

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 973 999**

51 Int. Cl.:

**A23B 4/03** (2006.01)

**A23B 7/148** (2006.01)

**F26B 25/22** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.01.2019 PCT/US2019/015640**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.08.2019 WO19152397**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.01.2019 E 19709145 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2024 EP 3745869**

54 Título: **Sistema de control de presión de vapor para secado y curado de productos**

30 Prioridad:

**01.02.2018 US 201862625161 P**

**26.04.2018 US 201862662925 P**

**22.08.2018 US 201862721019 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.06.2024**

73 Titular/es:

**JDS CONSULTING, LLC (100.0%)**

**9 Precision Drive**

**North Springfield, VT 05150, US**

72 Inventor/es:

**SANDELMAN, DAVID**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 973 999 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

Sistema de control de presión de vapor para secado y curado de productos

### 5 Antecedentes de la invención

Varios productos requieren tiempo para lo que se llama "envejecimiento" o "secado".

10 Los quesos y las carnes históricamente se han madurado en cuevas. El cannabis históricamente ha sido secado utilizando simples técnicas caseras de cultivo. El clima local, las condiciones geológicas y la estación del año dictaron la temperatura y humedad en las cuevas para los alimentos. Debido a estas condiciones variadas, diferentes estilos y tipos de productos alimenticios provienen de diferentes lugares. Ahora las personas están elaborando quesos y carnes curadas de todo tipo, y en todas partes del mundo. El desafío al que se enfrentan es controlar/crear las condiciones adecuadas en las habitaciones donde se seca o envejece el producto. En la actualidad, la mayoría de las instalaciones intentan controlar la temperatura en la habitación (bulbo seco) y la humedad (% RH) con éxito limitado. La Humedad Relativa se calcula utilizando la Presión de Vapor Parcial ( $e_w$ ) dividida por la Presión de Vapor Saturado ( $e_w^*$ ) \* 100. La Presión Parcial de Vapor cambia con el Punto de Rocío. La presión de vapor saturado cambia con la temperatura de bulbo seco. Las técnicas convencionales del estado de la técnica para secar y curar las hojas de cannabis han utilizado en su mayoría métodos caseros más básicos. Algunas instalaciones más grandes para secar cannabis utilizan las instalaciones descritas anteriormente para tratar de controlar la temperatura y la humedad en un espacio controlado.

El término producto se utiliza para describir productos alimenticios, así como hojas de plantas de cannabis y otros productos similares.

25 La presión de vapor en una habitación se utiliza indistintamente con el punto de rocío, pero la presión de vapor de un alimento o una planta es específica de ese producto y está sujeta a medición. En esta solicitud de patente, la presión de vapor en una habitación y el punto de rocío de la habitación se utilizan indistintamente, pero el punto de rocío nunca se utiliza de la misma manera que la presión de vapor de un alimento o una planta, ya que el término punto de rocío no se utiliza en esos casos.

El secado y curado de productos como carnes, quesos y hojas de cannabis, así como productos similares, implica esencialmente la eliminación de agua de los productos. La cantidad y velocidad de eliminación controlan sustancialmente la calidad y deseabilidad de los productos. Esta invención mejora el control y la manipulación efectiva de dicha tasa y eliminación de agua para proporcionar productos mejores y más valiosos después de que se sequen y curen en comparación con los procesos actuales y pasados de secado y curado. El documento US4704805 divulga un sistema de control de supervisión que incluye un arreglo y un proceso para controlar la operación de un secador para el secado adiabático continuo de un producto sólido húmedo con aire caliente para lograr el contenido de humedad final deseado del producto.

### 40 Resumen de la invención

Esta invención proporciona un sistema de control automatizado mejorado para el secado y curado de flores de cannabis que mejora el producto y, de otra manera, mejora sustancialmente el proceso y el producto resultante. Los sistemas de control mejorados también pueden ser utilizados para alimentos envejecidos como quesos y carnes.

Intentar controlar el % HR en una habitación con un sistema de control de un solo punto, como un control de humedad, solo funcionará si la temperatura de la habitación se mantiene constante. Un control más efectivo requiere dos lazos de control, el primer lazo de control controla la temperatura de bulbo seco en la habitación, y el segundo lazo de control controla la presión de vapor en la habitación. La presión de vapor en la habitación también se puede expresar como punto de rocío, que se puede derivar de la temperatura de bulbo húmedo en la habitación. De hecho, un sensor de punto de rocío es el dispositivo comúnmente utilizado para determinar el punto de rocío y/o la presión de vapor. La unidad de medida preferida para el segundo lazo de control es el Punto de Rocío, pero no se limita a él, ya que el Punto de Rocío se puede medir como una medida de tipo primario con un espejo enfriado.

55 En el proceso de envejecimiento/secado de productos alimenticios, el agua se libera del producto en forma de vapor de agua. Cada producto alimenticio específico tiene su propia presión de vapor y un valor conocido. La capacidad del producto para perder agua se puede medir determinando la presión parcial de vapor del producto. Esto se expresa como Actividad del Agua o  $a_w$ . Al controlar la presión parcial de vapor en la habitación en comparación con la presión parcial de vapor del producto envejecido, se puede controlar la velocidad a la que el producto pierde humedad.

Los productos alimenticios están compuestos principalmente por agua y se venden por peso, por lo que el control de la pérdida de humedad del producto puede tener un impacto significativo en la rentabilidad. Si el producto pierde más agua de la deseada, el producto final pesará menos que el peso final óptimo y, por lo tanto, reducirá el precio de venta.

65 La tasa a la que los embutidos curados pierden humedad también es importante, ya que el proceso de secado requiere

la pérdida de agua libre desde el interior del producto. Si el agua disponible sale del producto demasiado rápido, lo cual puede ser causado por la presión de vapor en la sala de secado siendo demasiado baja en comparación con la presión de vapor del producto, entonces esta pérdida rápida de humedad hará que la capa externa del producto esté demasiado seca y reducirá la velocidad a la que la humedad puede salir del centro del producto, atrapando la humedad en el núcleo del producto. Este es un resultado indeseable cuando el producto envejece/se seca. Por lo tanto, es importante lograr un equilibrio adecuado entre la presión de vapor del producto y la presión de vapor del ambiente.

Controlar la diferencia controlará la velocidad a la que el producto pierde humedad.

En las salas de envejecimiento y secado, la presión de vapor se reduce típicamente mediante el uso de una bobina que tiene una temperatura superficial por debajo del punto de rocío del aire en la sala. Dado que esta superficie está por debajo del punto de rocío, se forma condensación que elimina el vapor de agua del aire en la habitación, lo cual reduce la presión de vapor en la habitación.

En la actualidad, las salas de envejecimiento y secado suelen utilizar un humidistato simple de encendido/apagado o un termostato de bulbo seco de encendido/apagado para controlar el funcionamiento de la bobina de enfriamiento. En función de la configuración, también se puede introducir humedad o calor adicional si es necesario. Esta configuración de control provoca oscilaciones del punto de rocío en la habitación a medida que la bobina de enfriamiento se enciende y apaga, y también desperdicia energía al enfriar y calentar el aire simultáneamente, comúnmente conocido como 'recalentación' en la industria de HVAC. También se puede agregar humedad al aire con un humidificador, al mismo tiempo que se elimina la humedad con la bobina de enfriamiento, esto también es una práctica imprecisa y derrochadora.

Sistemas de arte previo para procesamiento de alimentos

Control típico del sistema HVAC de temperatura y humedad

El termostato de encendido/apagado controla la temperatura de bulbo seco.

El humidistato añade humedad al aire.

Termostato (enfriamiento DX o encendido/apagado) y humidistato como lazos de control separados.

Una temperatura alta de bulbo seco hace que el termostato solicite enfriamiento y active el sistema de enfriamiento por expansión directa (DX). La bobina de enfriamiento enfriará a la temperatura predefinida en función de la presión de succión del compresor, que normalmente es de -3,89 a 0 °C (25 F a 32 F).

El sistema de enfriamiento funcionará hasta que la temperatura de bulbo seco se reduzca a un punto que satisfaga el termostato del bulbo seco.

Durante el período de enfriamiento, el agua en el aire se eliminará en función de la temperatura de la bobina siempre y cuando el punto de rocío del aire esté por encima de la temperatura de la bobina. El termostato solo controla la temperatura de bulbo seco sin tener en cuenta la presión de vapor (punto de rocío) en el espacio.

Una condición de baja humedad relativa en el espacio hará que el humidistato active un humidificador para agregar humedad al espacio. La cantidad de agua que se agrega es función de la humedad relativa y no de la cantidad absoluta de agua. A medida que la temperatura del aire de bulbo seco sube y baja dentro del rango de control del termostato de bulbo seco, la humedad relativa en el espacio fluctuará en función de la temperatura de bulbo seco, lo que hará que el humidistato siga la humedad relativa fluctuante causada por la temperatura fluctuante del bulbo seco.

Los controles del sistema de HVAC existentes son inherentemente inestables para mantener una presión de vapor constante, un factor crítico en el envejecimiento, curado y secado de productos. La inestabilidad es causada por la interacción de la temperatura ambiente afectando la humedad relativa. Cuando el termostato de bulbo seco solicita enfriamiento, la temperatura de la bobina de enfriamiento desciende desde la temperatura ambiente hasta aproximadamente la temperatura de succión, que generalmente está en el rango de -1,5 a 0,5 °C (en los altos 20 F a bajos 30 F). Esto provoca que la presión de vapor en la bobina de enfriamiento disminuya, lo cual tiene un efecto casi inmediato en la presión de vapor en toda la habitación (Ley de Boyle), lo cual es indeseable cuando se intenta mantener una presión de vapor constante en el espacio para un proceso de secado determinado.

El termostato de encendido/apagado controla la temperatura de bulbo seco.

El humidistato añade humedad al aire y tiene autoridad de enfriamiento.

Termostato y humidistato, con el humidistato teniendo cierta autoridad de enfriamiento.

Una temperatura alta del bulbo seco hace que el termostato solicite enfriamiento y active el sistema de enfriamiento

por expansión directa (DX). La bobina de enfriamiento enfriará a la temperatura predefinida en función de la presión de succión del compresor, que suele ser de -3,9 a 0 °C (25 F a 32 F).

El sistema de enfriamiento funcionará hasta que la temperatura de bulbo seco se reduzca a un punto que satisfaga el termostato del bulbo seco. Durante el período de enfriamiento, el agua en el aire se eliminará en función de la temperatura de la bobina siempre y cuando el punto de rocío del aire esté por encima de la temperatura de la bobina. El termostato solo controla la temperatura de bulbo seco sin tener en cuenta la presión de vapor (punto de rocío) en el espacio. Una condición de baja humedad relativa en el espacio hará que el humidostato active un humidificador para agregar humedad al espacio. Una condición de alta humedad relativa hará que el humidostato anule el termostato de bulbo seco y active la bobina de enfriamiento para eliminar aún más agua del aire. Durante el tiempo en que el humidistato tiene activado el sistema de enfriamiento para reducir la humedad relativa en el espacio, el espacio puede volverse demasiado frío y el termostato de bulbo seco activará un sistema de calefacción para volver a calentar el aire, dejando la bobina de enfriamiento para mantener la temperatura de bulbo seco dentro del rango de control específico. La adición de calor al aire provoca que la humedad relativa del aire disminuya, lo que hará que el humidostato responda apagando la bobina de enfriamiento una vez que alcance la humedad relativa objetivo. Añadir calor al aire no puede cambiar la presión de vapor del aire, solo cambia la humedad relativa del aire, lo cual no logra un entorno de vapor estable.

El termostato modulante controla la temperatura de bulbo seco.

El humidistato añade humedad al aire.

Termostato (enfriamiento modulado) y humidistato como lazos de control separados.

Una temperatura alta del bulbo seco hace que el termostato solicite enfriamiento y disminuye la temperatura del sistema de enfriamiento. Esto se hace típicamente con una válvula modulante suministrando agua fría a una bobina de enfriamiento. La bobina de enfriamiento enfriará el aire hasta el punto de ajuste del termostato de bulbo seco, y permitirá que la temperatura de la bobina aumente a medida que la temperatura de bulbo seco en el espacio se acerque al punto de ajuste de bulbo seco. Durante condiciones de carga de enfriamiento de bulbo seco alto, el agua en el aire se eliminará en función de la temperatura de la bobina, siempre y cuando el punto de rocío del aire esté por encima de la temperatura de la bobina y el termostato siga solicitando enfriamiento. El termostato solo controla la temperatura de bulbo seco sin tener en cuenta la presión de vapor (punto de rocío) en el espacio. Una condición de baja humedad relativa en el espacio hará que el humidistato active un humidificador para agregar humedad al espacio. La cantidad de agua que se agrega es función de la humedad relativa y no de la cantidad absoluta de agua. Las variaciones en la temperatura de bulbo seco harán que la humedad relativa fluctúe, lo que hará que el humidostato responda agregando humedad adicional al aire, lo que cambiará la presión de vapor en la habitación.

En conclusión, no se puede lograr mantener una presión de vapor constante en un ambiente controlado mediante métodos convencionales que utilizan termostatos de bulbo seco y humidistatos, donde el termostato de bulbo seco controla la calefacción y el enfriamiento, y un humidistato compensa la eliminación excesiva de agua del aire añadiendo agua nuevamente mediante un humidificador. La humedad relativa, que es lo que controla un humidostato, se define por dos variables, la temperatura de bulbo seco y la presión de vapor (punto de rocío). Si cualquiera de los dos cambia, también lo hace la humedad relativa. Controlar la humedad relativa no proporciona un medio para mantener una presión de vapor constante. El control de la presión de vapor requiere controlar la cantidad absoluta de agua en el aire.

