con la funcionalidad de conmutación automática basada en la temperatura aparente de acuerdo con una o más realizaciones de la presente divulgación sin bandas muertas. La figura 5 representa un único umbral de temperatura de bulbo seco (por ejemplo, 23 °C (73,5 °F)). El termostato convencional está configurado para activar un calentador cuando la temperatura de bulbo seco cae por debajo de la temperatura umbral de bulbo seco (por ejemplo, 23 °C (73,5 °F)) y está configurado para activar una unidad de refrigeración cuando la temperatura de bulbo seco supera la temperatura umbral de bulbo seco (por ejemplo, 23 °C (73,5 °F)). La figura 5 también representa un único umbral de temperatura aparente (por ejemplo, la temperatura aparente a una temperatura de bulbo seco de 23 °C (73,5 °F) y 45 % de humedad relativa). La conmutación automática basada en la temperatura aparente de la presente divulgación está configurada para activar un calentador cuando la temperatura aparente cae por debajo del umbral de temperatura aparente (por ejemplo, la temperatura aparente a una temperatura de bulbo seco de 23 °C (73,5 °F) y 45 % de humedad relativa) y está configurado para activar una unidad de refrigeración cuando la temperatura aparente supera el umbral de temperatura aparente (por ejemplo, la temperatura aparente a una temperatura de bulbo seco de 23 °C (73,5 °F) y 45 % de humedad relativa). La Región A de la figura 5 indica las condiciones en las que un termostato convencional activaría la unidad de calefacción porque la temperatura de bulbo seco está por debajo del umbral de temperatura de bulbo seco (por ejemplo, 23 °C (73,5 °F)), mientras que la

conmutación automática basada en la temperatura aparente de acuerdo con la presente divulgación activaría la unidad de refrigeración porque la temperatura aparente, que es una función tanto de la temperatura de bulbo seco como de la humedad relativa, supera el umbral de temperatura aparente (por ejemplo, la temperatura aparente a una temperatura de bulbo seco de 23 °C (73,5 °F) y 45 % de humedad relativa). La Región B indica las condiciones en las que un termostato convencional activaría la unidad de refrigeración porque la temperatura de bulbo seco supera el umbral de temperatura de bulbo seco (por ejemplo, 23 °C (73,5 °F)), mientras que la conmutación automática basada en la temperatura aparente de acuerdo con la presente divulgación activaría la unidad de calefacción porque la temperatura aparente, que es una función tanto de la temperatura de bulbo seco como de la humedad relativa, está por debajo del umbral de temperatura aparente (por ejemplo, la temperatura aparente a una temperatura de bulbo seco de 23 °C (73,5 °F) y 45 % de humedad relativa). Por lo tanto, la conmutación automática entre los modos de calentamiento y enfriamiento basada en la temperatura aparente proporciona una mayor comodidad al usuario en comparación con un termostato convencional al no activar la unidad incorrecta en estas condiciones. Además, como se ilustra en la figura 5, no proporcionar las bandas muertas crea mayores áreas de conflicto entre la conmutación automática basada en la temperatura de bulbo seco y la conmutación automática basada en la temperatura aparente que cuando se proporcionan las bandas muertas (por ejemplo, como se ilustra en las figuras 4A-4C).

Los umbrales de temperatura representados en la figura 5 se seleccionan sólo con fines explicativos y de ninguna manera limitan el alcance de la presente divulgación. En su lugar, los umbrales de temperatura pueden seleccionarse para tener cualquier valor adecuado dependiendo, por ejemplo, de la comodidad deseada del usuario y/o de la economía deseada. Por consiguiente, los sistemas y métodos de la presente divulgación cubren todos y cada uno de los umbrales de temperatura adecuados.

La figura 6 es un gráfico que compara la funcionalidad de conmutación automática de un termostato convencional basada en la temperatura de bulbo seco con la funcionalidad de conmutación automática basada en la temperatura aparente de acuerdo con una o más realizaciones de la presente divulgación en la que se proporciona una zona muerta amplia para un ahorro máximo de costes de energía. La figura 6 representa un umbral de temperatura de bulbo seco inferior de 19 °C (66 °F) por debajo del cual el termostato convencional está configurado para activar una unidad de calefacción y un umbral de temperatura de bulbo seco superior de 26 °C (79 °F) por encima del cual el termostato convencional está configurado para activar una unidad de refrigeración (es decir, la figura 6 representa una banda muerta de 19 °C (66 °F) a 26 °C (79 °F)). La figura 6 también representa un umbral de temperatura aparente inferior a una temperatura de bulbo seco de 19 °C (66 °F) y 45 % de humedad relativa por debajo del cual el sistema y método de acuerdo con una realización de la presente divulgación están configurados para activar una unidad de calefacción y un umbral de temperatura aparente superior a una temperatura de bulbo seco de 26 °C (79 °F) y 45 % de humedad relativa por encima del cual el sistema y el método de acuerdo con una realización de la presente divulgación están configurados para activar una unidad de refrigeración (es decir, la figura 6 representa una banda muerta desde una temperatura aparente a 19 °C (66 °F) y 45 % de humedad relativa hasta una temperatura aparente de 26 °C (79 °F) y 45 % de humedad relativa). La Región R1 de la figura 6 indica las condiciones en las que un termostato convencional activaría la unidad de calefacción porque la temperatura de bulbo seco está por debajo del umbral de temperatura de bulbo seco inferior (por ejemplo, 19 °C (66 °F)), mientras que la conmutación automática basada en la temperatura aparente de acuerdo con la presente divulgación no activaría ni la unidad de refrigeración ni la unidad de calefacción porque la temperatura aparente está en la banda muerta (es decir, la temperatura aparente está por debajo del umbral de temperatura aparente superior y por encima del umbral de temperatura aparente inferior). Además, la Región R3 de la figura 6 indica las condiciones en las que un termostato convencional activaría la unidad de refrigeración porque la temperatura de bulbo seco supera el umbral de temperatura de bulbo seco superior (por ejemplo, 26 °C (79 °F)), mientras que la conmutación automática basada en la temperatura aparente de acuerdo con la presente divulgación no activaría ni la unidad de refrigeración ni la unidad de calefacción porque la temperatura aparente está en la banda muerta (es decir, la temperatura aparente está por debajo del umbral de temperatura aparente superior y por encima del umbral de temperatura aparente inferior). En consecuencia, la conmutación automática entre los modos de calentamiento y enfriamiento basada en la temperatura aparente ahorra energía en comparación con un termostato convencional al no activar innecesariamente la unidad de calefacción o la unidad de refrigeración en estas condiciones y también logra una mayor comodidad del usuario.

La Región R2 de la figura 6 indica las condiciones en las que un termostato convencional no activaría ni la unidad de calefacción ni la unidad de refrigeración porque la temperatura de bulbo seco está en la banda muerta (por ejemplo, la temperatura de bulbo seco está por encima del umbral de temperatura de bulbo seco inferior de 19 °C (66 °F) y por debajo del umbral de temperatura de bulbo seco superior de 26 °C (79 °F)), mientras que la conmutación automática basada en la temperatura aparente de acuerdo con la presente divulgación activaría la unidad de calefacción porque la temperatura aparente, que es una función tanto de la temperatura de bulbo seco como de la humedad relativa, está por debajo del umbral de temperatura aparente inferior (por ejemplo, la temperatura aparente a una temperatura de bulbo seco de 19 °C (66 °F) y 45 % de humedad relativa). La Región R4 indica las condiciones en las que un termostato convencional no activaría ni la unidad de calefacción ni la unidad de refrigeración porque la temperatura de bulbo seco está en la banda muerta (por ejemplo, la temperatura de bulbo seco está por encima del umbral de temperatura de bulbo seco inferior de 19 °C (66 °F) y por debajo del umbral de temperatura de bulbo seco superior de 26 °C (79 °F)), mientras que la conmutación automática basada en la temperatura aparente de acuerdo con la presente divulgación activaría la unidad de refrigeración porque la temperatura aparente, que es una función tanto de la temperatura de bulbo seco como de la humedad relativa, supera el umbral de temperatura aparente superior (por ejemplo, la

temperatura aparente a una temperatura de bulbo seco de 26 °C (79 °F) y 45 % de humedad relativa). Por lo tanto, la conmutación automática entre los modos de calentamiento y enfriamiento basada en la temperatura aparente proporciona una mayor comodidad al usuario en comparación con un termostato convencional que no activaría las unidades de calentamiento o enfriamiento en estas condiciones.

Los umbrales de temperatura superior e inferior de las bandas muertas representadas en las figuras 4A-4C y 6 se seleccionan sólo con fines explicativos y de ninguna manera limitan el alcance de la presente divulgación. En su lugar, los umbrales de temperatura superior e inferior pueden seleccionarse para tener cualquier valor adecuado dependiendo, por ejemplo, de la comodidad deseada del usuario y/o de la economía deseada. Además, los sistemas y métodos de la presente divulgación cubren todos y cada uno de los valores de banda muerta adecuados, incluyendo bandas muertas sencillas, bandas muertas duales y bandas muertas múltiples.

La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra tareas de un método **400** de control de la temperatura aparente de un espacio controlado, que es una función tanto de la temperatura de bulbo seco como de la humedad relativa del espacio controlado, de acuerdo con una realización de la presente divulgación. En la realización ilustrada, el método **400** incluye una tarea **410** de determinar una temperatura de bulbo seco del espacio controlado. En una realización, la tarea **410** de determinar la temperatura de bulbo seco del espacio controlado incluye medir la temperatura de bulbo seco con un sensor de temperatura. En una realización, la tarea **410** puede incluir medir, con el sensor de temperatura, la temperatura de bulbo seco de forma continua o a intervalos determinados. Además, en una o más realizaciones, la tarea **410** de determinar la temperatura de bulbo seco del espacio controlado incluye promediar las mediciones de la temperatura de bulbo seco por el sensor de temperatura durante un periodo de tiempo predefinido (por ejemplo, un periodo de tiempo en un intervalo de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 15 minutos o más).

En la realización ilustrada, el método **400** también incluye una tarea **420** de determinar una humedad relativa del espacio acondicionado. En una realización, la tarea **420** de determinar la humedad relativa del espacio controlado incluye medir la humedad relativa con un sensor de humedad. En una realización, la tarea **420** puede incluir medir, con el sensor de humedad, la humedad relativa de forma continua o a intervalos determinados. Además, en una o más realizaciones, la tarea **420** de determinar la humedad relativa del espacio controlado incluye promediar las mediciones de la humedad relativa por el sensor de humedad durante un periodo de tiempo predefinido (por ejemplo, un periodo de tiempo en un intervalo de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 15 minutos o más). En una realización, las tareas **410**, **420** de promediar las mediciones de la humedad relativa y las mediciones de la temperatura de bulbo seco se pueden realizar durante el mismo periodo de tiempo predefinido.

En la realización ilustrada, el método **400** también incluye una tarea **430** de determinar la temperatura aparente real del espacio acondicionado basada en la temperatura de bulbo seco del espacio acondicionado determinada en la tarea **410** y en la humedad relativa del espacio acondicionado determinado en la tarea **420**. En una realización, la tarea **430** de determinar la temperatura aparente real del espacio acondicionado incluye consultar una tabla de consulta (por ejemplo, las tablas de consulta ilustradas en las figuras 2A-2B) que enumera la temperatura aparente correspondiente a la temperatura de bulbo seco determinada y la humedad relativa determinada. En una realización, la tarea **430** de determinar la temperatura aparente real del espacio acondicionado incluye calcular la temperatura aparente a partir de una ecuación o ecuaciones algebraicas semiempíricas que definen la temperatura aparente en función de la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa (por ejemplo, calcular la temperatura aparente a partir de las Ecuaciones 1 y 2 anteriores).

En la realización ilustrada, el método **400** también incluye una tarea **440** de recibir una temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario del espacio acondicionado. En una o más realizaciones, la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario puede introducirse a través de cualquier dispositivo de entrada adecuado, tal como, por ejemplo, un control remoto, una aplicación en un dispositivo electrónico portátil (por ejemplo, un teléfono inteligente), uno o más controles físicos (por ejemplo, uno o más botones, deslizadores y/o mandos giratorios) y/o un icono mostrado en una pantalla táctil. En una o más realizaciones, la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario puede ser la temperatura aparente actual en el espacio acondicionado (por ejemplo, cuando el usuario desea mantener la temperatura aparente actual en el espacio acondicionado sin especificar una temperatura aparente deseada particular).

En la realización ilustrada, el método **400** también incluye una tarea **450** de calcular una diferencia entre la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario recibida en la tarea **440** y la temperatura aparente real del espacio determinada en la tarea **430**.

En una o más realizaciones, el método **400** también incluye una tarea **460** de determinar (por ejemplo, calcular) la temperatura de bulbo seco objetivo que corresponde a la temperatura aparente deseada y a la humedad relativa actual en el espacio controlado, y/o determinar (por ejemplo, calcular) la humedad relativa objetivo que corresponde a la temperatura aparente deseada y a la temperatura de bulbo seco actual en el espacio controlado. En una realización, la tarea **460** incluye determinar la temperatura de bulbo seco objetivo consultando una tabla de consulta que enumera la temperatura de bulbo seco en función de la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario y la humedad relativa (por ejemplo, las tablas de consulta en las figuras 3A-3B). En una realización, la tarea **460** incluye calcular la temperatura de bulbo seco objetivo a partir de una ecuación que define la temperatura de bulbo seco en función de la

temperatura aparente deseada y la humedad relativa (por ejemplo, calcular la temperatura de bulbo seco a partir de la Ecuación 3 anterior). En una realización, la tarea **460** incluye determinar la humedad relativa objetivo consultando una tabla de búsqueda que enumera la humedad relativa en función de la temperatura aparente deseada y la temperatura de bulbo seco. En una realización, la tarea **460** incluye calcular la humedad relativa objetivo a partir de una ecuación que define la humedad relativa en función de la temperatura aparente deseada y la temperatura de bulbo seco.

En una realización, el método **400** también incluye una tarea **470** de controlar una unidad de aire acondicionado y/o una unidad de calefacción para cambiar la temperatura de bulbo seco y/o la humedad en el espacio acondicionado hasta que la temperatura aparente en el espacio acondicionado sea igual o sustancialmente igual a la temperatura aparente recibida deseada seleccionada por el usuario en la tarea **440**. La tarea **470** de controlar la unidad de aire acondicionado puede incluir controlar un relé (por ejemplo, un interruptor) para hacer que la unidad de aire acondicionado se ponga en marcha y se detenga, controlar (por ejemplo, variar) la velocidad de un compresor en la unidad de aire acondicionado y/o regular una válvula de control de la unidad de aire acondicionado. En una realización, la tarea **470** incluye controlar la unidad de calefacción para disminuir o aumentar la temperatura de bulbo seco en el espacio acondicionado hasta que la temperatura de bulbo seco medida por el sensor de temperatura sea igual o sustancialmente igual a la temperatura de bulbo seco objetivo determinada en la tarea **460**. En una realización, la tarea **470** incluye controlar la unidad de aire acondicionado para disminuir o aumentar la humedad relativa en el espacio acondicionado hasta que la humedad relativa medida por el sensor de humedad sea igual o sustancialmente igual a la humedad relativa objetivo determinada en la tarea **460**. En una o más realizaciones, la tarea **470** puede incluir cambiar la temperatura del refrigerante de la unidad de aire acondicionado para cambiar la humedad relativa en el espacio acondicionado (por ejemplo, bajar la temperatura del refrigerante de la unidad de aire acondicionado para disminuir la humedad relativa en el espacio o aumentar la temperatura del refrigerante de la unidad de aire acondicionado para aumentar la humedad relativa en el espacio). La tarea de reducir la temperatura del refrigerante del aire acondicionado puede incluir disminuir el flujo de aire a través de un evaporador de la unidad de aire acondicionado y/o reducir la capacidad de la válvula de expansión (si la unidad de aire acondicionado incluye un evaporador de expansión directa) o reducir la temperatura del medio refrigerante (si la unidad de aire acondicionado incluye un ventiloincubador). El aumento de la temperatura del refrigerante de la unidad de aire acondicionado puede realizarse aumentando el flujo de aire a través del evaporador de la unidad de aire acondicionado y/o aumentando la capacidad de la válvula de expansión (si la unidad de aire acondicionado incluye un evaporador de expansión directa) o aumentando la temperatura del medio refrigerante (si la unidad de aire acondicionado incluye un ventiloincubador). En una o más realizaciones, la tarea **470** puede incluir controlar la unidad de aire acondicionado y/o la unidad de calefacción para variar tanto la temperatura de bulbo seco como la humedad relativa en el espacio acondicionado para alcanzar la temperatura aparente deseada en el espacio controlado.

En una o más realizaciones, las tareas **430**, **440**, **450**, **460**, **470** de determinar la temperatura aparente, recibir la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario, calcular la diferencia entre la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario y la temperatura aparente real del espacio, determinar (por ejemplo, calcular) la temperatura de bulbo seco objetivo y/o la humedad relativa objetivo, y controlar la unidad de aire acondicionado y/o la unidad de calefacción para cambiar la temperatura de bulbo seco y/o la humedad en el espacio acondicionado hasta que la temperatura aparente en el espacio acondicionado sea igual o sustancialmente igual a la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario puede realizarse repetidamente (por ejemplo, de forma continua o a intervalos predefinidos) para mantener la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario en el espacio acondicionado incluso si cambian los factores o variables que afectan a la humedad relativa y/o a la temperatura de bulbo seco en el espacio controlado, tales como la temperatura exterior, las condiciones meteorológicas, la ocupación de la habitación y/o las cargas de radiación de calor.

La figura 8 es un diagrama de flujo que representa tareas de un algoritmo configurado para controlar la conmutación entre los modos de calentamiento y enfriamiento de acuerdo con una realización de la presente divulgación. El lado izquierdo del diagrama de flujo representa las tareas asociadas con el funcionamiento en un modo de calentamiento, y el lado derecho del diagrama de flujo representa las tareas asociadas con el funcionamiento en un modo de enfriamiento. Como se ilustra en la figura 8, el algoritmo incluye una tarea **501** de determinar la temperatura aparente real de un espacio acondicionado basándose en la temperatura de bulbo seco del espacio acondicionado (por ejemplo, medida por un sensor de temperatura) y en la humedad relativa del espacio acondicionado (por ejemplo, medida por un sensor de humedad). En una realización, la tarea **501** de determinar la temperatura aparente real del espacio acondicionado incluye consultar una tabla de consulta (por ejemplo, las tablas de consulta ilustradas en las figuras 2A-2B) que enumera la temperatura aparente correspondiente a la temperatura de bulbo seco determinada y la humedad relativa determinada. En una realización, la tarea **501** de determinar la temperatura aparente real del espacio acondicionado incluye calcular la temperatura aparente a partir de una ecuación o ecuaciones algebraicas semiempíricas que definen la temperatura aparente en función de la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa (por ejemplo, calcular la temperatura aparente a partir de las Ecuaciones 1 y 2 anteriores).

El algoritmo también incluye una tarea **502** de comparar la temperatura aparente real del espacio acondicionado determinada en la tarea **501** con un límite o umbral de temperatura aparente superior (por ejemplo, un límite de temperatura aparente de verano establecido). El límite de temperatura aparente superior puede introducirse por un usuario o puede determinarse a partir de un área de banda muerta calculada basándose en la temperatura aparente

deseada seleccionada por el usuario. Si la temperatura aparente real determinada en la tarea **501** no es mayor que el límite de temperatura aparente superior (por ejemplo, la temperatura aparente real es menor que el límite de temperatura aparente superior), el algoritmo incluye una tarea **503** de comparar la temperatura aparente real determinada en la tarea **501** con un límite o umbral de temperatura aparente inferior (por ejemplo, un límite de temperatura aparente de invierno establecido). Si, como se determina en la tarea **503**, la temperatura aparente real determinada en la tarea **501** es mayor que el umbral de temperatura aparente inferior, entonces el algoritmo repite el bucle de comparación de la temperatura aparente real con los umbrales de temperatura aparente superior e inferior porque la temperatura aparente real está en una banda muerta entre los umbrales de temperatura aparente superior e inferior.