Esta invención describe un sistema y método de control para lograr el curado y secado exitoso de las hojas de cannabis.

Breve descripción de las figuras.

La Figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de control de esta invención.

La Figura 2 es un diagrama de flujo de un sistema alternativo para abordar ciertos problemas operativos, tal como se describe.

La Figura 3 es un diagrama de bloques de un sistema de control de esta invención aplicado a flores de cannabis, con los bloques de la Figura 1 teniendo el mismo número cuando corresponda que en la Figura 3.

Las Figuras 4-9 son diagramas de flujo que muestran la relación relativa de los diversos parámetros que se están controlando.

La Figura 10 es un diagrama de bloques similar a las Figuras 1 y 3, pero utilizando un enfriador termoeléctrico en el sistema de la Figura 3.

La Figura 11, que muestra un ejemplo no cubierto por las reivindicaciones actuales, es un diagrama de bloques

similar a las Figuras 1, 3 y 10 y utiliza los mismos números de referencia, cuando corresponda, y añade controles de iluminación.

La Figura 12 es un diagrama de flujo de los diversos parámetros que se controlan en el diagrama de bloques de la Figura 11.

#### Descripción detallada

Las Figuras 1 y 3 son diagramas de bloques del sistema y utilizan los mismos números de referencia cuando corresponda para utilizar el sistema de control para cannabis.

El espacio controlado y acondicionado o sala de envejecimiento se muestra como Espacio Acondicionado 1. Dentro del Espacio Acondicionado se encuentra el Producto 3. También dentro del Espacio Acondicionado 1 se encuentra una Bobina de Enfriamiento 4. La bobina de enfriamiento puede tener, pero no se limita a medios de enfriamiento mediante líquidos, como agua fría, o líquidos que se evaporan en la bobina, como refrigerantes. La configuración de la bobina de enfriamiento puede ser en forma de tubos con aletas, solo tubos o áreas de superficie enfriadas. Cuando la temperatura de la superficie de la bobina de enfriamiento 4 está por encima del punto de rocío del aire en el Espacio Acondicionado 1, la bobina de enfriamiento se limita a eliminar el calor sensible del Espacio Acondicionado 1. Cuando la temperatura superficial de la bobina de enfriamiento 4 esté por debajo del punto de rocío del aire en el espacio acondicionado 1, la bobina de enfriamiento eliminará tanto el calor sensible como el calor latente del espacio acondicionado 1. El acto de extraer el calor latente del espacio acondicionado 1 provoca la formación de condensación en la bobina de enfriamiento 4, eliminando así el vapor de agua del aire. La eliminación del vapor de agua del aire en el espacio acondicionado 4 reduce la presión de vapor del espacio acondicionado. Las capacidades sensibles y latentes de las bobinas de enfriamiento son función del tamaño de la bobina (área de transferencia de calor), temperatura de la bobina y velocidad del aire a través de la superficie de la bobina de enfriamiento. La relación entre las capacidades de calor sensible y latente de la bobina puede ser modificada al variar la temperatura de la bobina y la velocidad del aire a través de la bobina. A medida que aumenta la velocidad del aire a través de la bobina, la capacidad de calor sensible aumenta cuando la bobina está por encima del punto de rocío. A medida que la velocidad del aire disminuye y la bobina está por debajo del punto de rocío en el espacio acondicionado 1, la relación de latente a sensible aumenta, aumentando la capacidad de enfriamiento latente y, por lo tanto, aumentando la cantidad de agua eliminada del aire.

El sistema de control 2 monitorea la temperatura de bulbo seco en el espacio acondicionado 1 con un sensor de bulbo seco 5. El sistema de control 2 también monitorea el punto de rocío en el espacio acondicionado 1 con un sensor de punto de rocío 6. Los valores medidos son comunicados por los sensores desde el espacio acondicionado al sistema de control 2. Las condiciones deseadas de bulbo seco y punto de rocío se establecen en el sistema de control 2 a través de una interfaz de usuario. Con el uso de un gráfico psicrométrico o una ecuación, y la elección de los puntos de ajuste de bulbo seco y punto de rocío, el usuario puede seleccionar la humedad relativa deseada en el espacio acondicionado 1.

El punto de ajuste de bulbo seco es un valor de punto de ajuste de 12, y el punto de ajuste de punto de rocío es un valor de punto de ajuste de 10. Hay dos lazos de control PID independientes. (PID significa un lazo de retroalimentación que tiene propiedades proporcionales, integrativas y derivativas. Los lazos de control PID pueden ser hardware, software, algoritmos o combinaciones de los mismos.)

El lazo de control PID 13 utiliza el valor del sensor de bulbo seco 5 y el valor de punto de ajuste de bulbo seco 12 para calcular un valor de error. El valor de error se utiliza para controlar el flujo de aire a través de la bobina de enfriamiento 4. El flujo de aire a través de la bobina puede ser controlado por la velocidad de un ventilador o la posición de una compuerta que dirige el flujo de aire a través de la bobina. A medida que la temperatura de bulbo seco del espacio acondicionado 1 aumenta por encima del punto de ajuste de bulbo seco 12 deseado, esto creará un error positivo y se aumentará la velocidad del flujo de aire para aumentar la capacidad de enfriamiento sensible de la bobina de enfriamiento, lo que a su vez aumentará la eliminación de calor sensible del espacio acondicionado 1. A medida que la temperatura de bulbo seco del espacio acondicionado 1 disminuye y se acerca al punto de ajuste de bulbo seco 12 deseado, la velocidad del flujo de aire se reduce, de modo que la capacidad de enfriamiento sensible de la bobina de enfriamiento se reduce. Si la temperatura de bulbo seco del espacio acondicionado 1 sigue cayendo por debajo del punto de ajuste de bulbo seco 12 deseado, esto creará un error negativo y se encendería una fuente de calor suplementaria 8, ubicada en el espacio acondicionado 1. A medida que aumenta el error negativo entre el punto de ajuste de bulbo seco 12 deseado y el sensor de bulbo seco 5, se incrementa la salida al calor suplementario. El calor suplementario puede ser controlado ya sea en modo Encendido/Apagado, con una diferencia de temperatura entre encendido y apagado, o en modo proporcional donde la salida del calor suplementario 8 es variable.

El lazo de control PID 11 utiliza el valor del sensor de punto de rocío 6 y el valor de punto de ajuste de punto de rocío 10 para calcular un valor de error que se utiliza para controlar la temperatura de la bobina de enfriamiento 4. La temperatura de la bobina de enfriamiento 4 puede ser cambiada controlando la posición de una válvula que regula el flujo de líquido de enfriamiento que se permite fluir en el circuito de recirculación de las bobinas de enfriamiento. En una bobina de enfriamiento evaporativo, se coloca una válvula ajustable en la descarga, o lado de baja presión de la

bobina, también conocido como el lado de succión. Variar la capacidad de flujo de esta válvula variará la presión en el lado de succión de la bobina evaporadora, lo cual controla la temperatura a la que el refrigerante se evapora, permitiendo así el control de la temperatura de la bobina.

5 A medida que la temperatura del punto de rocío del espacio acondicionado 1 aumenta por encima del punto de ajuste de punto de rocío 10 deseado, esto creará un error positivo y la temperatura de la bobina de enfriamiento 4 se reducirá. Reducir la temperatura de la bobina de enfriamiento aumenta la capacidad latente de la bobina, y de esta manera elimina más agua del aire y reduce el punto de rocío en el espacio acondicionado 1. A medida que la temperatura del punto de rocío del espacio acondicionado 1 disminuye y se acerca al punto de ajuste de punto de rocío 10 deseado,  
10 se aumenta la temperatura de la bobina, de modo que se reduce la capacidad de enfriamiento latente de la bobina de enfriamiento.

Si la temperatura de punto de rocío del espacio acondicionado 1 sigue cayendo por debajo del punto de ajuste de punto de rocío 10 deseado, esto sería un error negativo y se enciende una fuente de humedad adicional 9 ubicada en  
15 el espacio acondicionado 1. A medida que el error negativo entre el punto de ajuste de punto de rocío 10 deseado y el sensor de punto de rocío 6 aumenta, se incrementa la salida a la humedad suplementaria 9. La humedad suplementaria 9 puede ser controlada ya sea en modo Encendido/Apagado con una diferencia de temperatura entre encendido y apagado, o en modo proporcional donde la salida de la humedad suplementaria 9 es variable.

20 Si bien la estrategia de control anterior funciona bien cuando el punto de rocío en el espacio acondicionado 1 causa un error positivo, lo que a su vez hace que la bobina de enfriamiento 4 esté por debajo del punto de rocío en la habitación, y la temperatura de bulbo seco en el espacio acondicionado 1 también tiene un error positivo, la temperatura de bulbo seco de la habitación se puede reducir al punto de ajuste deseado. Se produce un problema cuando el error del punto de rocío está en o cerca de 0, y la bobina de enfriamiento ya no se enfría, y no es necesario  
25 reducir aún más el punto de rocío en el espacio acondicionado 1, y la temperatura de bulbo seco de la habitación está por encima del punto de ajuste, lo que causa un error positivo de bulbo seco. En este punto, al aumentar el flujo de aire a través de la bobina de enfriamiento que tiene una capacidad sensible limitada o nula, causada por un valor de error de punto de rocío pequeño, el espacio acondicionado permanecerá por encima del punto de ajuste de bulbo seco deseado.

30 Al introducir un sensor en la superficie de la bobina de enfriamiento, sensor de superficie 19, ahora se puede comunicar la temperatura de la superficie de la bobina de enfriamiento al sistema de control 2. Cuando el compensador 18 detecta que el valor del sensor de punto de rocío 6 y el valor de punto de ajuste de punto de rocío 10 están relativamente cerca, lo que significa que el control está manteniendo el punto de ajuste de punto de rocío, y hay un error positivo  
35 relativamente grande entre el sensor de bulbo seco 5 y el valor de punto de ajuste de bulbo seco 12, el compensador de control proporcionará un sesgo a la señal de salida 17 que sale del lazo PID del punto de rocío 11. Esto hará que la bobina de enfriamiento 4 esté a una temperatura más baja, aumentando así la capacidad sensible de la bobina y reduciendo la temperatura de bulbo seco del espacio acondicionado. El sensor de superficie 19 monitorea la temperatura de la bobina de enfriamiento 4 y limita la temperatura de la bobina justo por encima del punto de rocío deseado. Este es un valor ajustable por el usuario que se establece como un desplazamiento al valor de punto de  
40 ajuste de punto de rocío en 12. Este desplazamiento normalmente se establecería en un valor de cero, lo que significaría que la temperatura de la superficie de la bobina de enfriamiento 4 está limitada al punto de ajuste de punto de rocío, o positiva por un valor que mantendrá la temperatura de la superficie de la bobina por encima del valor de punto de ajuste de punto de rocío. Dado que es un valor seleccionable por el usuario, en algunos casos el usuario puede establecer este valor en un valor negativo para que la bobina de enfriamiento pueda descender por debajo del  
45 punto de ajuste de punto de rocío de 10 si así se desea. Establecer el desplazamiento en 0 o en un valor positivo evitará que la bobina tenga capacidad latente, ya que está en o por encima del punto de rocío y la bobina ahora solo puede proporcionar enfriamiento sensible para reducir la temperatura de bulbo seco en el espacio acondicionado 1. A medida que la temperatura de bulbo seco en el espacio acondicionado 1, medida por el sensor de bulbo seco 5, se acerca al valor de punto de ajuste de bulbo seco 12, se reduce la cantidad de sesgo aplicado a la salida 17 del lazo PID del punto de rocío 11. Aquí es donde la invención permite que un error en el lazo de control de bulbo seco afecte la salida del lazo de control de punto de rocío.

55 Un método alternativo para tratar la condición de una carga latente pequeña o nula, mientras hay una carga sensible, como se mencionó anteriormente, también se puede lograr sin el uso de un sensor de superficie 19. En este método, como se muestra en la Figura 2, el compensador 18 monitorea si hay un error positivo entre el punto de ajuste de bulbo seco 12 y la temperatura de bulbo seco real medida por el sensor de bulbo seco 5 en el espacio acondicionado; esta decisión se muestra como bloque 20. Si hay un error positivo que indica la necesidad de un enfriamiento sensible, se toma una decisión adicional como en el bloque 21 para determinar si no hay un error positivo entre el punto de  
60 ajuste de punto de rocío 6 y el punto de rocío real en el espacio acondicionado, según lo detectado por el sensor de punto de rocío 6.

No tener un error positivo en el lazo PID del punto de rocío 11 indicaría que la carga latente está satisfecha y habrá poco o ningún flujo de salida hacia la bobina de enfriamiento 6. En este momento, cuando estas condiciones son verdaderas, el Punto de Rocío actual en el espacio acondicionado se registra como 22, según lo detectado por el  
65 sensor de punto de rocío 6 en el espacio acondicionado. Un temporizador de intervalos 23, en donde la cantidad de

tiempo es seleccionable por el usuario, se carga y se inicia el cronometraje en este punto en el tiempo.