Si la temperatura aparente real determinada en la tarea **501** no es mayor que el límite de temperatura aparente inferior (por ejemplo, la temperatura aparente real es menor que el límite de temperatura aparente inferior), entonces el algoritmo incluye una tarea **504** de determinar si el último modo operado por el sistema fue el modo de enfriamiento (por ejemplo, Último modo == enfriamiento "C"). Si el algoritmo determina, en la tarea **504**, que el último modo fue el modo de enfriamiento, entonces el algoritmo incluye una tarea **505** de ejecutar un retardo de un periodo de tiempo predeterminado (por ejemplo, 10 minutos) antes de cambiar del modo de enfriamiento al modo de calentamiento. Además, en la realización ilustrada, el algoritmo incluye una tarea **506** de determinar si la temperatura aparente real determinada en la tarea **501** es mayor que el límite de temperatura aparente superior, lo que, de ser cierto, es una indicación de que el espacio acondicionado se está calentando, ya sea por una fuente de calor interna o por el clima exterior, o la caída anterior de la temperatura se debió a un subimpulso del modo de enfriamiento, lo que indicaría que el sistema debería volver al modo de enfriamiento. En consecuencia, la tarea **506** del algoritmo está configurada para evitar la activación de un modo de calentamiento innecesario.

A continuación de la tarea **505** de ejecutar el retardo de tiempo, el algoritmo incluye una tarea **507** de determinar si la temperatura aparente del espacio acondicionado sigue sin ser mayor que el umbral de temperatura aparente inferior (por ejemplo, menor que el umbral de temperatura aparente inferior). Si la temperatura aparente del espacio acondicionado sigue sin ser mayor que el umbral de temperatura aparente inferior (por ejemplo, menor que el umbral de temperatura aparente inferior), entonces el algoritmo incluye una tarea **508** de activar la unidad de calefacción. Después de la tarea **508** de activar el calentador, el algoritmo repetirá la tarea **507** para determinar si la temperatura aparente es mayor que el umbral de temperatura aparente inferior. Si se determina en la tarea **507** que la temperatura aparente es mayor que el umbral de temperatura aparente inferior después de la tarea **508** de activar la unidad de calefacción, entonces el algoritmo incluye una tarea **509** de detener la unidad de calefacción. En una o más realizaciones, el algoritmo incluye un temporizador anti-ciclo corto configurado para retardar cualquier operación durante un periodo de tiempo establecido (por ejemplo, 5 minutos).

Si la temperatura aparente es mayor que el umbral de temperatura aparente superior, como se determina en la tarea **502**, entonces el algoritmo incluye una tarea **510** de determinar si el último modo fue el modo de calentamiento (por ejemplo, Último modo == calentamiento "H"). Si el algoritmo determina, en la tarea **510**, que el último modo fue el modo de calentamiento, entonces el algoritmo incluye una tarea **511** de ejecutar un retardo de un periodo de tiempo predeterminado (por ejemplo, 10 minutos) antes de cambiar del modo de calentamiento al modo de enfriamiento. Además, en la realización ilustrada, el algoritmo incluye una tarea **512** de determinar si la temperatura aparente real determinada en la tarea **501** es menor que el límite de temperatura aparente inferior, lo que, de ser cierto, es una indicación de que el espacio acondicionado se está enfriando por el clima exterior o el aumento previo de la temperatura se debió a un sobreimpulso del modo de calentamiento, lo que indicaría que el sistema debería volver al modo de calentamiento. Esta tarea **512** del algoritmo está configurada para evitar la activación de un modo de enfriamiento innecesario.

A continuación de la tarea **511** de ejecutar el retardo de tiempo, el algoritmo incluye una tarea **513** de determinar si la temperatura aparente del espacio acondicionado sigue siendo mayor que el umbral de temperatura aparente superior. Si la temperatura aparente del espacio acondicionado sigue siendo mayor que el umbral de temperatura aparente superior, entonces el algoritmo incluye una tarea **514** de activar la unidad de refrigeración. Después de la tarea **514** de activar la unidad de refrigeración, el algoritmo repetirá la tarea **513** para determinar si la temperatura aparente es mayor que el umbral de temperatura aparente superior. Si se determina en la tarea **513** que la temperatura aparente no es mayor que el umbral de temperatura aparente superior (por ejemplo, la temperatura aparente es menor que el umbral de temperatura aparente superior) después de la tarea **514** de activar la unidad de refrigeración, entonces el algoritmo incluye una tarea **515** de detener la unidad de refrigeración. En una o más realizaciones, el algoritmo incluye un temporizador anti-ciclo corto configurado para retardar cualquier operación durante un periodo de tiempo establecido (por ejemplo, 5 minutos). Las tareas descritas anteriormente pueden realizarse repetidamente (por ejemplo, de forma continua o a intervalos regulares) para mantener la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario o para mantener la temperatura aparente dentro de una banda muerta alrededor de la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de climatización (100) configurado para controlar una unidad de calefacción (300) y una unidad de refrigeración, comprendiendo el sistema de climatización (100):

un sensor de temperatura configurado para medir una temperatura de bulbo seco actual;
 un sensor de humedad configurado para medir una humedad relativa actual;
 un procesador; y
 un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio acoplado operativamente al procesador, teniendo el medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio instrucciones de software almacenadas en el mismo que, cuando se ejecutan por el procesador, hacen que el procesador:
 determine una temperatura aparente actual basada en al menos la temperatura de bulbo seco actual medida por el sensor de temperatura y la humedad relativa actual medida por el sensor de humedad;
 reciba una temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario;
 active la unidad de calefacción (300) en un modo de calentamiento cuando la temperatura aparente actual está por debajo de un umbral de temperatura aparente inferior basado en la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario, en donde el umbral de temperatura aparente inferior está por debajo de la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario;
 active la unidad de refrigeración en un modo de enfriamiento cuando la temperatura aparente actual está por encima de un umbral de temperatura aparente superior basado en la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario, en donde el umbral de temperatura aparente superior está por encima de la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario; y
 no active ni la unidad de refrigeración ni la unidad de calefacción (300) cuando la temperatura aparente actual está en una banda muerta entre el umbral de temperatura aparente inferior y el umbral de temperatura aparente superior,
 en donde las instrucciones de software, cuando se ejecutan por el procesador, hacen que el procesador cambie automáticamente entre el modo de calentamiento y el modo de enfriamiento, y

caracterizado por que

las instrucciones de software, cuando se ejecutan por el procesador, hacen que el procesador ejecute un retardo de un periodo de tiempo predeterminado antes de cambiar entre el modo de calentamiento y el modo de enfriamiento en respuesta a una determinación de que la temperatura aparente actual está por debajo del umbral de temperatura aparente inferior y un último modo operado por el sistema de climatización fue el modo de enfriamiento, o una determinación de que la temperatura aparente actual está por encima del umbral de temperatura aparente superior y el último modo operado por el sistema de climatización (100) fue el modo de calentamiento.

2. El sistema de la reivindicación 1, en donde las instrucciones de software comprenden una tabla de consulta, y en donde las instrucciones de software, cuando se ejecutan por el procesador, hacen que el procesador determine la temperatura aparente actual a partir de la tabla de consulta.

3. El sistema de la reivindicación 1, en donde las instrucciones de software comprende una ecuación algebraica semiempírica que define la temperatura aparente actual, y en donde las instrucciones de software, cuando se ejecutan por el procesador, hacen que el procesador calcule la temperatura aparente actual a partir de la ecuación algebraica semiempírica.

4. El sistema de la reivindicación 3, en donde la ecuación algebraica semiempírica es

$$AT = T_a + 0,33 * \rho - 0,70 * ws - 4,00, \text{ en donde}$$

$$\rho = rh * 6,105 * e^{\left(\frac{17,27 * T_a}{237,7 + T_a} \right)}$$

donde AT es la temperatura aparente en °C; Ta es la temperatura de bulbo seco en °C; p es la presión de vapor de agua (hPa); ws es la velocidad del viento; y rh es la humedad relativa (%).

5. El sistema de la reivindicación 1, en donde las instrucciones de software, cuando se ejecutan por el procesador, hacen además que el procesador calcule una temperatura de bulbo seco objetivo correspondiente a la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario y a la humedad relativa actual.

6. El sistema de la reivindicación 5, en donde las instrucciones de software comprenden una ecuación polinómica, y en donde las instrucciones de software, cuando se ejecutan por el procesador, hacen que el procesador calcule la temperatura de bulbo seco objetivo a partir de la ecuación polinómica.

7. El sistema de la reivindicación 6, en donde la ecuación polinómica es $-0,002227 * AT^2 + 1,06 * AT + 3,4902 * RH^2 - 3,6014 * RH - 0,33346 * AT * RH + 4,0937$, donde AT es la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario

y RH es la humedad relativa actual.

8. El sistema de la reivindicación 1, en donde las instrucciones de software, cuando se ejecutan por el procesador, hacen además que el procesador calcule una humedad relativa objetivo correspondiente a la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario y a la temperatura de bulbo seco actual.

9. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además una unidad de entrada configurada para introducir la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario.

10. El sistema de la reivindicación 9, en donde la unidad de entrada está configurada para hacer que el procesador calcule la temperatura aparente actual y hacer que el procesador establezca el umbral de temperatura aparente inferior igual a la temperatura aparente actual cuando el sistema está funcionando en el modo de calentamiento y establezca el umbral de temperatura aparente superior igual a la temperatura aparente actual cuando el sistema (100) está funcionando en el modo de enfriamiento.

11. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además una pantalla configurada para visualizar al menos una de la temperatura de bulbo seco actual, la humedad relativa actual, la temperatura aparente actual y la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario.

12. El sistema de la reivindicación 1, en donde el medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio está configurado para almacenar una primera temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario asociada con un primer usuario, y almacenar una segunda temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario asociada con un segundo usuario.

13. El sistema de la reivindicación 1, en donde:

el umbral de temperatura aparente inferior está asociado con una curva definida por una pluralidad de combinaciones de temperatura de bulbo seco y humedad relativa que alcanzan una temperatura aparente inferior constante correspondiente al umbral de temperatura aparente inferior, y

el umbral de temperatura aparente superior está asociado con una curva definida por una pluralidad de combinaciones de temperatura de bulbo seco y humedad relativa que alcanzan una temperatura aparente superior constante correspondiente al umbral de temperatura aparente superior.

14. Un método para controlar el clima de un espacio acondicionado, comprendiendo el método:

determinar una temperatura de bulbo seco actual del espacio acondicionado;

determinar una humedad relativa actual del espacio acondicionado; calcular o determinar una temperatura aparente actual del espacio acondicionado basándose en al menos la humedad relativa actual y la temperatura de bulbo seco actual del espacio acondicionado;

activar una unidad de calefacción (300) en un modo de calentamiento cuando la temperatura aparente actual está por debajo de un umbral de temperatura aparente inferior basado en una temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario, en donde el umbral de temperatura aparente inferior está por debajo de la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario;

activar una unidad de refrigeración en un modo de enfriamiento cuando la temperatura aparente actual está por encima de un umbral de temperatura aparente superior basado en la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario, en donde el umbral de temperatura aparente superior está por encima de la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario;

no activar ni la unidad de refrigeración ni la unidad de calefacción (300) cuando la temperatura aparente actual está en una banda muerta entre el umbral de temperatura aparente inferior y el umbral de temperatura aparente superior;

conmutar automáticamente entre el modo de calentamiento y el modo de enfriamiento; y caracterizado por ejecutar un retardo de un periodo de tiempo predeterminado antes de cambiar entre el modo de calentamiento y el modo de enfriamiento en respuesta a una determinación de que la temperatura aparente actual está por debajo del umbral de temperatura aparente inferior y un último modo operado por el sistema de climatización fue el modo de enfriamiento, o una determinación de que la temperatura aparente actual está por encima del umbral de temperatura aparente superior y el último modo operado por el sistema de climatización fue el modo de calentamiento.

15. Un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio que tiene instrucciones de software almacenadas en el mismo que, cuando se ejecutan por un procesador, hacen que el procesador:

determine una temperatura de bulbo seco actual;

determine una humedad relativa actual;

determine una temperatura aparente actual basada en la temperatura de bulbo seco actual y la humedad relativa actual;

reciba una temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario;

- active una unidad de calefacción (300) en un modo de calentamiento cuando la temperatura aparente actual está por debajo de un umbral de temperatura aparente inferior basado en una temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario, en donde el umbral de temperatura aparente inferior está por debajo de la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario;
- 5 active una unidad de refrigeración en un modo de enfriamiento cuando la temperatura aparente actual está por encima de un umbral de temperatura aparente superior basado en la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario, en donde el umbral de temperatura aparente superior está por encima de la temperatura aparente deseada seleccionada por el usuario;
- 10 no active ni la unidad de refrigeración ni la unidad de calefacción (300) cuando la temperatura aparente actual está en una banda muerta entre el umbral de temperatura aparente inferior y el umbral de temperatura aparente superior; y
- 15 cambie automáticamente entre el modo de calentamiento y el modo de enfriamiento; y caracterizado por que se hace además que el procesador ejecute un retardo de un periodo de tiempo predeterminado antes de cambiar entre el modo de calentamiento y el modo de enfriamiento en respuesta a una determinación de que la temperatura aparente actual está por debajo del umbral de temperatura aparente inferior y un último modo operado por el sistema de climatización fue el modo de enfriamiento, o una determinación de que la temperatura aparente actual está por encima del umbral de temperatura aparente superior y el último modo operado por el sistema de climatización fue el modo de calentamiento.

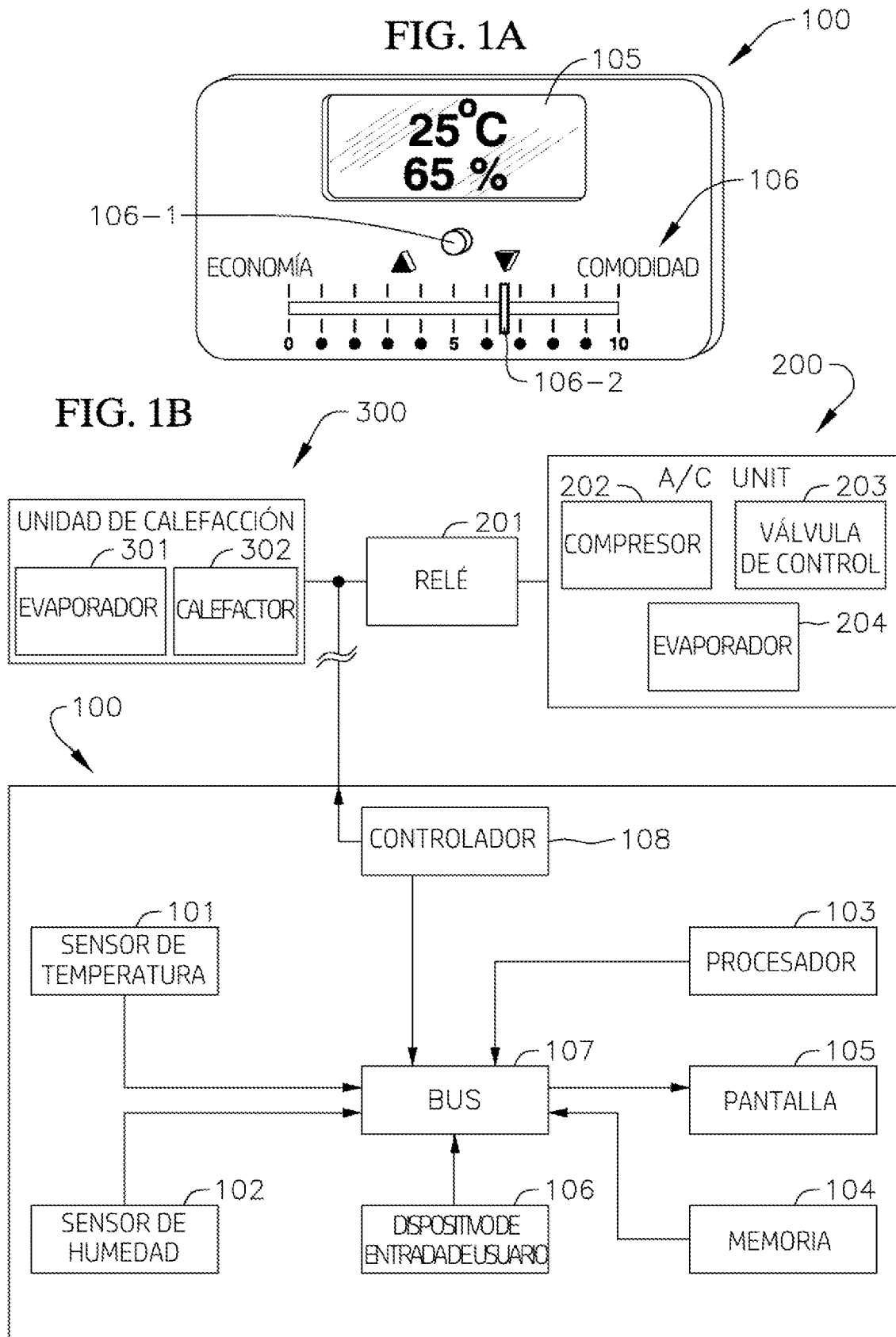


FIG. 2A

TEMPERATURA APARENTE EN GRADOS CELSIUS

	HUMEDAD RELATIVA									
	10.%	20.%	30.%	40.%	50.%	60.%	70.%	80.%	90.%	100.%
TEMP. DE BULBO SECO	10.0	6.1	6.5	7.0	7.4	7.8	8.2	8.7	9.1	9.9
	11.0	7.1	7.6	8.0	8.5	9.0	9.4	9.9	10.3	11.2
	12.0	8.2	8.7	9.1	9.6	10.1	10.6	11.1	11.6	12.6
	13.0	9.2	9.7	10.2	10.8	11.3	11.8	12.3	12.8	13.9
	14.0	10.2	10.8	11.3	11.9	12.5	13.0	13.6	14.1	15.2
	15.0	11.3	11.9	12.5	13.0	13.6	14.2	14.8	15.4	16.6
	16.0	12.3	12.9	13.6	14.2	14.8	15.5	16.1	16.7	18.0
	17.0	13.4	14.0	14.7	15.4	16.0	16.7	17.4	18.1	19.4
	18.0	14.4	15.1	15.8	16.5	17.3	18.0	18.7	19.4	20.8
	19.0	15.4	16.2	17.0	17.7	18.5	19.3	20.0	20.8	22.3
	20.0	16.5	17.3	18.1	18.9	19.7	20.5	21.4	22.2	23.8
	21.0	17.5	18.4	19.3	20.1	21.0	21.9	22.7	23.6	25.3
	22.0	18.6	19.5	20.4	21.4	22.3	23.2	24.1	25.0	26.9
	23.0	19.7	20.6	21.6	22.6	23.6	24.5	25.5	26.5	28.4
	24.0	20.7	21.8	22.8	23.8	24.9	25.9	26.9	28.0	30.0
	25.0	21.8	22.9	24.0	25.1	26.2	27.3	28.4	29.5	31.7
	26.0	22.8	24.0	25.2	26.3	27.5	28.7	29.8	31.0	33.3
	27.0	23.9	25.2	26.4	27.6	28.9	30.1	31.3	32.6	35.0
	28.0	25.0	26.3	27.6	28.9	30.2	31.5	32.9	34.2	36.8
	29.0	26.1	27.5	28.8	30.2	31.6	33.0	34.4	35.8	38.6
	30.0	27.2	28.6	30.1	31.6	33.0	34.5	36.0	37.5	40.4
	31.0	28.2	29.9	31.4	32.9	34.5	36.0	37.6	39.1	42.3
	32.0	29.3	31.0	32.6	34.3	35.9	37.6	39.2	40.9	44.2
	33.0	30.4	32.2	33.9	35.7	37.4	39.1	40.9	42.6	46.1