Este temporizador de intervalo permite periódicamente que el compensador 18 agregue una cantidad seleccionable por el usuario de desplazamiento 17 a la salida al enfriador 4, reduciendo así la temperatura de la bobina. Reducir la temperatura de la bobina 6 aumenta la capacidad sensible de las bobinas, en un esfuerzo por reducir el error de la temperatura de bulbo seco del espacio acondicionado. El bloque 24 monitorea el punto de rocío en el espacio acondicionado según lo medido por el sensor de punto de rocío 6 y lo compara con el valor de punto de rocío en el espacio acondicionado que fue registrado por el bloque 22 al inicio de este proceso. Si el punto de rocío en el espacio acondicionado ha disminuido en una cantidad seleccionable por el usuario, eso indicaría que el punto de rocío en el espacio acondicionado está comenzando a caer en una cantidad inaceptable. El bloque 24 provocará la interrupción del proceso y borrará el bloque de tiempo de intervalo 28, el bloque de punto de rocío registrado 29 y el bloque de valor de desplazamiento de salida 30. El temporizador de intervalos se prueba como en el bloque 25, para ver si se puede agregar un desplazamiento adicional a la salida de la bobina de enfriamiento. Este intervalo periódico de tiempo permite que los retrasos térmicos en el sistema ocurran gradualmente, evitando enfriar demasiado rápido la bobina y provocar que se enfríe demasiado, lo que secaría el espacio acondicionado. También hay una cantidad seleccionable por el usuario que limitará la cantidad de desplazamiento que se puede agregar a la salida de la bobina durante este proceso que se prueba a 26. Una vez que se alcanza el límite, no se agrega ningún desplazamiento adicional, pero la salida de la bobina se mantiene en este nivel hasta que se excede el límite de punto de rocío en el bloque 24, o se ha eliminado el error positivo del bulbo seco en el bloque 20, momento en el cual se borra el temporizador de intervalo en el bloque 28, se borra el punto de rocío registrado en el bloque 29 y el desplazamiento de salida se restablece a 0 en el bloque 30.

La descripción anterior se aplica al queso y la carne. Otros sistemas ejemplares, como instalaciones de cultivo hidropónico, como para brotes de frijol, pueden aprovechar ventajosamente este sistema. Otros productos alimenticios también pueden beneficiarse de este sistema.

La siguiente es una descripción del nuevo sistema y método de esta invención para secar y curar flores de cannabis. El cannabis, al igual que el queso y los embutidos curados, proviene de diferentes regiones climáticas en el mundo. El clima local ha dictado los atributos que hacen que el producto sea deseable para el consumo. El queso Cheddar originalmente proviene del pueblo inglés de Cheddar, mientras que el origen del Parmigiano-Reggiano es de las provincias de Parma. Un intento de producir Cheddar en el campo italiano, o producir Parmesano en Cheddar, resultaría en ambos casos en un producto muy diferente debido a las condiciones climáticas locales que afectan la leche cruda utilizada, pero más importante aún, afectan el producto durante el proceso de envejecimiento. Por otro lado, y como se describe anteriormente en el contexto de la invención, la invención permite la producción de quesos y carnes de forma independiente a las ubicaciones de los climas locales, ya que las condiciones climáticas relevantes se controlan de manera beneficiosa. Por lo tanto, los productos finales deseables de cannabis también pueden ser producidos independientemente de las condiciones climáticas ambientales, ya que se pueden controlar las condiciones que afectan los procesos de envejecimiento o secado.

Hay dos especies comunes de la planta de cannabis, sativa e indica. Sativa tiende a ser una planta alta y delgada con hojas largas y delgadas, con su origen en climas templados en áreas como el sudeste de Asia, África y América del Norte y del Sur. Indica tiende a ser una planta más corta y más frondosa que la planta de sativa, con orígenes en climas más montañosos, como Afganistán y Pakistán, donde la planta está sujeta a ambientes más duros.

Una vez que la planta de Cannabis florece y las flores alcanzan un nivel deseado de madurez, se cosecha la planta y las flores. Las flores son removidas y luego necesitan ser secadas y curadas antes de su consumo. Las diferentes especies de la flor de cannabis tendrán diferentes contenidos de agua y requerirán diferentes regímenes de secado y curado. Al igual que en el proceso de secado y curado de quesos y carnes, donde el tiempo y la velocidad a la que el agua abandona el producto son significativos, factores similares se aplican al secado y curado del cannabis.

La flor de cannabis es donde se encuentran algunos de los compuestos deseados como el THC, CBD, terpenos y otros componentes químicos. Cuando las flores son cortadas de la planta, el contenido de agua en la flor será aproximadamente del 75-80 %. Para hacer que la flor, también conocida como cogollo, sea deseable para el consumo mediante fumar/quemar, la flor debe ser secada y curada. En la fase de secado, es necesario reducir la mayor parte del contenido de agua (humedad) en la flor a aproximadamente el 33 % del valor inicial, que suele ser de alrededor del 75-80 %. El método común de eliminar la humedad es colocar las flores seleccionadas, ya sea en bandejas, colgadas o en recipientes abiertos, para permitir que la humedad de la flor se evapore junto con la clorofila y otros pigmentos. Si bien este método funciona hasta cierto punto, la velocidad a la que la humedad y otros componentes abandonan la flor está sujeta a un control inexistente o deficiente del entorno de secado y curado, dependiendo de dónde se coloquen las flores durante el proceso de secado y curado. Después de la fase de secado, también se obtienen atributos beneficiosos y deseables como parte de un período de curado después de que la flor se seca hasta alcanzar un contenido de humedad objetivo. Esta fase incluye, pero no se limita a, la evaporación de parte de la humedad adicional hasta alcanzar un nivel del 10-15 % del contenido de humedad inicial, el desarrollo de volátiles, la conversión de CBG a THC que se encuentran en la flor, así como la continua conversión de clorofila en azúcares y otros compuestos presentes en la flor.

El agua libre disponible que se encuentra en la flor (también conocida y medida como Actividad del Agua  $a_w$ ) se elimina al colocar la flor en un ambiente donde la presión de vapor en ese ambiente es menor que la de la flor. Se obtienen resultados óptimos cuando se controla adecuadamente la tasa a la que el agua sale de la flor. Si se retira el agua demasiado rápido, el exterior de la flor puede secarse demasiado rápido, lo que provoca que la humedad en el núcleo de la flor quede atrapada, lo que produce un producto final de menor calidad, además de aumentar la posibilidad de que el agua restante en el núcleo genere moho y otros tipos de descomposición no deseados.

La invención descrita a continuación permite al usuario controlar la velocidad a la que la humedad y otros compuestos pueden salir de la flor durante la etapa de secado. También permite que las flores permanezcan en el ambiente controlado durante la fase de curado del proceso, que comienza una vez que el contenido de humedad alcanza un nivel deseado.

El método actual de secado y curado se realiza colocando primero las flores al aire libre o en una habitación durante un período de tiempo, para que ocurra el proceso de secado. Cuando se deja afuera para secar, la tasa de pérdida de humedad no está controlada y está sujeta a las condiciones ambientales locales y a los contaminantes. Cuando las flores se colocan en una habitación sin acondicionar, ocurren los mismos problemas. Los productores de flores secas han intentado mejorar el resultado del proceso de secado colocando las flores en una habitación, que podría estar controlada por sistemas estándar de calefacción, aire acondicionado y humidificación, controlados por controles de confort estándar como un termostato de habitación y un humidistato, que no proporcionan un control suficiente de la presión de vapor y la temperatura de bulbo seco durante la fase de secado del proceso para obtener mejores resultados. Una vez que el productor considera que ha alcanzado el nivel óptimo de humedad en las flores, generalmente coloca las flores en un recipiente cerrado que inicia el proceso de curado. El recipiente cerrado se utiliza típicamente para reducir la tasa de pérdida de agua de la flor durante la fase de curado del proceso. Cuando se utilizan recipientes cerrados, es necesario abrirlos periódicamente para permitir que los gases indeseados y la humedad escapen.

La Figura 3 es un diagrama de bloques del sistema de control descrito en relación con el cannabis, pero es aplicable a otros productos como productos alimenticios. Los mismos números de referencia en la Figura 1 se utilizan para designar los mismos elementos en la Figura 3, mientras que los elementos añadidos se identifican con los números 31-37.

La invención divulgada relacionada con el cannabis proporciona un sistema 3 y un método de control que regula la velocidad a la que la humedad abandona la flor (producto) durante los procesos de secado y curado, controlando la Presión de Vapor/Punto de Rocío en el sistema de control 2 y el flujo de aire 32 en el entorno de secado del espacio condicional 1. El control permite al usuario, a través de una interfaz de usuario 34 conectada al sistema de control 2, establecer objetivos para los valores y parámetros de Presión de Vapor (Punto de Rocío), temperatura de bulbo seco y caudal de aire en el espacio acondicionado donde se secan y curan las flores. La diferencia de presión de vapor entre la habitación y la flor afecta la tasa de pérdida de humedad de la flor hacia la habitación. En la medida en que los números de referencia de los elementos en la Figura 1 sean los mismos que en la Figura 3, parte de la descripción relacionada con la Figura 3 puede ser repetitiva.

El control permite al usuario, a través de una interfaz de usuario 34, establecer un programa de presiones de vapor objetivo, temperaturas de bulbo seco y flujo de aire en el espacio acondicionado. La cantidad de tiempo que las flores permanecen a las diferentes presiones de vapor, temperaturas de bulbo seco y flujos de aire suele ser de varios días y/o semanas, pero también puede ajustarse a horas. A medida que la flor se seca de acuerdo con la presente invención, la presión de vapor, la temperatura y el flujo de aire en la habitación se ajustarán automáticamente después de un período de tiempo programado (ver Figuras 6-8) a una nueva presión de vapor, configuraciones de bulbo seco y flujo de aire, para cumplir con una tasa de secado deseada u objetivo de la flor. Después de un período de tiempo programado, el perfilador 33 ajusta los puntos de ajuste de punto de rocío 10 y de bulbo seco 12, así como la tasa de flujo de aire 32, lo que provocará que la presión de vapor, el bulbo seco y el flujo de aire se ajusten a nuevos valores que reducirán la velocidad de pérdida de humedad de la flor para que pueda comenzar la fase de curado. Al reducir la diferencia de presión de vapor, temperatura y flujo de aire entre la habitación y la flor, se puede disminuir la velocidad de pérdida de humedad e incluso detenerla durante la fase de curado. El control permite al usuario programar perfiles de presión de vapor (punto de rocío), temperatura de bulbo seco y flujo de aire, durante períodos de tiempo (Figuras 4-6). El usuario tiene la opción de que los puntos de ajuste cambien como un paso (Figura 4) al final de un intervalo de tiempo, o como una pendiente ya sea como una línea (Figura 5) o una curva (Figura 6) entre la presión de vapor inicial y final (punto de rocío), y/o la temperatura de bulbo seco y/o el flujo de aire. Cuando el usuario selecciona la función curva, tiene la capacidad de alterar la trayectoria de la curva entre los puntos de inicio y final estableciendo un valor de sesgo en relación a una línea recta. La polaridad del valor de sesgo determinará si la curva comienza de forma suave o pronunciada, y el valor entre 0 y 1 determinará la magnitud de la curva desde una línea recta, siendo 0 una línea recta y 1 lo que parece ser un escalón con una subida muy pronunciada. Esto permite al usuario perfilar las condiciones en la habitación en función de una cepa específica, la calidad de la planta en la cosecha y otras condiciones previas al secado y curado para lograr el producto final deseado de la mejor manera posible.

El sistema de control también puede incluir una función de escala, de modo que se pueda colocar una muestra representativa 3 de flores en un mecanismo de pesaje electrónico 31, o se pueda pesar todo el contenido de la

habitación. El sistema de control permite al usuario ingresar manualmente el peso tara de los contenedores, bandejas, carros o habitaciones, si se conoce, o capturar el peso tara de los contenedores, bandejas, carros y/o habitaciones utilizando el mecanismo de pesaje 31 a través de la interfaz de control del usuario 34. Entonces, una vez que las flores se colocan en la habitación para secarse, el control captura el peso inicial de las flores a través del mecanismo de pesaje. El proceso de secado se inicia entonces llevando la habitación a una presión de vapor inicial deseada, puntos de bulbo seco y flujo de aire. El control monitorea continuamente el peso del producto, calcula la cantidad de pérdida de peso y esto se muestra en la interfaz de usuario 34. Esto permite al usuario monitorear y rastrear la tasa de pérdida de humedad durante el proceso de secado y curado. El porcentaje de pérdida de peso también se calcula y se muestra.

Además de una función de tiempo que provoca un cambio programado en la presión de vapor, la temperatura de bulbo seco y el flujo de aire en la sala controlada 1, una cantidad programada por el usuario de pérdida de peso en porcentaje puede hacer que el control avance hacia los siguientes puntos de ajuste deseados de presión de vapor, temperatura de bulbo seco y flujo de aire, que han sido programados en el perfilador de secado y curado ya sea de forma escalonada (Figura 7), en pendiente (Figura 8) o de forma curva (Figura 9).

El sistema de control mantiene un registro 37 (log) de los valores controlados en la habitación, al mismo tiempo que registra la pérdida de peso de la flor. Esto proporciona al usuario información útil para ajustar finamente la presión de vapor, la temperatura de bulbo seco y el perfil de flujo de aire para lograr los mejores resultados del producto.