FIG. 2B

TEMPERATURA APARENTE EN FAHRENHEIT

	HUMEDAD RELATIVA									
	10.%	20.%	30.%	40.%	50.%	60.%	70.%	80.%	90.%	100.%
TEMP. DE BULBO SECO	50.0	43.0	43.8	44.5	45.3	46.1	46.8	47.6	48.4	49.1
	51.8	44.8	45.7	46.5	47.3	48.1	48.9	49.8	50.6	51.4
	53.6	46.7	47.6	48.5	49.3	50.2	51.1	52.0	52.8	53.7
	55.4	48.6	49.5	50.4	51.4	52.3	53.2	54.2	55.1	56.1
	57.2	50.4	51.4	52.4	53.4	54.4	55.4	56.4	57.4	58.4
	59.0	52.3	53.4	54.4	55.5	56.6	57.6	58.7	59.8	60.8
	60.8	54.2	55.3	56.4	57.6	58.7	59.8	61.0	62.1	63.3
	62.6	56.0	57.2	58.5	59.7	60.9	62.1	63.3	64.5	65.7
	64.4	57.9	59.2	60.5	61.8	63.1	64.4	65.7	66.9	68.2
	66.2	59.8	61.2	62.5	63.9	65.3	66.7	68.0	69.4	70.8
	68.0	61.7	63.1	64.6	66.1	67.5	69.0	70.5	71.9	73.4
	69.8	63.6	65.1	66.7	68.2	69.8	71.3	72.9	74.5	76.0
	71.6	65.5	67.1	68.8	70.4	72.1	73.7	75.4	77.0	78.7
	73.4	67.4	69.1	70.9	72.6	74.4	76.2	77.9	79.7	81.4
	75.2	69.3	71.2	73.0	74.9	76.7	78.6	80.5	82.3	84.2
	77.0	71.2	73.2	75.2	77.1	79.1	81.1	83.1	85.1	87.0
	78.8	73.1	75.2	77.3	79.4	81.5	83.6	85.7	87.8	89.9
	80.6	75.1	77.3	79.5	81.7	84.0	86.2	88.4	90.6	92.9
	82.4	77.0	79.3	81.7	84.1	86.4	88.8	91.1	93.5	95.9
	84.2	78.9	81.4	83.9	86.4	88.9	91.4	93.9	96.4	98.9
	86.0	80.9	83.5	86.2	88.8	91.5	94.1	96.8	99.4	102.1
	87.8	82.8	85.6	88.4	91.2	94.0	96.9	99.7	102.5	105.3
	89.6	84.8	87.8	90.7	93.7	96.7	99.6	102.6	105.6	108.5
	91.4	86.8	89.9	93.0	96.2	99.3	102.5	105.6	108.7	111.9

FIG. 3A

TEMPERATURA DE BULBO SECO EN CELSIUS

HUMEDAD RELATIVA																			
	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
15.6	↑19.2	↑18.8	↑18.4	↑18.1	↑17.7	↑17.4	↑17.1	↑16.8	↑16.5	↑16.3	16.0	15.8	15.6	15.4	15.2	15.1	15.0	14.8	14.7
16.1	↑19.7	↑19.3	↑18.9	↑18.6	↑18.2	↑17.9	↑17.6	↑17.3	↑17.0	↑16.7	16.5	16.2	16.0	15.8	15.6	15.5	15.3	15.2	15.1
16.7	↑20.3	↑19.8	↑19.4	↑19.1	↑18.7	↑18.4	↑18.0	↑17.7	↑17.4	17.2	16.9	16.7	16.4	16.2	16.0	15.9	15.7	15.6	15.5
17.2	↑20.8	↑20.4	↑20.0	↑19.6	↑19.2	↑18.8	↑18.5	↑18.2	↑17.9	17.6	17.3	17.1	16.9	16.6	16.4	16.3	16.1	16.0	15.8
17.8	↑21.3	↑20.9	↑20.5	↑20.1	↑19.7	↑19.3	↑19.0	↑18.7	↑18.3	18.0	17.8	17.5	17.3	17.0	16.8	16.7	16.5	16.3	16.2
18.3	↑21.8	↑21.4	↑21.0	↑20.6	↑20.2	↑19.8	↑19.4	↑19.1	18.8	18.5	18.2	17.9	17.7	17.5	17.2	17.0	16.9	16.7	16.6
18.9	↑22.4	↑21.9	↑21.5	↑21.1	↑20.7	↑20.3	↑19.9	↑19.6	19.2	18.9	18.6	18.4	18.1	17.9	17.6	17.4	17.2	17.1	16.9
19.4	↑22.9	↑22.4	↑22.0	↑21.6	↑21.1	↑20.8	↑20.4	↑20.0	19.7	19.4	19.1	18.8	18.5	18.3	18.0	17.8	17.6	17.4	17.3
20.0	↑23.4	↑22.9	↑22.5	↑22.1	↑21.6	↑21.2	↑20.9	20.5	20.1	19.8	19.5	19.2	18.9	18.7	18.4	18.2	18.0	17.8	17.6
20.6	↑23.9	↑23.5	↑23.0	↑22.5	↑22.1	↑21.7	↑21.3	20.9	20.6	20.2	19.9	19.6	19.3	19.1	18.8	18.6	18.4	18.2	18.0
21.1	↑24.4	↑24.0	↑23.5	↑23.0	↑22.6	↑22.2	↑21.8	21.4	21.0	20.7	20.3	20.0	19.7	19.5	19.2	19.0	18.7	18.5	18.3
21.7	↑25.0	↑24.5	↑24.0	↑23.5	↑23.1	↑22.7	↑22.2	21.8	21.5	21.1	20.8	20.5	20.1	19.9	19.6	19.3	19.1	18.9	18.7
22.2	↑25.5	↑25.0	↑24.5	↑24.0	↑23.6	↑23.1	22.7	22.3	21.9	21.5	21.2	20.9	20.5	20.3	20.0	19.7	19.5	19.2	19.0
22.8	↑26.0	↑25.5	↑25.0	↑24.5	↑24.0	↑23.6	23.2	22.7	22.4	22.0	21.6	21.3	21.0	20.6	20.4	20.1	19.8	19.6	19.4
23.3	↑26.5	↑26.0	↑25.5	↑25.0	↑24.5	↑24.1	23.6	23.2	22.8	22.4	22.0	21.7	21.4	21.0	20.7	20.5	20.2	19.9	19.7
23.9	↑27.0	↑26.5	↑26.0	↑25.5	↑25.0	↑24.5	24.1	23.6	23.2	22.8	22.5	22.1	21.8	21.4	21.1	20.8	20.6	20.3	20.1
24.4	↑27.5	↑27.0	↑26.5	↑26.0	↑25.5	↑25.0	24.5	24.1	23.7	23.3	22.9	22.5	22.2	21.8	21.5	21.2	20.9	20.7	20.4
25.0	↑28.0	↑27.5	↑27.0	↑26.4	↑25.9	25.4	25.0	24.5	24.1	23.7	23.3	22.9	22.6	22.2	21.9	21.6	21.3	21.0	20.8
25.6	↑28.5	↑28.0	↑27.4	↑26.9	↑26.4	25.9	25.4	25.0	24.5	24.1	23.7	23.3	23.0	22.6	22.3	21.9	21.6	21.4	21.1
26.1	↑29.1	↑28.5	↑27.9	↑27.4	↑26.9	26.4	25.9	25.4	25.0	24.5	24.1	23.7	23.3	23.0	22.6	22.3	22.0	21.7	21.4
26.7	↑29.6	↑29.0	↑28.4	↑27.9	↑27.3	26.8	26.3	25.9	25.4	25.0	24.5	24.1	23.7	23.4	23.0	22.7	22.4	22.1	21.8
27.2	↑30.1	↑29.5	↑28.9	↑28.3	↑27.8	27.3	26.8	26.3	25.8	25.4	24.9	24.5	24.1	23.8	23.4	23.0	22.7	22.4	22.1
27.8	↑30.6	↑30.0	↑29.4	↑28.8	28.3	27.7	27.2	26.7	26.3	25.8	25.4	24.9	24.5	24.1	23.8	23.4	23.1	22.7	22.4
28.3	↑31.1	↑30.5	↑29.9	↑29.3	28.7	28.2	27.7	27.2	26.7	26.2	25.8	25.3	24.9	24.5	24.1	23.8	23.4	23.1	22.8
28.9	↑31.6	↑30.9	↑30.3	↑29.8	29.2	28.7	28.1	27.6	27.1	26.6	26.2	25.7	25.3	24.9	24.5	24.1	23.8	23.4	23.1
29.4	↑32.1	↑31.4	↑30.8	↑30.2	29.7	29.1	28.6	28.0	27.5	27.0	26.6	26.1	25.7	25.3	24.9	24.5	24.1	23.8	23.4
30.0	↑32.6	↑31.9	↑31.3	↑30.7	30.1	29.6	29.0	28.5	28.0	27.5	27.0	26.5	26.1	25.6	25.2	24.8	24.5	24.1	23.8
30.6	↑33.1	↑32.4	↑31.8	↑31.2	30.6	30.0	29.4	28.9	28.4	27.9	27.4	26.9	26.5	26.0	25.6	25.2	24.8	24.5	24.1
31.1	↑33.6	↑32.9	↑32.3	↑31.6	31.0	30.4	29.9	29.3	28.8	28.3	27.8	27.3	26.8	26.4	26.0	25.6	25.2	24.8	24.4
31.7	↑34.0	↑33.3	↑32.7	32.1	31.5	30.9	30.3	29.8	29.2	28.7	28.2	27.7	27.2	26.8	26.3	25.9	25.5	25.1	24.8
32.2	↑34.5	↑33.9	↑33.2	32.6	31.9	31.3	30.8	30.2	29.6	29.1	28.6	28.1	27.6	27.1	26.7	26.3	25.9	25.5	25.1