El monitoreo de valores y el control de puntos de ajuste, además de ser monitoreados, programados y cambiados en la interfaz de usuario de los controles 34, también pueden ser monitoreados, programados y cambiados desde una computadora 35 a través de un navegador, o a través de una aplicación (36) en un dispositivo portátil.

El método y los sistemas descritos anteriormente son controles ambientales y climáticos completos para carnes, quesos, cannabis y otros productos alimenticios que requieren secado y curado.

Al controlar la totalidad del entorno de manera efectiva como se describe anteriormente, el nuevo y novedoso sistema permite implementar controles para investigar procesos que pueden acelerarse y comparar los resultados según los datos almacenados para poder aumentar la eficacia, deseabilidad, sabor y calidad general del producto que se está secando y curando.

Se pueden cambiar varias condiciones en el sistema de control y se pueden producir combinaciones preferidas que darán como resultado un producto final con las mejores cualidades en el mejor tiempo, sin importar las condiciones ambientales locales en cualquier parte del mundo.

La invención tal como se describe a continuación y como se muestra en la Figura 10 utiliza un enfriador termoelectrónico (TEC), también llamado dispositivo Peltier, como alternativa a otros medios de enfriamiento derivados de la expansión directa de un refrigerante (DX). El uso de un TEC reduce el número de componentes mecánicos, el peso y el costo en comparación con un sistema DX. El uso de un TEC es más adecuado para un sistema de secado y curado de mesa pequeña que permite al usuario controlar la velocidad a la que la humedad y otros compuestos pueden salir de la flor durante la etapa de secado. También permite que las flores permanezcan en el ambiente controlado durante la fase de curado del proceso, que comienza una vez que el contenido de humedad alcanza un nivel deseado.

El sistema modificado divulgado, como se muestra en la Figura 10, proporciona un método de control que regula la velocidad a la que la humedad abandona la flor (producto) 3 durante los procesos de secado y curado, controlando 2 la Presión de Vapor/Punto de Rocío y el flujo de aire 58 en el entorno de secado 1. Las flores referidas como producto 3 se colocan en bandejas de secado 57 y luego se colocan en el armario de secado, que se denomina espacio acondicionado 1. El control permite al usuario, a través de una interfaz de usuario 34 conectada al control, establecer una presión de vapor deseada (punto de rocío), temperatura de bulbo seco y tasa de flujo de aire en el espacio acondicionado 1 donde se están secando y curando las flores. Para facilitar su uso, se pueden incluir conjuntos de valores preprogramados que el usuario puede seleccionar. La diferencia de presión de vapor entre el espacio acondicionado 1 y la flor 3 afecta la tasa de pérdida de humedad de la flor 3 hacia el espacio acondicionado 1.

Un enfriador termoelectrónico (TEC) 38 se coloca en la pared de un gabinete aislado 56. Cuando se aplica un voltaje a través de los terminales del TEC, un lado del dispositivo aumenta su temperatura mientras que el otro lado disminuye su temperatura. La cantidad de potencia aplicada determina la cantidad de transferencia de energía entre los dos lados del TEC. Invertir la polaridad invierte el flujo de calor entre los dos lados, lo que a su vez invierte los lados caliente y frío. A medida que aumenta la diferencia entre el punto de rocío deseado, valor de punto de ajuste 10, y el punto de rocío real medido por el sensor de punto de rocío 6, donde el punto de rocío medido 6 es mayor que el valor de punto de ajuste 10, se generará una tensión proporcional al error desde el amplificador 17 y se enviará al TEC 38. A medida que aumenta el error, el voltaje a través del TEC 38 aumentará, lo que hará que el disipador de calor 39 en el interior del espacio acondicionado disminuya su temperatura, y el disipador de calor 40 en el exterior del espacio acondicionado aumente su temperatura. A medida que la temperatura del disipador de calor 39 en el interior del espacio acondicionado 1 disminuye, en el momento en que la temperatura de la superficie alcanza el punto de rocío del aire en el espacio acondicionado 1, el agua comenzará a condensarse en el disipador de calor 39. A medida que las gotas de agua se fusionan en el disipador de calor, caerán y se recogerán en una bandeja de condensado 45. El

agua condensada luego viajará a través de un tubo 46 y hacia un depósito de recolección 47. A medida que el vapor de agua en el espacio acondicionado 1 se condensa en el disipador de calor 39, la presión de vapor en el espacio acondicionado 1 se reducirá y se detectará como el punto de rocío medido por el sensor de punto de rocío en el espacio 6. La reducción del punto de rocío medido 6 en el espacio reducirá el error entre este y el valor de punto de ajuste de punto de rocío 10, lo que a su vez hará que el valor de error de salida en el amplificador de salida 17 reduzca la potencia enviada al TEC 38, disminuyendo así su capacidad de enfriamiento y la cantidad de agua que se condensa. Con el tiempo, el lazo de control PID 11 establecerá una presión de vapor estable en el espacio acondicionado 1 al mantener el punto de rocío controlado en el valor de punto de ajuste de punto de rocío 10. Solo cuando ocurre una condición de error positivo, donde el punto de rocío medido (6) en el espacio controlado 1 es mayor que el punto de ajuste de punto de rocío 10, se aplicará solo un voltaje positivo al TEC. Si el punto de rocío medido 6 es más bajo que el punto de ajuste de punto de rocío 10, esto indicaría que se necesita agregar humedad adicional al espacio acondicionado 1. Esta condición negativa hará que el lazo PID 11 emita una señal al amplificador 16 que controlará una bomba 48, que bombeará agua desde el tanque de recolección de condensado 47 a través de un tubo 49 hacia una bandeja 43 donde el agua se permitirá evaporar y así aumentar el punto de rocío en el espacio acondicionado 1.

Una vez que el punto de rocío medido 6 alcance el valor de punto de ajuste de punto de rocío, el lazo PID 11 estará satisfecho y la salida del amplificador 16 será 0, por lo que la bomba 48 se apagará.

Cuando la temperatura medida del bulbo seco 5 en el espacio acondicionado 1 es mayor que el valor de punto de ajuste 12 del espacio acondicionado 1, se generará un valor de error positivo desde el lazo PID 13 hacia el amplificador de salida 14, que controla la velocidad del ventilador 7 que está pasando aire desde el espacio acondicionado 1 sobre el disipador de calor de enfriamiento 39. Cuanto mayor sea la velocidad del aire causada por el ventilador 7, mayor será la capacidad de enfriamiento sensible para reducir la temperatura del espacio acondicionado. Cuando el espacio acondicionado 1 tiene una temperatura medida 5 más baja que el valor de punto de ajuste 12, se producirá un error negativo en el lazo PID 13, lo que provocará un voltaje en la salida del amplificador 15, lo que hará que el calentador 8 en el espacio acondicionado se caliente y, por lo tanto, caliente el espacio acondicionado. La salida del calentador se reducirá a medida que la temperatura detectada 5 se acerque al punto de ajuste deseado. Durante el período de calefacción, el ventilador de circulación de aire 7 en el espacio acondicionado puede ser modulado por el compensador 18, que puede inyectar un desplazamiento en el amplificador de salida 14, que impulsa al ventilador 7 para proporcionar movimiento de aire adicional si es necesario.

Cuando el TEC 38 está activo, un ventilador de enfriamiento 42 funciona para eliminar el calor del disipador de calor del TEC 40 hacia el aire ambiente 55 fuera del gabinete aislado 56.

Al controlar la temperatura fría del disipador de calor 39 en función del punto de rocío en el espacio acondicionado 1, se controla la presión de vapor en función de la capacidad latente del disipador de calor 39 a medida que su temperatura superficial varía. Al controlar la velocidad a la que el aire se mueve sobre el disipador de calor 39 en función de la temperatura de bulbo seco en el espacio acondicionado 1, se controla así la temperatura de bulbo seco en función de la capacidad sensible del disipador de calor 39.

Cuando la presión de vapor deseada, medida por el sensor de punto de rocío 6, esté en el punto de ajuste de punto de rocío 10, no será necesario eliminar más humedad, y la salida del amplificador 17 será de 0, y, por lo tanto, el disipador de calor 39 estará a o cerca de la temperatura de bulbo seco del espacio acondicionado 1. Si durante esta condición hay una necesidad de que la temperatura del espacio acondicionado 1 sea más baja, medida por el sensor de bulbo seco 5 en el espacio acondicionado 1 en comparación con el valor de punto de ajuste de bulbo seco 12, el ventilador 7 funcionará como resultado de este error, pero no se producirá enfriamiento sensible ya que el disipador de calor 39 estará a la temperatura ambiente del espacio acondicionado. Cuando se presenten estas condiciones, el compensador 18 aplicará un sesgo al amplificador 17, lo que hará que el TEC 38 enfríe el disipador de calor 39, aumentando así la capacidad sensible del disipador de calor 39. El sensor de temperatura 19, que está en estrecha comunicación con el disipador de calor 39, proporcionará la temperatura del disipador de calor 39 al compensador 18, que controlará la cantidad de sesgo al amplificador 17 para mantener la temperatura del disipador de calor 39 por encima del punto de rocío del aire en el espacio acondicionado 1, de modo que no se forme condensación en el disipador de calor 39, manteniendo así la capacidad latente del disipador de calor 39 en 0, al mismo tiempo que proporciona enfriamiento sensible del disipador de calor 39. De esta manera, la temperatura de bulbo seco del espacio acondicionado puede ser reducida sin disminuir la presión de vapor en el espacio acondicionado 1.

En otro ejemplo de realización no formando parte de la presente invención, se observa que condiciones ambientales consistentes y correctas son críticas para el crecimiento adecuado de numerosos productos agrícolas. Por ejemplo, los tomates, pimientos, fresas y otras frutas y verduras pueden ser cultivados de manera efectiva en un ambiente controlado. Además, la mayoría de la marihuana medicinal y recreativa se cultiva en interiores en salas de cultivo. Crecer en un entorno controlado en interiores permite al cultivador tener un control completo de las condiciones de crecimiento, como la luz, la temperatura, la humedad, el riego y el déficit de presión de vapor (VPD), que serían más variables (o incontrolables) si se cultivaran al aire libre o en un invernadero tradicional. Crecer en una sala de cultivo cerrada también ayuda al cultivador a mantener las plantas aisladas de plagas y moho no deseados. En muchos casos, la producción de flores/frutas depende de someter las plantas a ciclos de luz día/noche (foto/no foto), lo cual se puede lograr durante todo el año en el entorno controlado de este ejemplo.

El cultivador se enfrenta a los desafíos de mantener los niveles de temperatura y humedad óptimos durante las fases de crecimiento y floración/fructificación. Las luces que se utilizan para proporcionar energía a las plantas para la fotosíntesis producen grandes cantidades de calor, lo cual se convierte en una carga de enfriamiento sensible requerida para los equipos de enfriamiento mecánico con el fin de mantener las plantas a la temperatura óptima de crecimiento. Incluso con la adopción de luces LED, todavía se genera una gran cantidad de calor en la sala de cultivo debido a las luces, que debe ser eliminado mediante equipos de refrigeración mecánica. Mientras las luces están proporcionando la energía requerida para la fotosíntesis de las plantas, las plantas también requieren nutrientes, los cuales se entregan en forma de solución en agua, la cual es absorbida por las raíces y transportada hacia arriba a través de la planta y hacia las hojas. La planta absorbe los nutrientes a lo largo del camino según sea necesario, y luego el agua se transpira a través de las hojas. El agua que se transpira de las hojas al ambiente, debe ser luego eliminada del aire en la sala de cultivo cuando el nivel de humedad en la sala supera el rango deseado. Además, el exceso de agua de riego que no es absorbido por las raíces de las plantas se convierte en escorrentía, la cual se recoge en las mesas y bandejas, y se deja evaporar o se dirige hacia un contenedor de recolección/drenaje. El agua que se evapora de las mesas, bandejas y suelo también debe ser eliminada del aire cuando el nivel de humedad en la habitación supera el rango deseado.

Las salas de cultivo suelen ser acondicionadas y controladas con sistemas de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado (HVAC) disponibles comercialmente, utilizando controles típicos de temperatura y humedad de HVAC. Mantener la temperatura de bulbo seco dentro de un rango aceptable es importante para la salud de las plantas. Condiciones en las que el nivel de humedad de la habitación es demasiado alto pueden llevar al desarrollo de hongos y atraer plagas. Entonces, el sistema de HVAC también debe mantener un nivel aceptable de humedad en la sala de cultivo. Las condiciones adecuadas de temperatura y humedad permiten una transpiración normal y saludable de las plantas.

Muchos cultivadores se enfrentan al desafío de mantener las condiciones adecuadas en su sistema de climatización con equipos convencionales. La carga sensible en la sala de cultivo es controlada por un termostato que mide las condiciones de bulbo seco en la sala, se utiliza un humidistato para encender humidificadores o deshumidificadores suplementarios según sea necesario, para llevar el nivel de humedad en la sala de nuevo al nivel deseado. En función del dimensionamiento del equipo y las condiciones en la sala de cultivo, un termostato de bulbo seco que solicite enfriamiento hará que las bobinas de enfriamiento se enfríen y luego enfríen el aire que pasa sobre las bobinas. Este enfriamiento continuará hasta que el termostato de bulbo seco esté satisfecho y la temperatura de bulbo seco en la habitación esté dentro de los límites aceptables. Durante este período de enfriamiento, dependiendo de la cantidad de humedad que se necesita eliminar del aire para alcanzar el nivel de humedad requerido, lo cual se logra mediante la capacidad latente de la bobina de enfriamiento, el aire en la sala de cultivo puede volverse demasiado seco si se elimina demasiada humedad. En este caso se requeriría un humidificador para agregar humedad de nuevo al ambiente. Si no se elimina suficiente humedad durante el período de enfriamiento, se debe eliminar la humedad adicional del aire mediante el uso de un deshumidificador o enfriando demasiado el aire, y luego calentando el aire a medida que sale de la bobina de enfriamiento. A medida que la temperatura de bulbo seco en la sala de cultivo varía alrededor de la diferencia de control del bulbo seco, el nivel de humedad relativa cambiará, incluso si el contenido de humedad del aire en la sala se mantiene constante. Esta fluctuación en el %RH medido puede hacer que el humidistato "persiga" lo que parece ser un objetivo en movimiento, causando niveles de humedad inestables en la sala de cultivo. El ciclo de las luces provoca una condición que tiene un efecto directo en la carga sensible de la habitación, así como en el cambio de la tasa de transpiración de las plantas, afectando el nivel de humedad en la habitación. Este cambio en las condiciones debe ser respondido adecuadamente por el equipo y los controles de HVAC para mantener un ambiente correcto para las plantas.

Las luces suelen encenderse y apagarse mediante el uso de un reloj temporizador, y se ciclan 12 horas encendidas y 12 horas apagadas, creando períodos de luz y oscuridad. Cuando las luces se apagan, la carga sensible creada por las luces repentinamente se reduce a 0, y el termostato de bulbo seco que controla la temperatura en la sala de cultivo responde dejando de solicitar que el sistema de enfriamiento funcione, ya que ya no hay una carga sensible generada por las luces. Con las bobinas de enfriamiento ya no proporcionando enfriamiento sensible y latente, entonces corresponde, si están instalados, a los deshumidificadores eliminar cualquier exceso de humedad en el aire, con el fin de devolver la sala de cultivo al %RH deseado, o hacer que las bobinas de enfriamiento continúen enfriando el aire para eliminar el exceso de humedad, y luego volver a calentar el aire a medida que sale del manipulador de aire. Hay un período de transición cuando las luces acaban de apagarse y las plantas aún no han respondido a la pérdida de luz, lo cual detiene los procesos de fotosíntesis y transpiración, y el vapor de agua sigue saliendo por los estomas y se acumula como condensación en la parte inferior de las hojas, lo cual puede crear una condición indeseada si el agua no se elimina adecuadamente por evaporación. Esta condición de evaporación se conoce como Déficit de Presión de Vapor (VPD). VPD es la presión de vapor saturado en la superficie de la hoja en comparación con la presión de vapor en la habitación.

Se describe un método ejemplar de control de la temperatura de bulbo seco y la presión de vapor en la sala de cultivo, en donde este método no forma parte de la presente invención. Además de controlar la temperatura y humedad deseadas en la sala de cultivo, el ejemplo también controla la iluminación y el riego en la sala, coordinando los diversos sistemas que afectan la respuesta de las plantas y las condiciones creadas por la respuesta de las plantas. Al controlar el bulbo seco y la presión de vapor en la habitación como dos variables independientes durante los ciclos de luz/no

luz de las plantas, se puede lograr de manera constante la humedad relativa deseada.

La Figura 11 es un diagrama de bloques de un espacio acondicionado 1 que es la sala de cultivo con iluminación automatizada y controlada. Los números en la Figura 11 son los mismos que en las Figuras 1, 3 y 10 para los mismos componentes. La sala de cultivo 1 contiene las Plantas 60, Luces 59, una válvula de riego que controla el flujo de agua y nutrientes hacia las plantas 61, un ventilador utilizado para mover el aire en toda la sala de cultivo 32, una bobina de enfriamiento controlada por temperatura, que se enfría ya sea por expansión directa de un refrigerante o un fluido refrigerado 4, un ventilador de velocidad variable que mueve el aire a través de la bobina de enfriamiento 7, sensores que miden la temperatura de bulbo seco 5 y la temperatura de punto de rocío 6, fuente de calor 8 y humedad 9, sensor de temperatura 19 en comunicación cercana con la bobina de enfriamiento 4.

Haciendo referencia adicional a la Figura 11, cuando la sala de cultivo se utiliza con el propósito de florecer plantas de cannabis, las luces se encienden y apagan en intervalos de 12 horas o en cualquier otro intervalo deseado. Cuando las luces se apagan, la carga sensible en la habitación disminuye repentinamente, y los sistemas típicos de HVAC requerirán grandes cantidades de recalentamiento, para evitar enfriar demasiado el aire en la sala de cultivo. Al controlar la presión de vapor/punto de rocío en la habitación de forma independiente a la temperatura de bulbo seco en la habitación, cuando las luces 59 se apagan, el sensor de bulbo seco 5 detectará la pérdida de la carga sensible de las luces, al medir una disminución en la temperatura de bulbo seco medida en la sala de cultivo 1. Esta disminución de temperatura en la habitación 1 causará un error entre el valor de punto de ajuste de bulbo seco 12 y el valor medido por el sensor de bulbo seco 5, lo cual provocará un error de salida positivo desde el PID 13 para reducir la salida del amplificador 14, disminuyendo así la velocidad del ventilador 7, que es el encargado de mover el aire sobre la bobina de enfriamiento 4. La reducción del movimiento de aire sobre la bobina de enfriamiento 4 reducirá el enfriamiento sensible de la bobina y aumentará el enfriamiento latente de la bobina. Con este cambio en la relación sensible a latente de la bobina 4, las condiciones de la habitación se mantienen mejor cuando hay una transición de luz a oscuridad, durante el período en donde las plantas aún están en una alta tasa de transpiración, lo cual requiere una alta eliminación de humedad del aire, mientras que la carga sensible se ha reducido considerablemente. En caso de que se presente la condición de una carga latente alta y una carga sensible baja cuando el ventilador 7 está apagado, y la bobina de enfriamiento comienza a enfriar en exceso la sala de cultivo 1 mediante enfriamiento convectivo, se producirá un error negativo en el lazo PID 13 cuando el sensor de bulbo seco 5 esté midiendo un valor por debajo del punto de ajuste de bulbo seco 12. Este error negativo causará un valor en la salida del amplificador 15, que activará el calor suplementario 8 en el espacio de cultivo. A diferencia de los sistemas de HVAC convencionales donde el calor suplementario se coloca, con respecto al flujo de aire, después de la bobina de enfriamiento, en este sistema el calor suplementario 8 se coloca en la sala de cultivo 1 y utiliza la convección, que puede ser asistida por el ventilador 32 que se utiliza para proporcionar movimiento de aire a través de las plantas 60. Este método reduce en gran medida la cantidad de calor requerida en comparación con los sistemas de climatización convencionales, ya que este sistema es capaz de reducir la capacidad sensible de la bobina al tiempo que aumenta la capacidad latente de la bobina, lo que reduce la cantidad de enfriamiento excesivo en la habitación durante las condiciones causadas por el encendido y apagado de las luces 59.

Además de controlar y mantener las temperaturas de bulbo seco y punto de rocío en la sala de cultivo 1. El sistema incluye un reloj 62 que se utiliza para encender y apagar las luces 59, o, mediante un regulador de intensidad; el nivel de luz se elevará y disminuirá durante un período de tiempo en los intervalos de conmutación programados. El perfilador 33 contendrá los puntos de ajuste de bulbo seco y punto de rocío, tanto para los puntos de ajuste con foto como sin foto. Cuando llegue el momento de hacer la transición de foto a no foto o de no foto a foto, el perfilador ya sea aumentará gradualmente o cambiará el valor establecido de bulbo seco 12 y el valor de punto de ajuste de punto de rocío 10 en los cuales se mantendrá la sala de cultivo 1. Al tener la capacidad de controlar el punto de ajuste de bulbo seco 12, el punto de ajuste de punto de rocío 11, el nivel de luz de las lámparas 59 y el riego 61. De esta manera, las condiciones en la sala de cultivo 1 pueden transicionar de una manera más natural para una planta 60, un método que simula más de cerca la transición de temperatura, punto de rocío y luz en las transiciones normales al aire libre del amanecer y el atardecer.

El ejemplo en la Figura 12 muestra cómo se puede hacer la transición 63 del punto de ajuste de bulbo seco desde el punto de ajuste no fotográfico anterior al punto de ajuste fotográfico, antes del Tiempo de Cambio de Interruptor Fotográfico. El punto de ajuste de punto de rocío puede transicionar 64 de no foto a foto, comenzando en el Tiempo de Cambio de Interruptor de Foto, que está sincronizado con el aumento en la intensidad de la luz 65. La cantidad de tiempo antes y después del punto de cambio de la foto en la que ocurre la transición está programada por el usuario, pero no se limita a través de la interfaz de usuario 34, una computadora 35, una aplicación móvil 36. El sistema de riego 61 también está controlado, de modo que la cantidad de agua que llega a las plantas puede reducirse durante la transición para adaptarse mejor a la tasa reducida de consumo de agua por parte de las plantas 60, a medida que pasan de un modo fotográfico a un modo no fotográfico, reduciendo el desperdicio y desbordamiento de agua.

# REIVINDICACIONES

1. Un sistema (2) para controlar el secado de un producto (3), dicho producto (3) tiene una presión de vapor específica, dicho producto (3) se encuentra dentro de un espacio acondicionado (1), dicho sistema que comprende:

un primer sensor (5) para determinar la temperatura en dicho espacio acondicionado (1), un segundo sensor (6) para determinar la presión de vapor en dicho espacio acondicionado (1), y

un controlador sensible a la presión de vapor o punto de rocío en dicho espacio acondicionado (1) con respecto a la presión de vapor del producto (3) para controlar el envejecimiento de dicho producto (3),

en donde dicho controlador comprende dos lazos de control PID independientes (11, 13), uno de dichos dos lazos de control PID (13) controla la temperatura en dicho espacio acondicionado (1) y el otro de dichos dos lazos de control PID (11) controla la presión de vapor o punto de rocío de dicho espacio acondicionado (1).

2. Un sistema (2) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho controlador realiza una o más de las siguientes:

controla la relación entre la presión de vapor de dicho producto (3) y la presión de vapor del espacio acondicionado;

elimina el vapor de agua de dicho espacio acondicionado (1) para aliviar la presión de vapor de dicho espacio acondicionado (1);

controla la cantidad de agua que se elimina y la velocidad a la que se elimina el agua de dicho producto (3).

3. Un sistema (2) de acuerdo con la reivindicación 2, en donde dicho sistema (2) comprende bobinas de enfriamiento (4), la presión de vapor en dicho espacio acondicionado (1) controla la temperatura de dichas bobinas de enfriamiento (4), dicho controlador responde a la presión de vapor para controlar la temperatura de dichas bobinas de enfriamiento (4).

4. Un sistema (2) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el controlador que controla la temperatura en dicho espacio acondicionado (1) controla el flujo de aire sobre las bobinas de enfriamiento (4) en función de la temperatura en dicho espacio acondicionado (1).

5. Un sistema (2) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho sistema monitorea la temperatura y el punto de rocío en dicho espacio acondicionado (1), en donde la temperatura en dicho espacio acondicionado (1) es monitoreada por un sensor de bulbo seco (5) y dicho punto de rocío es monitoreado con un sensor (6) para proporcionar un valor de punto de rocío.

6. Un sistema (2) de acuerdo con la reivindicación 3, que además comprende un sensor de superficie (19) ubicado en dicha bobina de enfriamiento (4), dicho sensor de superficie (19) monitorea la temperatura de dicha bobina de enfriamiento (4).

7. Un sistema (2) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una señal de error en dicho lazo de control de bulbo seco (13) está conectada para afectar al lazo de control de punto de rocío (11).

8. Un sistema (2) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho espacio acondicionado (1) comprende bobinas de enfriamiento (4), en donde dicho sistema (2) responde a una condición de carga latente pequeña mientras hay una carga sensible, dicho sistema (2) que controla la temperatura de dichas bobinas de enfriamiento (4).

9. Un sistema (2) de acuerdo con la reivindicación 2, en donde dicho sistema (2) establece uno o más de los siguientes:

tasas de secado objetivo para dicho producto (3) y controlar las condiciones en dicho espacio acondicionado (1) para cumplir con dicha tasa de secado objetivo;

objetivos para la presión de vapor, la temperatura de bulbo seco y los parámetros de flujo de aire en el espacio acondicionado (1), dicho sistema (2) responde a las diferencias entre dichos objetivos y la presión de vapor, la temperatura de bulbo seco y los parámetros de flujo de aire en dicho espacio acondicionado (1) para controlar los parámetros de presión de vapor, temperatura de bulbo seco y flujo de aire para cambiar dicho parámetro y acercarse a dichos objetivos;

intervalos de tiempo para alterar la tasa de pérdida de agua en dicho producto (3).

10. Un sistema (2) de acuerdo con la reivindicación 9, en donde dicho sistema (2) monitorea continuamente el peso del producto y determina la cantidad de pérdida de peso, dicho sistema (2) almacena la tasa de dicha pérdida de peso

para el producto (3) que luego se seca en dicho espacio acondicionado (1).