FIG. 3B

TEMPERATURA DE BULBO SECO EN FAHRENHEIT

HUMEDAD RELATIVA																			
	10.%	15.%	20.%	25.%	30.%	35.%	40.%	45.%	50.%	55.%	60.%	65.%	70.%	75.%	80.%	85.%	90.%	95.%	100.%
60.0	↑66.6	↑65.8	↑65.2	↑64.5	↑63.9	↑63.3	↑62.8	↑62.2	↑61.7	↑61.3	60.8	60.4	60.1	59.7	59.4	59.2	58.9	58.7	58.5
61.0	↑67.5	↑66.8	↑66.1	↑65.4	↑64.8	↑64.2	↑63.6	↑63.1	↑62.6	↑62.1	61.6	61.2	60.8	60.5	60.2	59.9	59.6	59.4	59.2
62.0	↑68.5	↑67.7	↑67.0	↑66.3	↑65.7	↑65.1	↑64.5	↑63.9	↑63.4	62.9	62.4	62.0	61.6	61.2	60.9	60.6	60.3	60.1	59.8
63.0	↑69.4	↑68.7	↑67.9	↑67.2	↑66.6	↑65.9	↑65.3	↑64.7	↑64.2	63.7	63.2	62.8	62.3	62.0	61.6	61.3	61.0	60.7	60.5
64.0	↑70.4	↑69.6	↑68.8	↑68.1	↑67.4	↑66.8	↑66.2	↑65.6	↑65.0	64.5	64.0	63.5	63.1	62.7	62.3	62.0	61.7	61.4	61.1
65.0	↑71.3	↑70.5	↑69.8	↑69.0	↑68.3	↑67.6	↑67.0	↑66.4	65.8	65.3	64.8	64.3	63.8	63.4	63.0	62.7	62.3	62.1	61.8
66.0	↑72.3	↑71.4	↑70.7	↑69.9	↑69.2	↑68.5	↑67.9	↑67.2	66.6	66.1	65.5	65.0	64.6	64.1	63.7	63.4	63.0	62.7	62.4
67.0	↑73.2	↑72.4	↑71.6	↑70.8	↑70.1	↑69.4	↑68.7	↑68.1	67.4	66.9	66.3	65.8	65.3	64.9	64.4	64.1	63.7	63.4	63.1
68.0	↑74.1	↑73.3	↑72.5	↑71.7	↑70.9	↑70.2	↑69.5	68.9	68.2	67.7	67.1	66.6	66.1	65.6	65.2	64.7	64.4	64.0	63.7
69.0	↑75.1	↑74.2	↑73.4	↑72.6	↑71.8	↑71.1	↑70.4	69.7	69.1	68.4	67.9	67.3	66.8	66.3	65.9	65.4	65.0	64.7	64.4
70.0	↑76.0	↑75.1	↑74.3	↑73.5	↑72.7	↑71.9	↑71.2	70.5	69.9	69.2	68.6	68.1	67.5	67.0	66.6	66.1	65.7	65.3	65.0
71.0	↑76.9	↑76.0	↑75.2	↑74.3	↑73.5	↑72.8	↑72.0	71.3	70.7	70.0	69.4	68.8	68.3	67.7	67.3	66.8	66.4	66.0	65.6
72.0	↑77.9	↑77.0	↑76.1	↑75.2	↑74.4	↑73.6	↑72.9	72.1	71.4	70.8	70.2	69.6	69.0	68.5	67.9	67.5	67.0	66.6	66.2
73.0	↑78.8	↑77.9	↑77.0	↑76.1	↑75.3	↑74.5	↑73.7	72.9	72.2	71.6	70.9	70.3	69.7	69.2	68.6	68.2	67.7	67.3	66.9
74.0	↑79.7	↑78.8	↑77.9	↑77.0	↑76.1	↑75.3	↑74.5	73.8	73.0	72.3	71.7	71.0	70.4	69.9	69.3	68.8	68.4	67.9	67.5
75.0	↑80.6	↑79.7	↑78.7	↑77.8	↑77.0	↑76.1	↑75.3	74.6	73.8	73.1	72.4	71.8	71.2	70.6	70.0	69.5	69.0	68.5	68.1
76.0	↑81.6	↑80.6	↑79.6	↑78.7	↑77.8	↑77.0	↑76.2	75.4	74.6	73.9	73.2	72.5	71.9	71.3	70.7	70.2	69.7	69.2	68.7
77.0	↑82.5	↑81.5	↑80.5	↑79.6	↑78.7	↑77.8	↑77.0	76.2	75.4	74.6	73.9	73.2	72.6	72.0	71.4	70.8	70.3	69.8	69.4
78.0	↑83.4	↑82.4	↑81.4	↑80.4	↑79.5	↑78.6	↑77.8	77.0	76.2	75.4	74.7	74.0	73.3	72.7	72.1	71.5	71.0	70.4	70.0
79.0	↑84.3	↑83.3	↑82.3	↑81.3	↑80.4	↑79.5	↑78.6	77.8	76.9	76.2	75.4	74.7	74.0	73.4	72.7	72.2	71.6	71.1	70.6
80.0	↑85.2	↑84.2	↑83.1	↑82.2	↑81.2	↑80.3	↑79.4	78.5	77.7	76.9	76.2	75.4	74.7	74.1	73.4	72.8	72.2	71.7	71.2
81.0	↑86.1	↑85.1	↑84.0	↑83.0	↑82.1	↑81.1	↑80.2	79.3	78.5	77.7	76.9	76.2	75.4	74.8	74.1	73.5	72.9	72.3	71.8
82.0	↑87.0	↑85.9	↑84.9	↑83.9	↑82.9	↑81.9	↑81.0	80.1	79.3	78.4	77.6	76.9	76.1	75.4	74.8	74.1	73.5	72.9	72.4
83.0	↑87.9	↑86.8	↑85.8	↑84.7	↑83.7	↑82.8	↑81.8	80.9	80.0	79.2	78.4	77.6	76.8	76.1	75.4	74.8	74.2	73.6	73.0
84.0	↑88.8	↑87.7	↑86.6	↑85.6	↑84.6	↑83.6	↑82.6	81.7	80.8	79.9	79.1	78.3	77.5	76.8	76.1	75.4	74.8	74.2	73.6
85.0	↑89.7	↑88.6	↑87.5	↑86.4	↑85.4	↑84.4	↑83.4	82.5	81.6	80.7	79.8	79.0	78.2	77.5	76.8	76.1	75.4	74.8	74.2
86.0	↑90.6	↑89.5	↑88.4	↑87.3	↑86.2	↑85.2	↑84.2	83.2	82.3	81.4	80.6	79.7	78.9	78.2	77.4	76.7	76.0	75.4	74.8
87.0	↑91.5	↑90.3	↑89.2	↑88.1	↑87.0	↑86.0	↑85.0	84.0	83.1	82.2	81.3	80.4	79.6	78.8	78.1	77.4	76.7	76.0	75.4
88.0	↑92.4	↑91.2	↑90.1	↑88.9	↑87.9	↑86.8	↑85.8	84.8	83.8	82.9	82.0	81.1	80.3	79.5	78.7	78.0	77.3	76.6	76.0
89.0	↑93.3	↑92.1	↑90.9	↑89.8	↑88.7	↑87.6	↑86.6	85.6	84.6	83.6	82.7	81.9	81.0	80.2	79.4	78.6	77.9	77.2	76.6
90.0	↑94.2	↑93.0	↑91.8	↑90.6	↑89.5	↑88.4	↑87.4	86.3	85.3	84.4	83.5	82.6	81.7	80.8	80.0	79.3	78.5	77.8	77.1

FIG. 4A

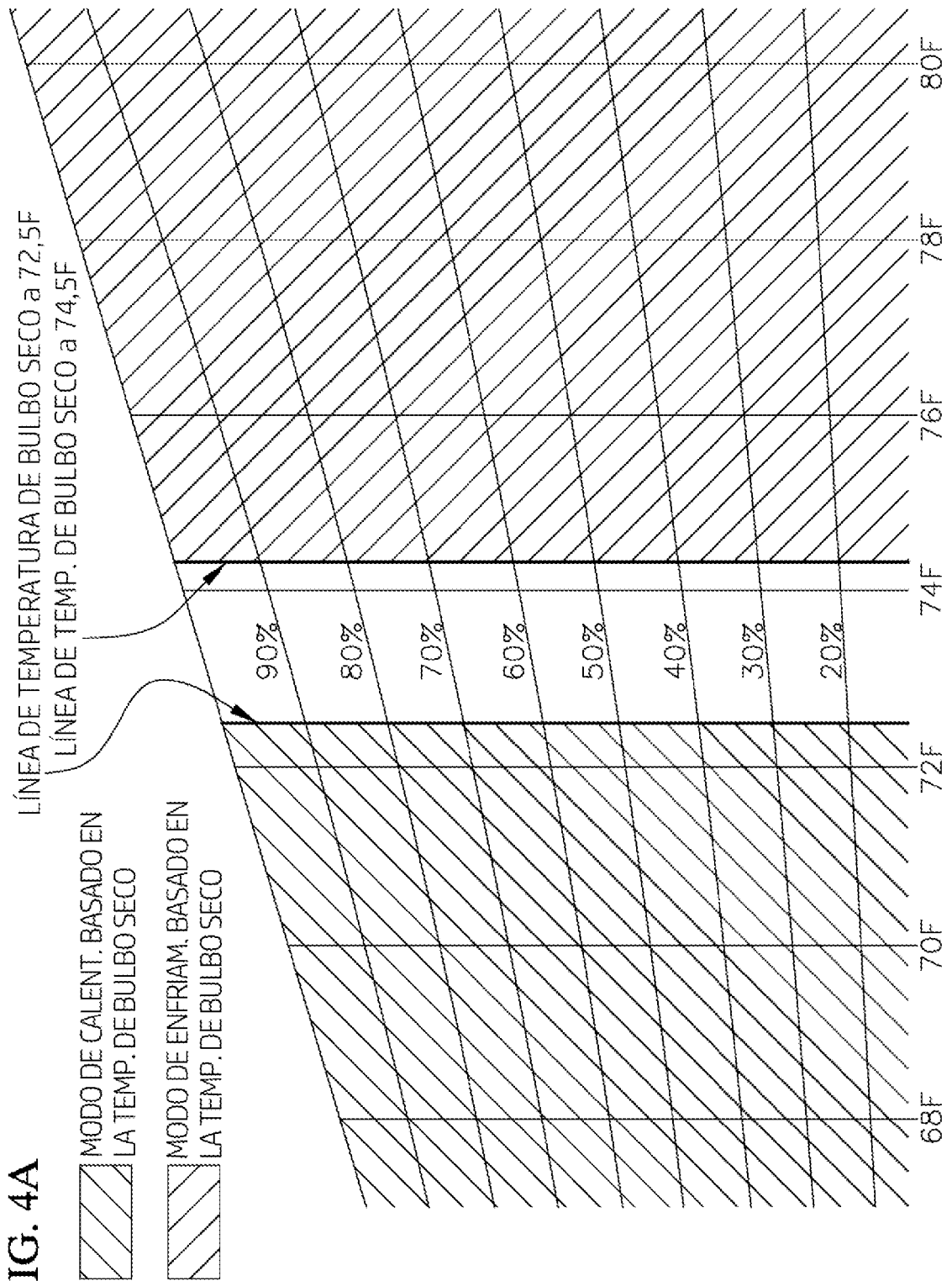


FIG. 4B

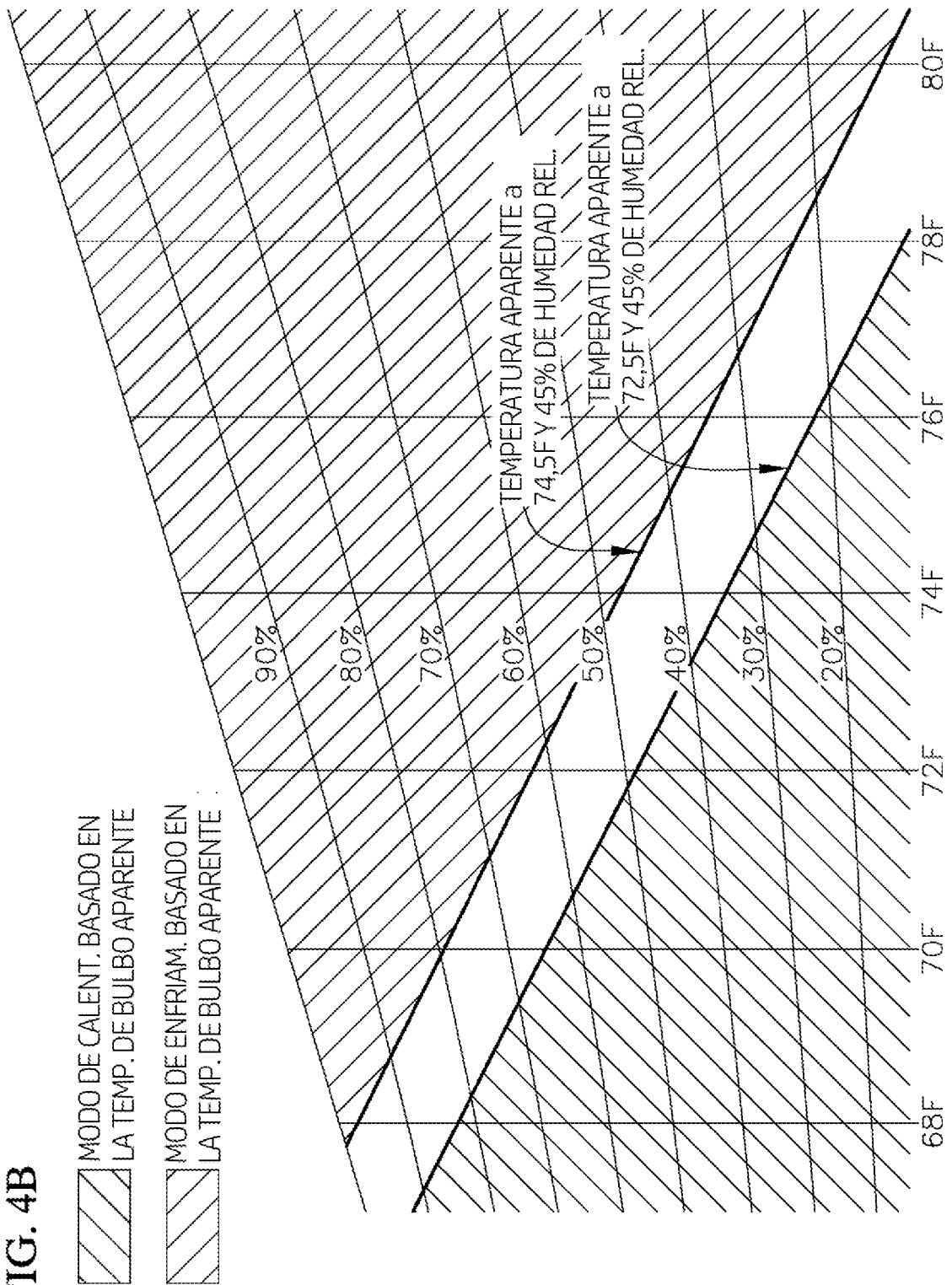
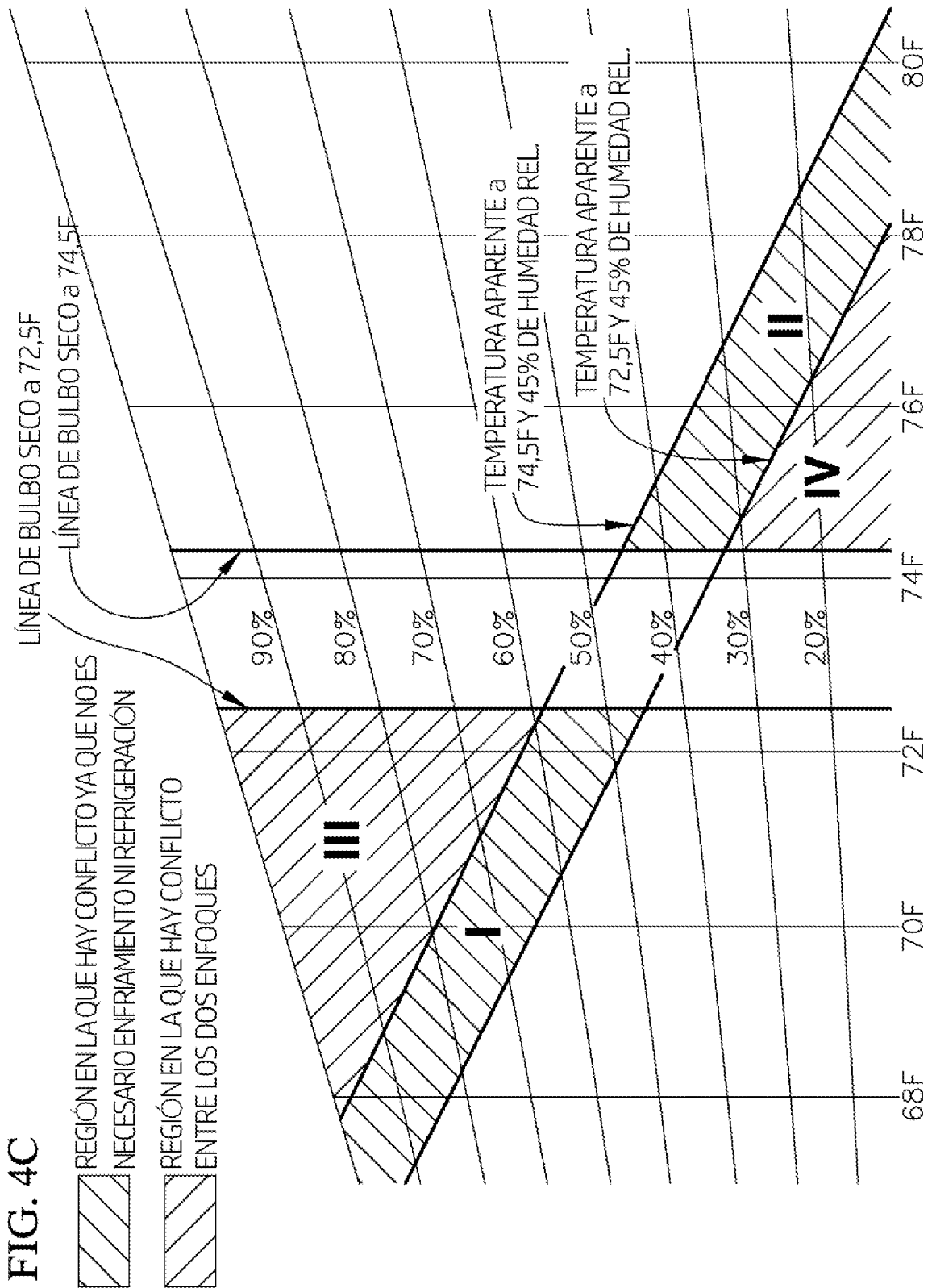