- 5
11. Un sistema (2) de acuerdo con la reivindicación 10, en donde dicho sistema (2) comprende una balanza (31) para medir el peso del producto (3) a secar mediante dicho sistema (2).
12. Un sistema (2) de acuerdo con la reivindicación 9, en donde dicho sistema (2) crea un registro (37) de los parámetros controlados en el espacio acondicionado (1), dicho registro y dicho sistema de control (2) son accesibles electrónicamente ya sea directamente por un usuario o de forma remota a través de comunicación inalámbrica.
- 10
13. Un sistema (2) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho espacio acondicionado (1) incluye un enfriador termoelectrico (38), el funcionamiento de dicho enfriador termoelectrico (38) responde al punto de rocío en dicho espacio acondicionado (1).
- 15
14. Un sistema (2) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho sistema (2) comprende un control de iluminación que controla el tiempo y la cantidad de iluminación en dicho espacio acondicionado (1), dicho control de iluminación que opera junto con los dos lazos de control PID (11, 13) para controlar las condiciones de dicho espacio acondicionado (1).
- 20
15. Un sistema (2) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho producto (3) es carne o queso, o está relacionado con cannabis.

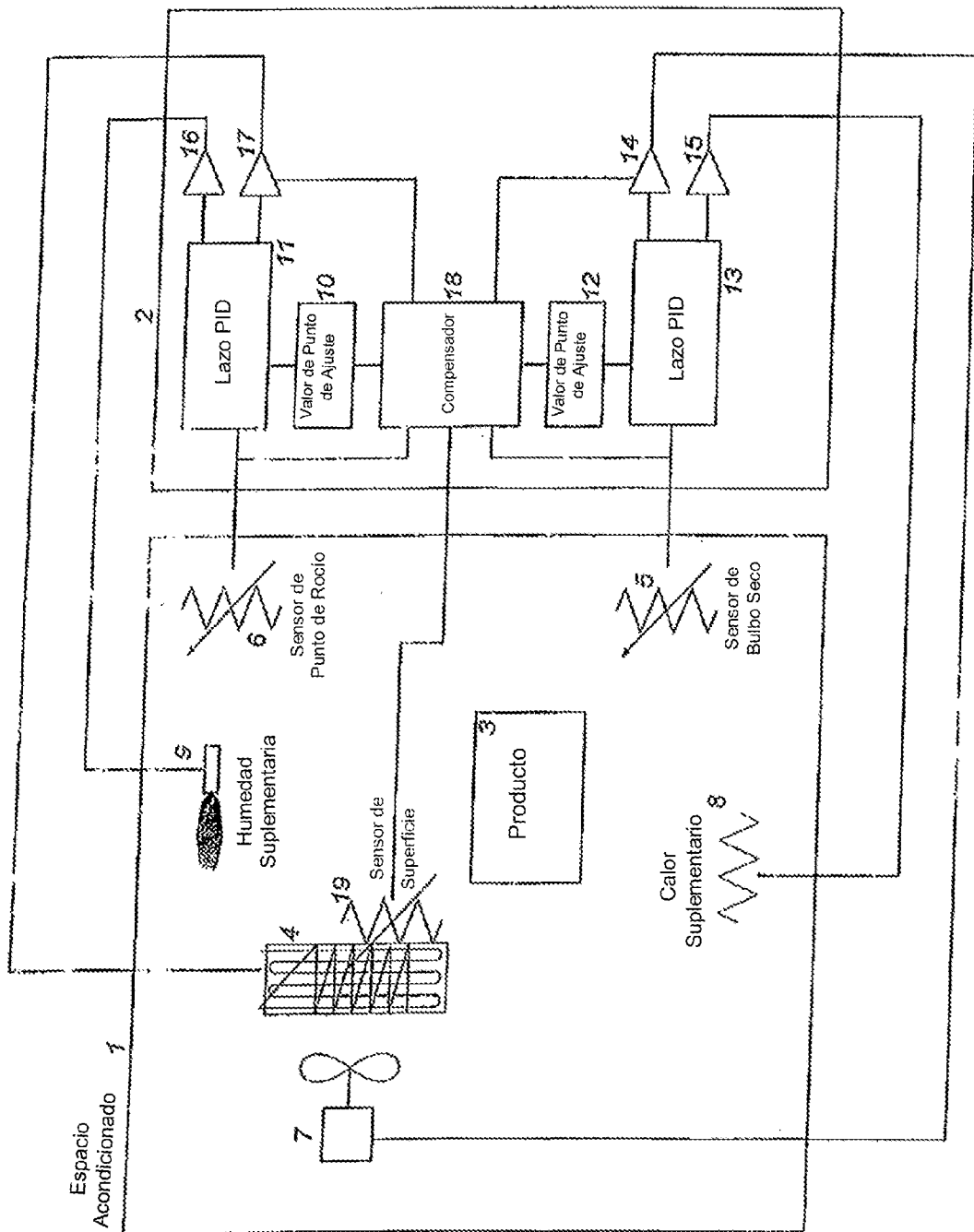


FIGURA 1

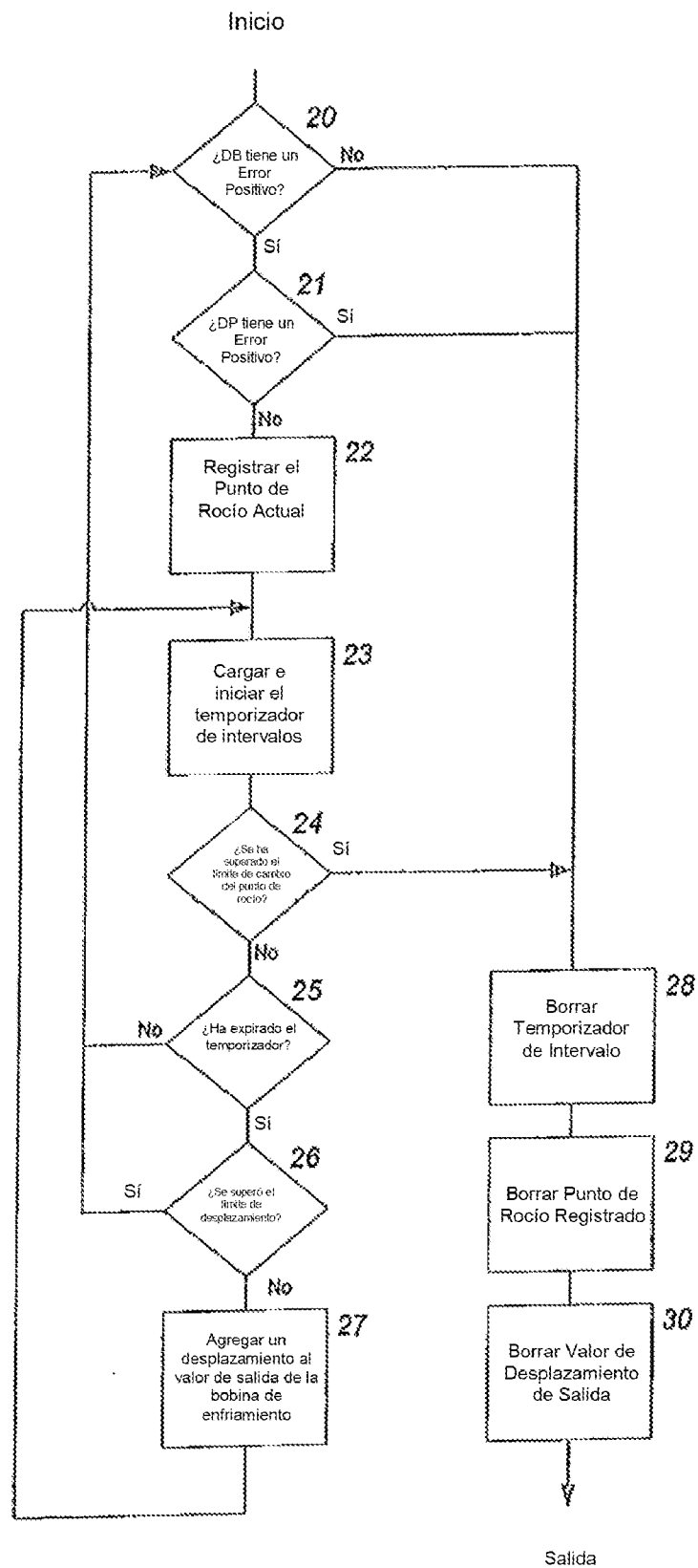


FIGURA 2

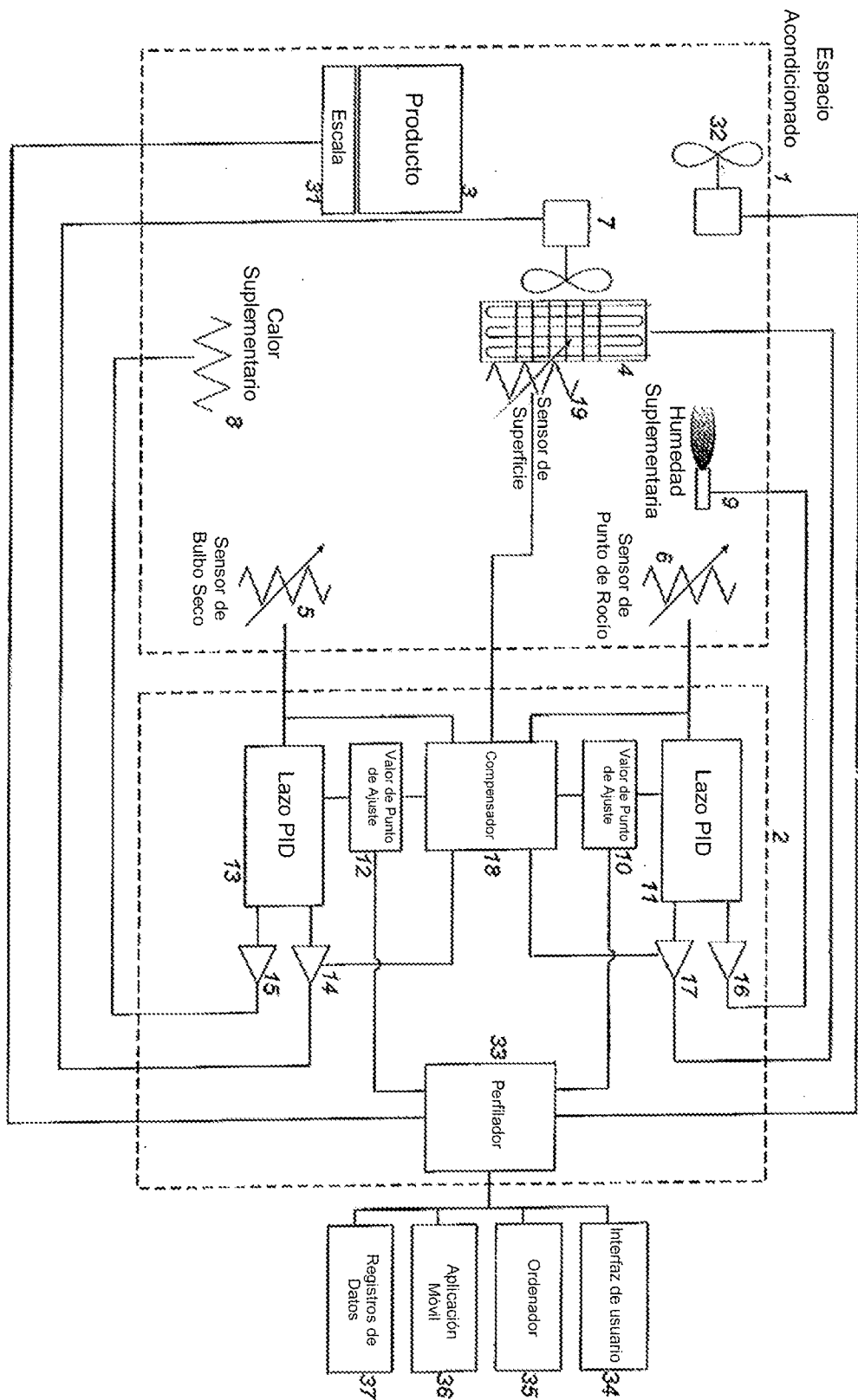


FIGURA 3

FIGURA 4

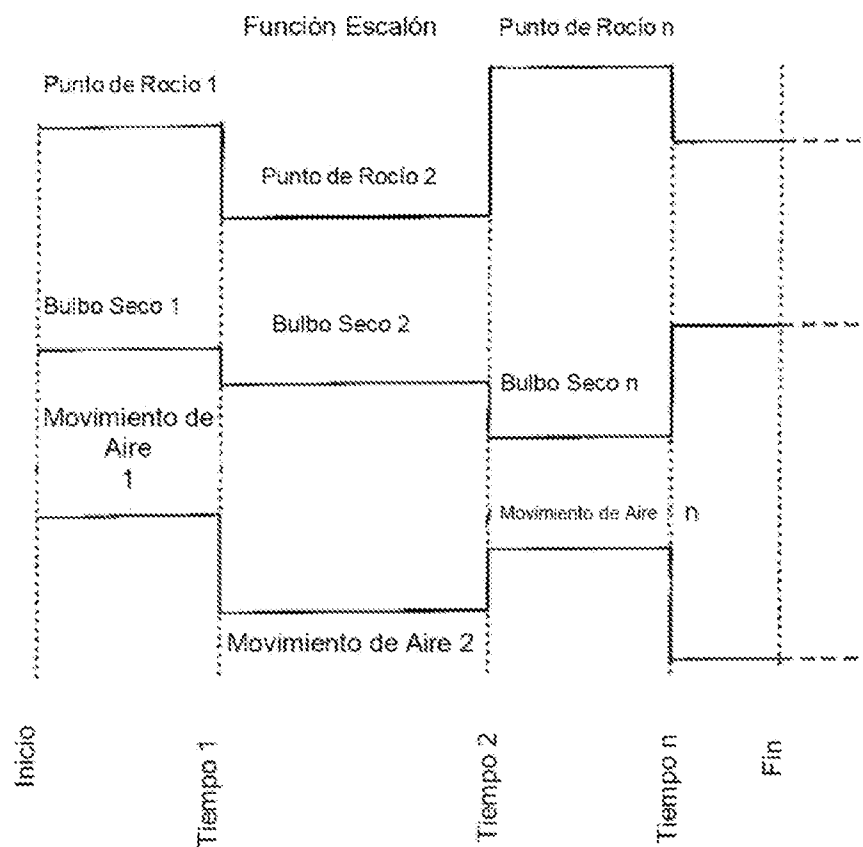
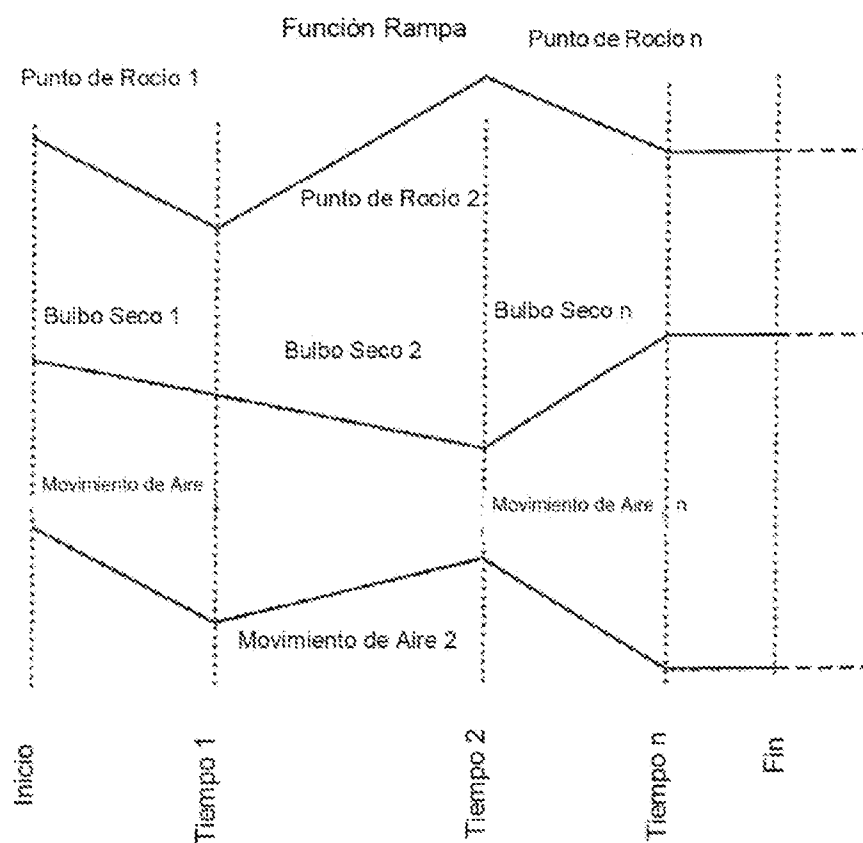


FIGURA 5



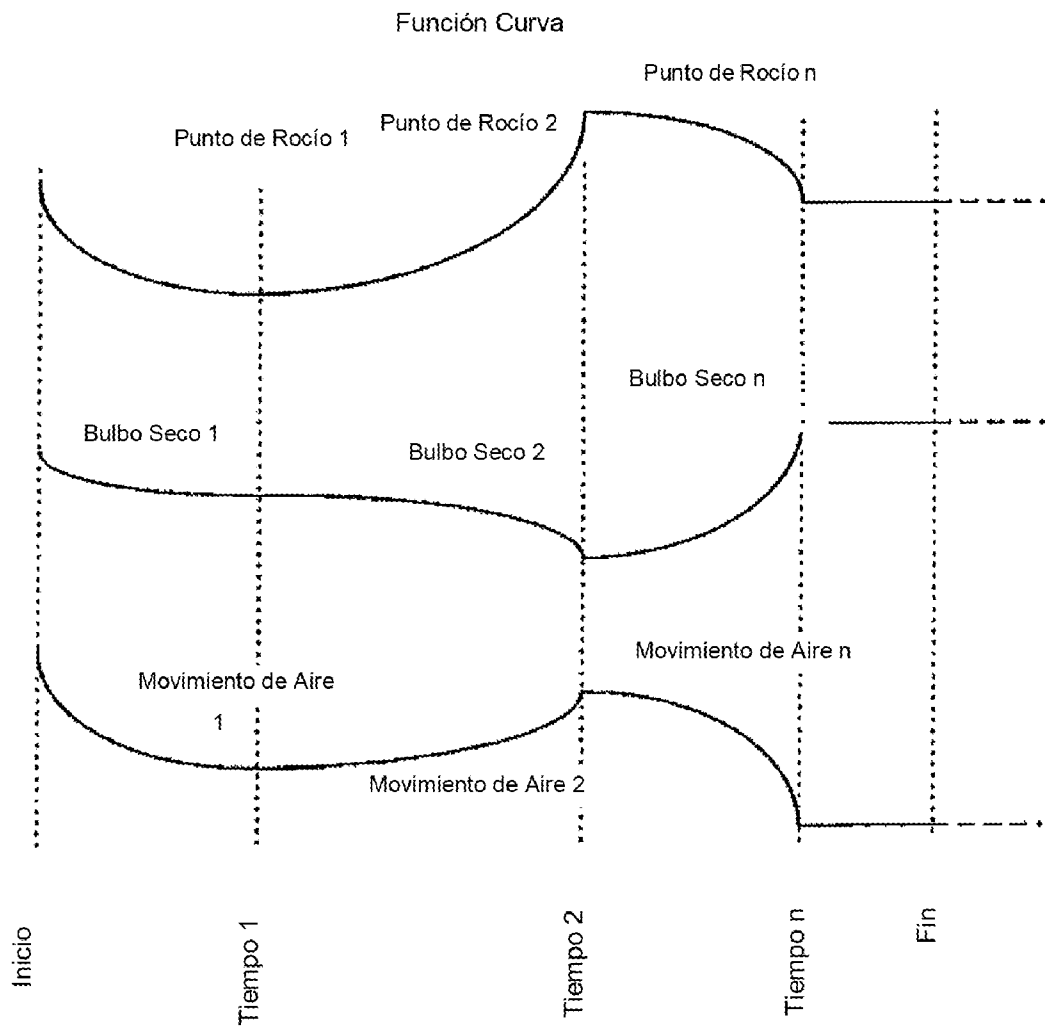


FIGURA 6

FIGURA 7

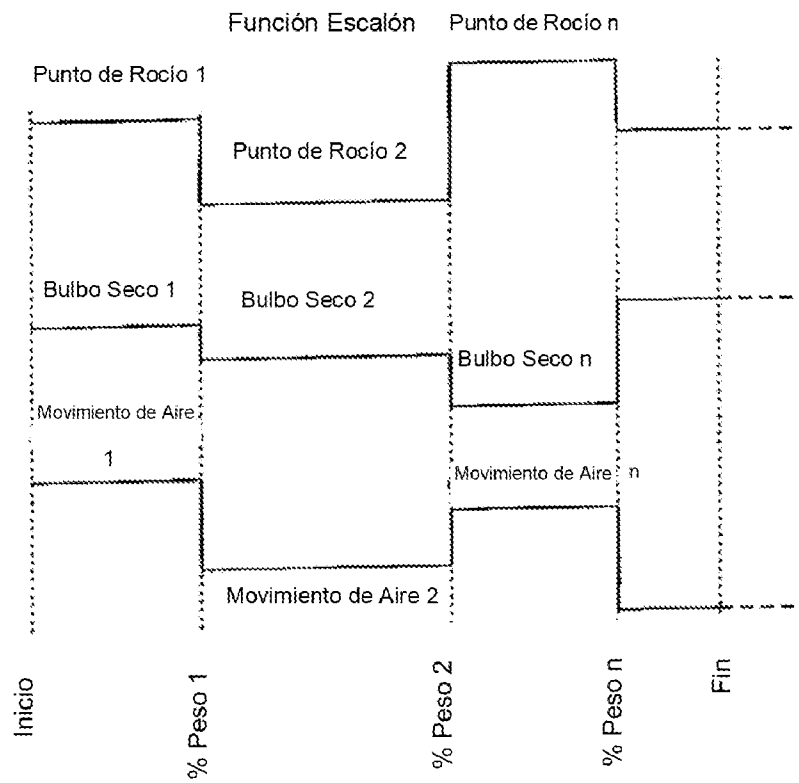
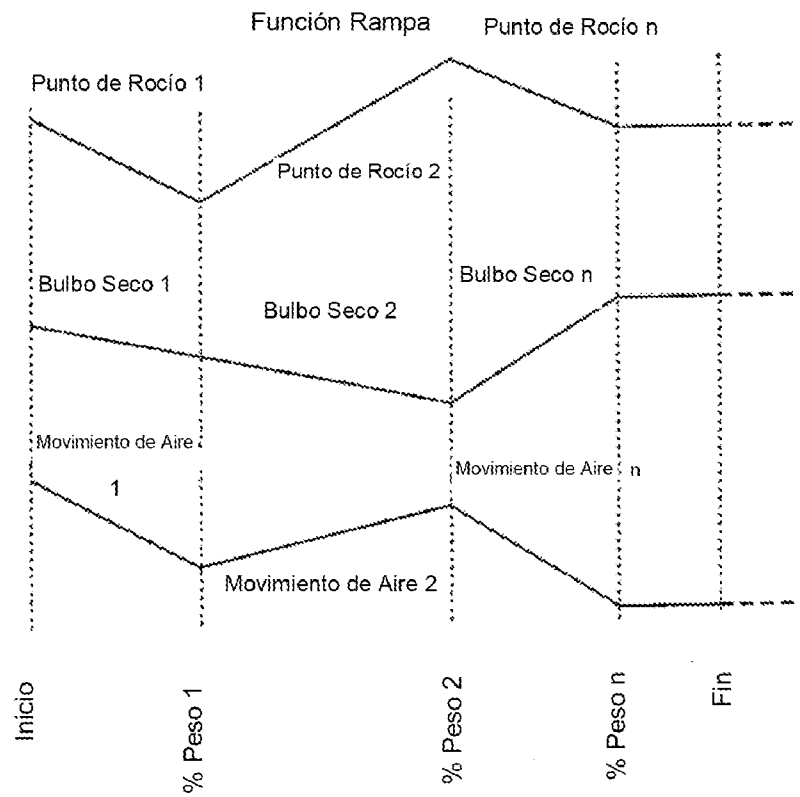


FIGURA 8



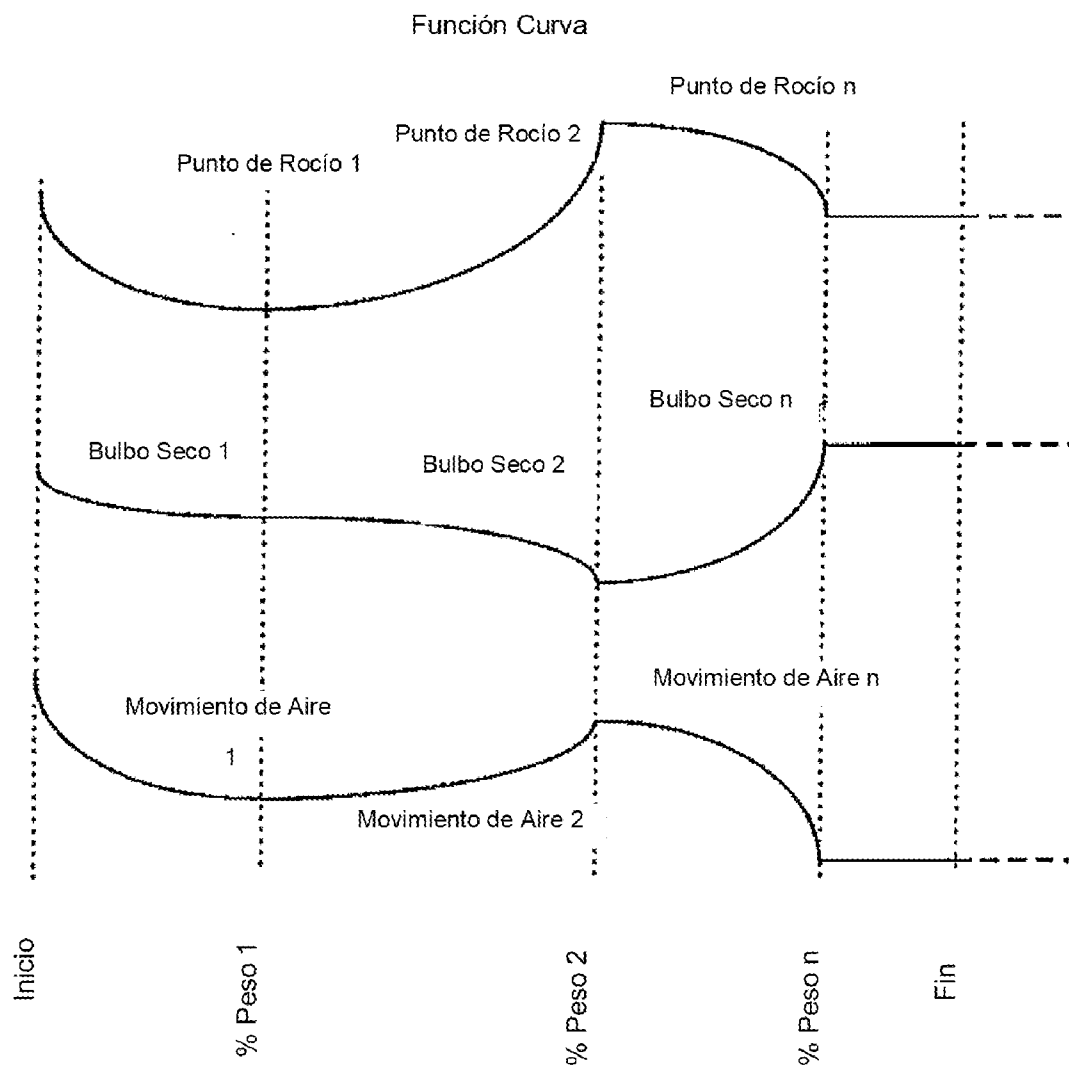


FIGURA 9

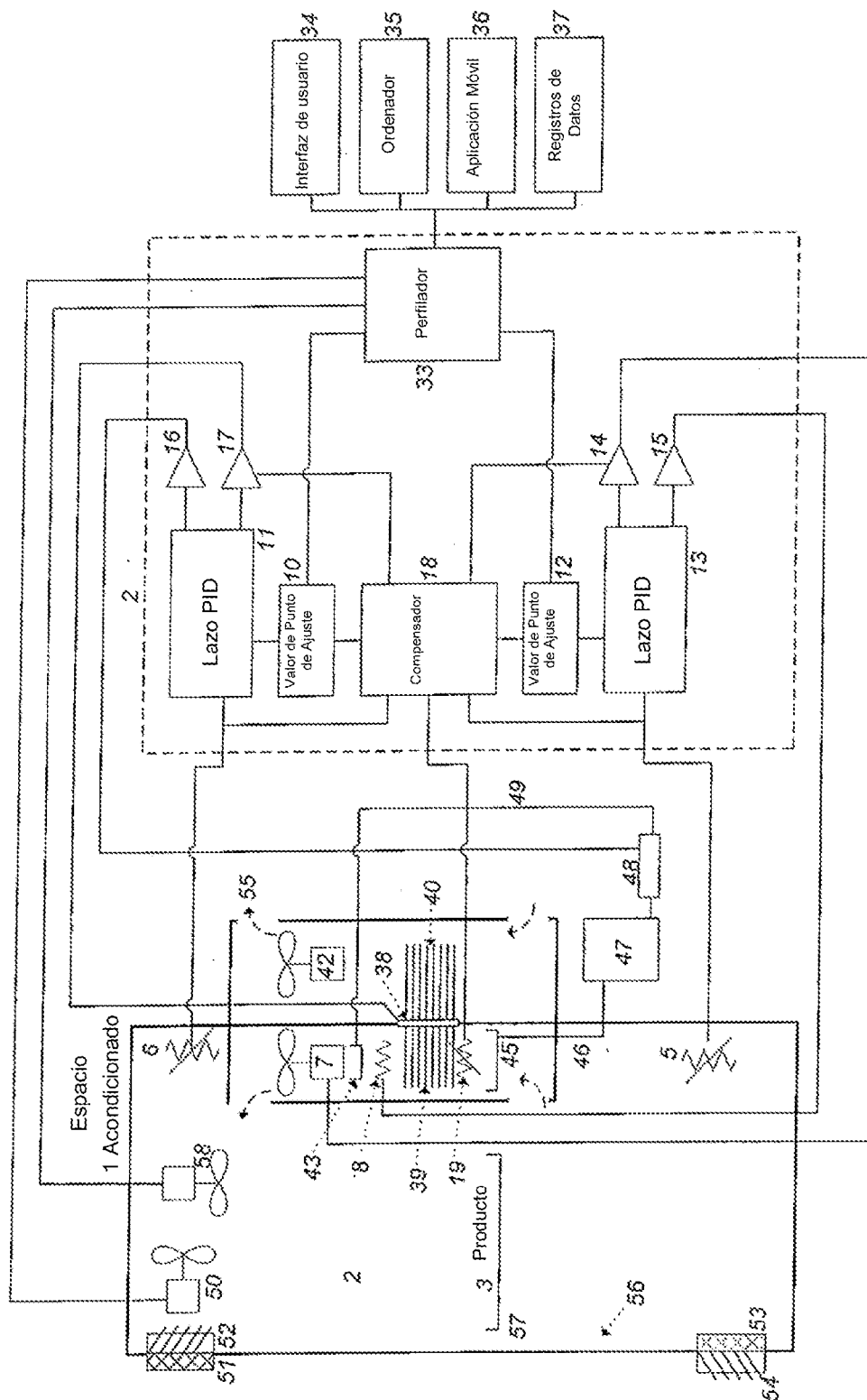


FIGURA 10

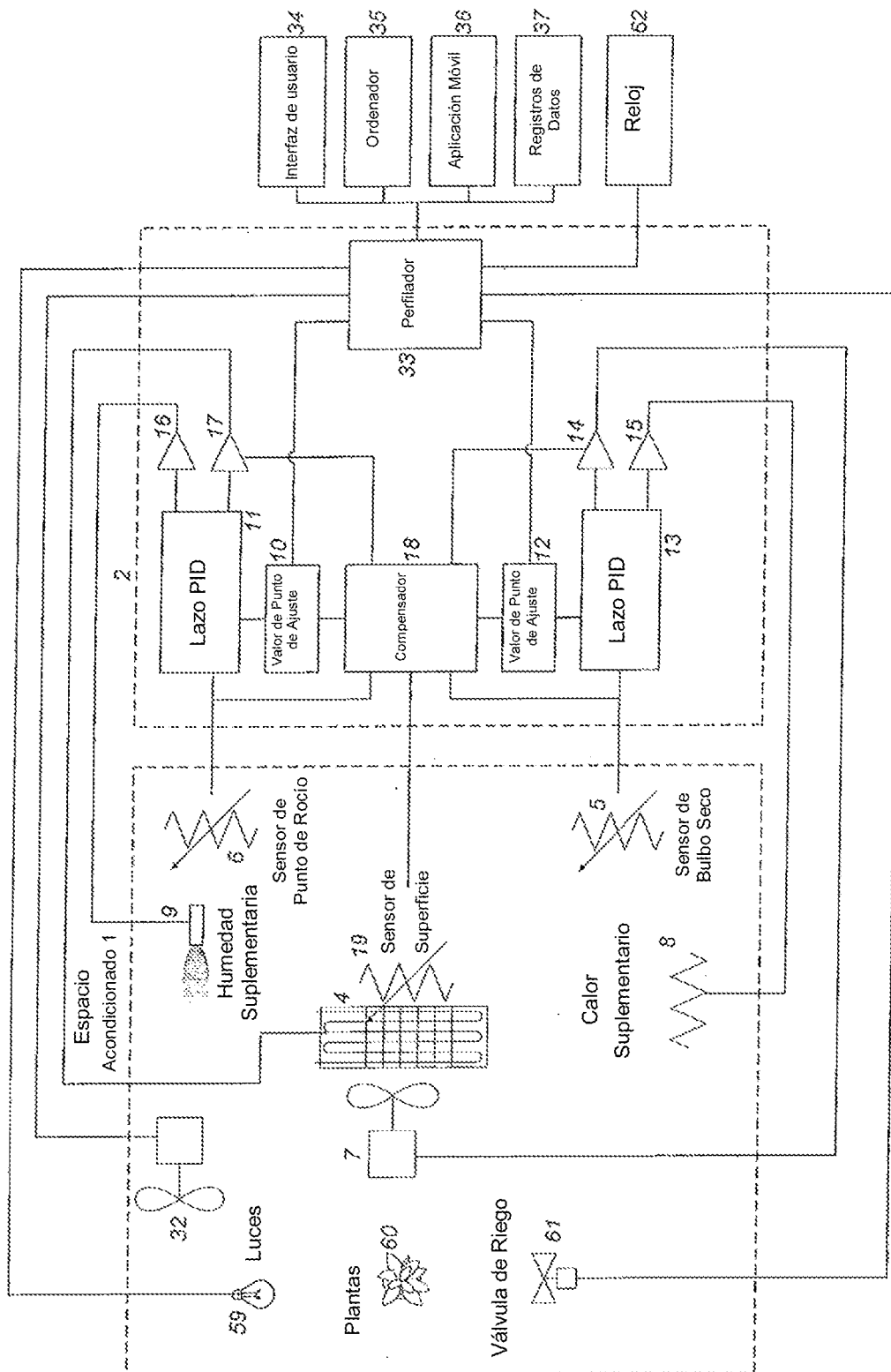


FIGURA 11

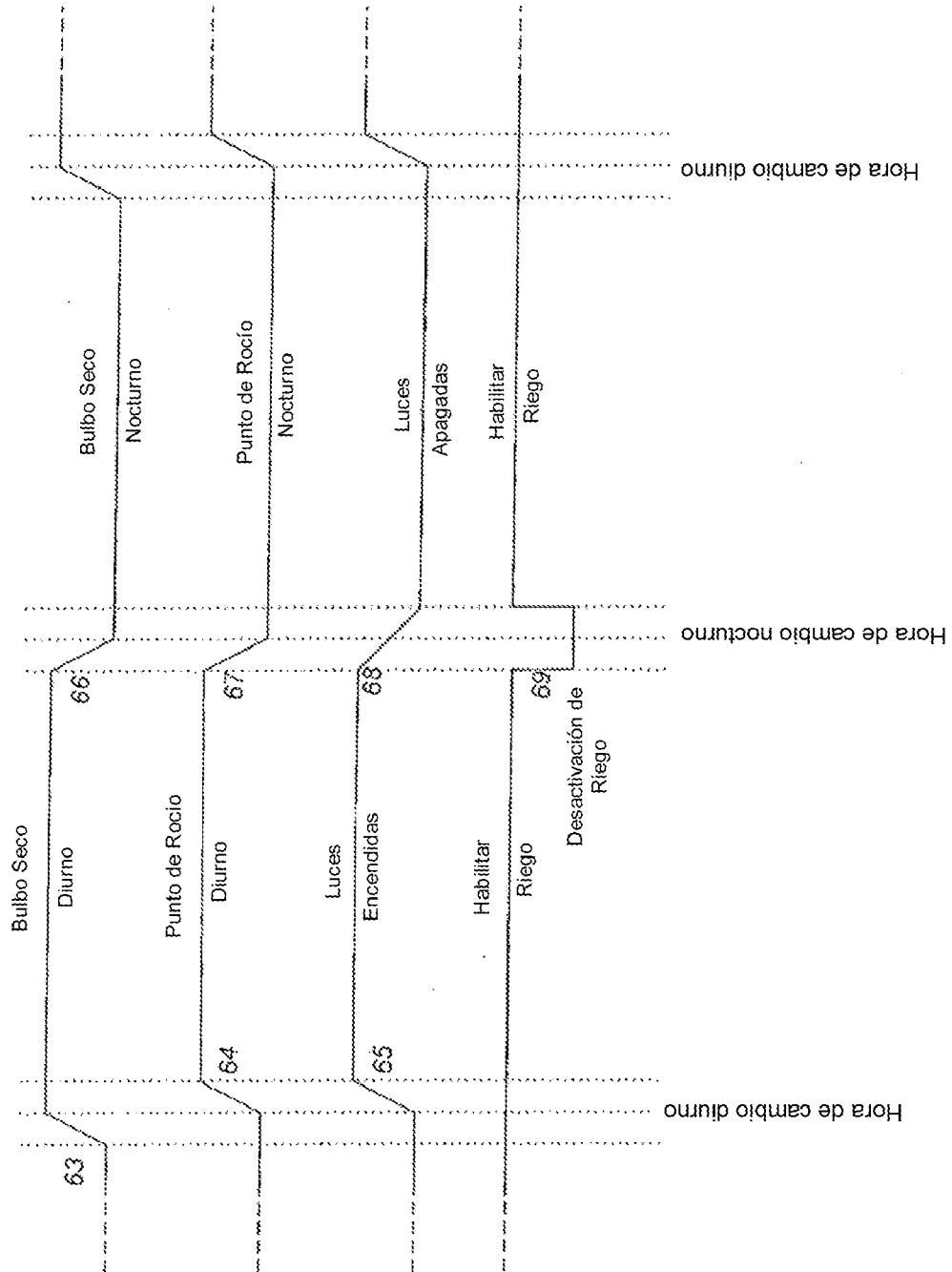


FIGURA 12