FIG. 4C



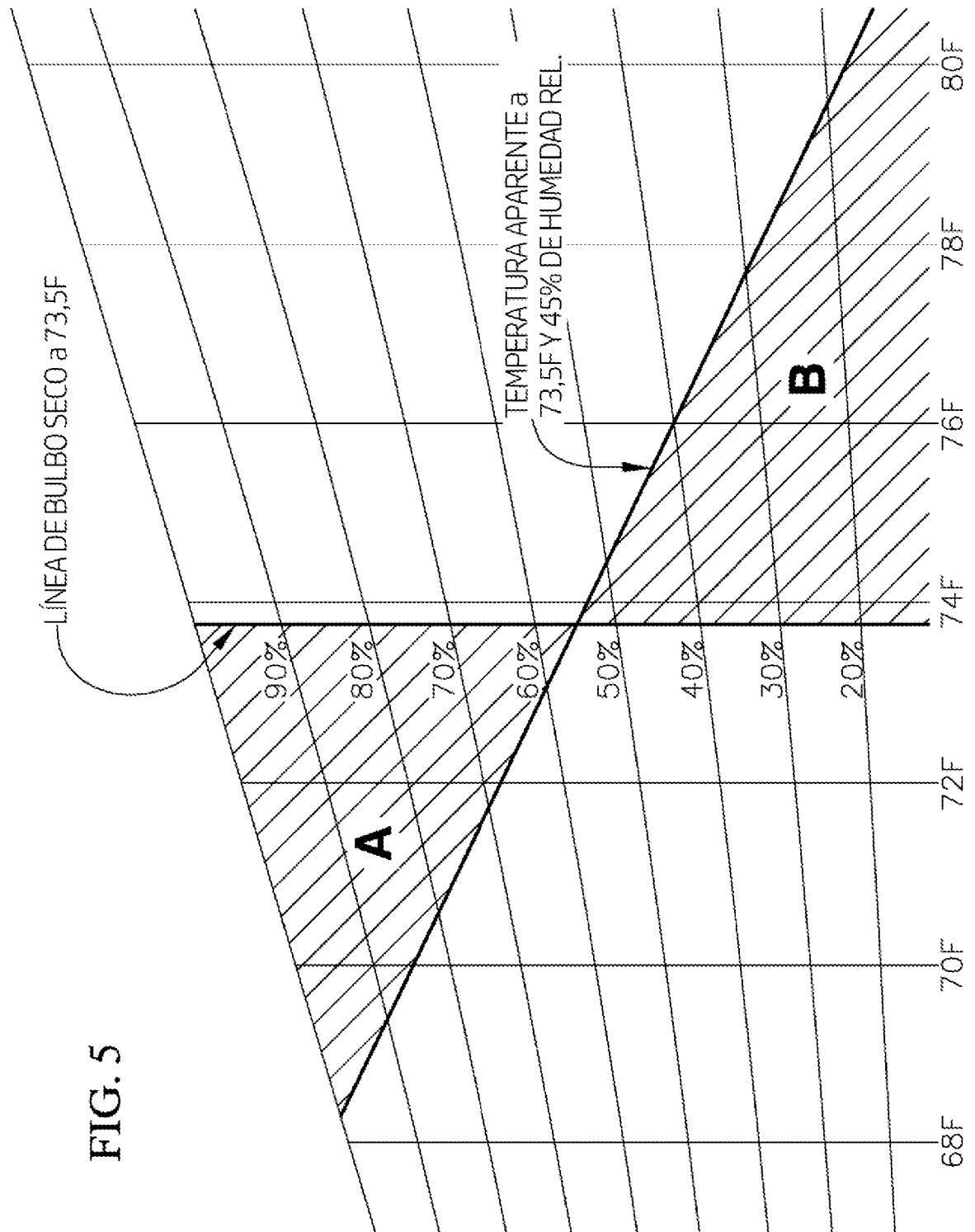


FIG. 6

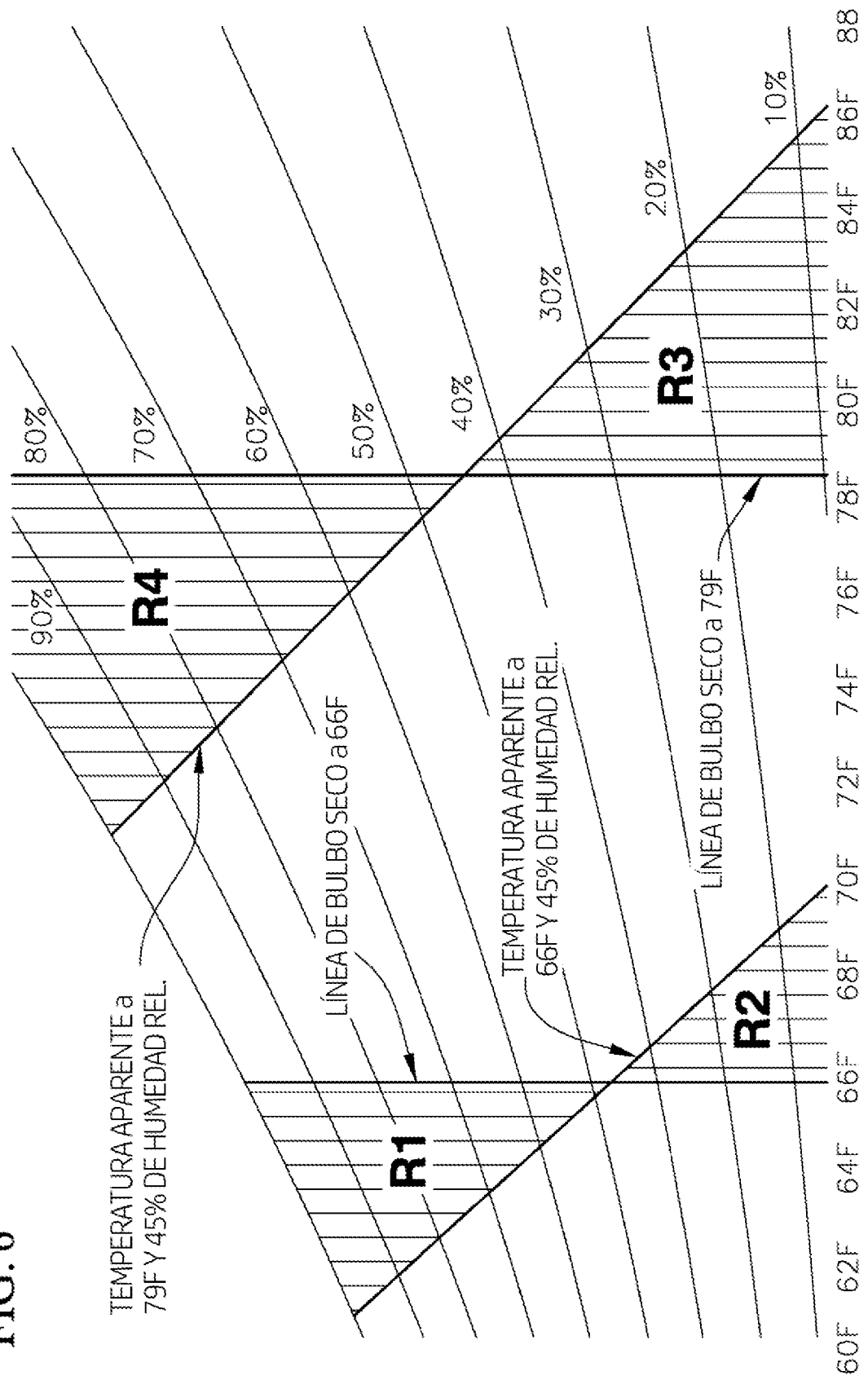


FIG. 7

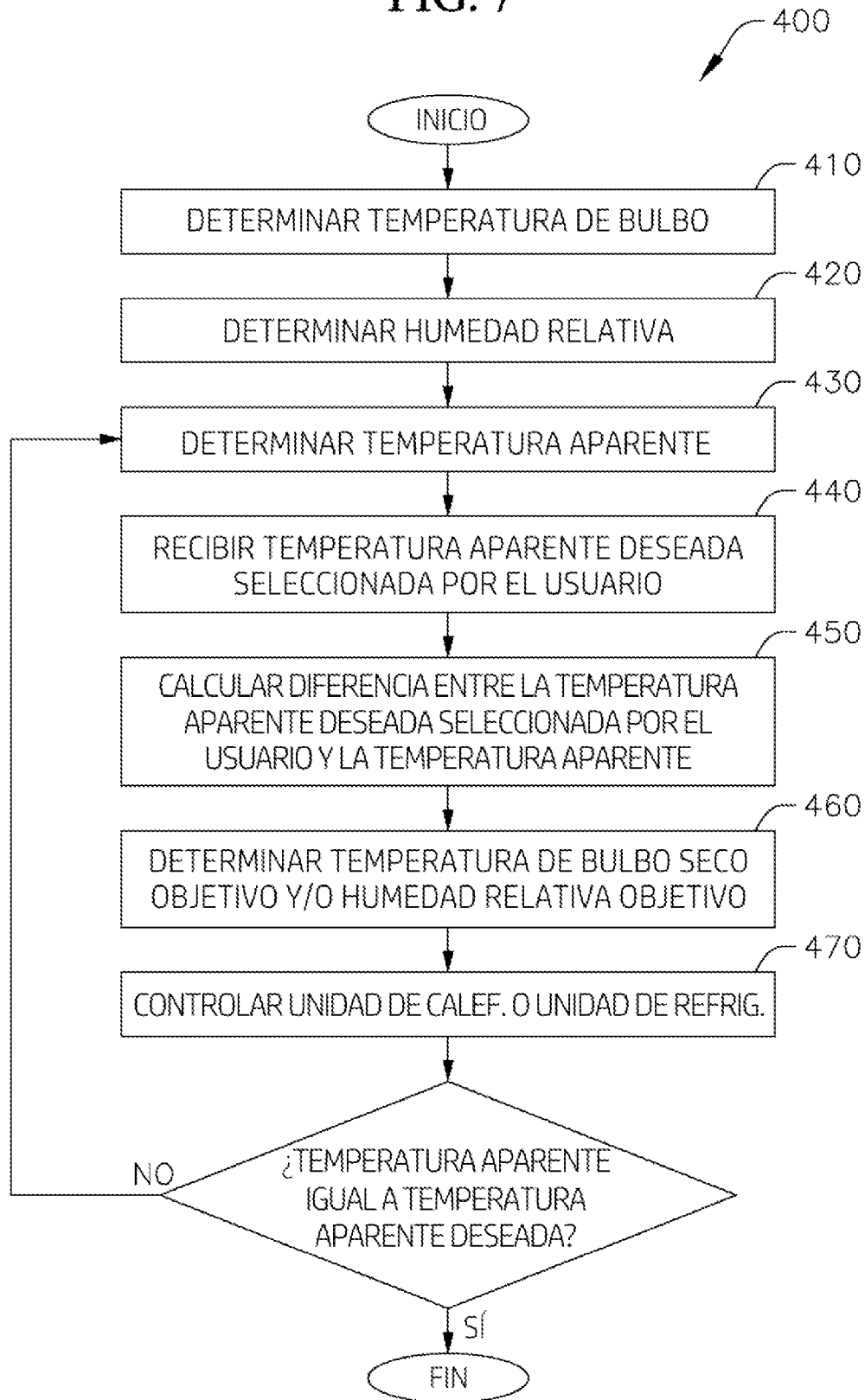


FIG. 8

