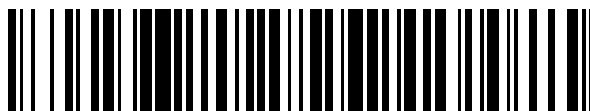


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 163**

51 Int. Cl.:

**G05D 23/19** (2006.01)

**A24F 47/00** (2006.01)

**H05B 1/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2013** **E 15193539 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2017** **EP 3002657**

54 Título: **Dispositivo y método para controlar un calentador eléctrico para limitar la temperatura**

30 Prioridad:

**11.09.2012 EP 12183837**

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

**03.07.2017**

73 Titular/es:

**PHILIP MORRIS PRODUCTS S.A. (100.0%)**

**Quai Jeanrenaud 3**

**2000 Neuchâtel, CH**

72 Inventor/es:

**FARINE, ROBIN y**

**TALON, PASCAL**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 621 163 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

Dispositivo y método para controlar un calentador eléctrico para limitar la temperatura

La presente descripción se refiere a un calentador eléctrico y a un método y dispositivo para controlar el calentador para evitar los picos de temperatura. La descripción se refiere más particularmente a un calentador eléctrico configurado para calentar un sustrato formador de aerosol y un método y dispositivo para evitar la combustión no conveniente del sustrato formador de aerosol. El dispositivo y método descritos son particularmente aplicables a dispositivos para fumar calentados eléctricamente.

Los cigarrillos tradicionales suministran humo como resultado de la combustión del tabaco y la envoltura, que ocurre a temperaturas que pueden exceder 800 grados Celsius durante una bocanada. A estas temperaturas, el tabaco se degrada térmicamente por pirólisis y combustión. El calor de la combustión libera y genera varios productos gaseosos de la combustión y destilados del tabaco. Los productos se arrastran a través del cigarrillo y se enfrían y se condensan para formar un humo que contiene los sabores y aromas asociados con la acción de fumar. A las temperaturas de combustión, no solamente se generan los sabores y aromas sino también un número de compuestos no deseados.

Se conocen los dispositivos para fumar calentados eléctricamente, que operan a temperaturas más bajas. Calentado a una temperatura más baja, el sustrato formador de aerosol (que en caso de un dispositivo para fumar es a base de tabaco) no combustiona y se generan mucho menos compuestos no deseados.

Es conveniente en tales dispositivos para fumar calentados eléctricamente, y en otros dispositivos generadores de aerosol calentados eléctricamente, asegurar tanto como sea posible que la combustión del sustrato no ocurra, incluso en condiciones ambientales extremas y bajo patrones de uso extremos. Es por lo tanto conveniente controlar la temperatura de los elementos o elemento de calentamiento en el dispositivo para reducir el riesgo de combustión mientras que aún se calienta hasta una temperatura suficiente para asegurar un aerosol conveniente. Es conveniente ser capaz de detectar o predecir la combustión del sustrato y controlar el elemento de calentamiento en consecuencia.

En un aspecto de la presente descripción, se proporciona un método para controlar un elemento de calentamiento eléctrico, que comprende:

mantener la temperatura del elemento de calentamiento a una temperatura objetivo suministrando pulsos de corriente eléctrica al elemento de calentamiento;  
monitorear el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica; y  
determinar si el ciclo de trabajo difiere de un ciclo de trabajo o intervalo de ciclos de trabajo esperado, y si es así, reducir la temperatura objetivo, o detener el suministro de corriente al elemento de calentamiento o limitar el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica suministrados al elemento de calentamiento.

El elemento de calentamiento puede ser parte de un dispositivo generador de aerosol tal como un dispositivo para fumar calentado eléctricamente. El elemento de calentamiento puede configurarse para calentar un sustrato formador de aerosol continuamente durante el funcionamiento del dispositivo. Un sustrato formador de aerosol en este contexto es un sustrato capaz de liberarse después del calentamiento de los compuestos volátiles, que pueden formar un aerosol. "Continuamente" en este contexto significa que el calentamiento no depende del flujo de aire a través del dispositivo. Cuando los constituyentes formadores de aerosol del sustrato formador de aerosol se agotan durante el calentamiento, la energía requerida para mantener una temperatura objetivo dada cae. En dependencia de la evolución de la temperatura objetivo durante el funcionamiento del elemento de calentamiento, el ciclo de trabajo puede limitarse a reducir el riesgo de que ocurra la combustión del sustrato.

Cuando la temperatura se mantiene a una temperatura objetivo conocida, cualquier variación en el ciclo de trabajo o intervalo de ciclos de trabajo esperado para mantener la temperatura objetivo es indicativa de condiciones anormales. Por ejemplo, si el ciclo de trabajo se mantiene muy por debajo del esperado aunque la temperatura se mantenga, esto puede deberse a una fuente de calor externa, tal como un sustrato que se quema. Si el ciclo de trabajo se mantiene por encima del esperado esto puede deberse a un enfriamiento anormal del elemento de calentamiento como resultado de un flujo de aire excesivo que pasa por el calentador, que en un dispositivo para fumar significa una toma de caladas intensa por el usuario. La toma de caladas intensa puede llevar a una concentración de oxígeno más alta que aumenta la posibilidad de una combustión no conveniente del sustrato formador de aerosol.

El elemento de calentamiento puede ser un elemento de calentamiento eléctricamente resistivo y la etapa de mantener la temperatura del elemento de calentamiento a la temperatura objetivo puede comprender determinar la resistencia eléctrica del elemento de calentamiento y ajustar la corriente eléctrica suministrada al elemento de calentamiento en dependencia de la resistencia eléctrica determinada. La etapa de mantener la temperatura del elemento de calentamiento a la temperatura objetivo puede comprender usar un lazo de control PID. Alternativamente pueden usarse, otros mecanismos para mantener la temperatura, tal como un simple mecanismo

de control encendido/apagado que es más barato que un lazo de control PID. Además, pueden usarse mecanismos sensores de temperatura distintos de los que detectan la resistencia eléctrica del elemento de calentamiento, tal como tiras bimetálicas, termopares o, un termistor dedicado o un elemento eléctricamente resistivo que sea eléctricamente independiente del elemento de calentamiento. Estos mecanismos sensores de temperatura alternativos pueden usarse además o en lugar de determinar la temperatura mediante el monitoreo de la resistencia eléctrica del elemento de calentamiento. Por ejemplo, un mecanismo separado para monitorear la temperatura puede usarse en un mecanismo de control para cortar la energía hacia el elemento de calentamiento cuando la temperatura del elemento de calentamiento excede una temperatura objetivo.

La etapa de determinar si el ciclo de trabajo difiere de un ciclo de trabajo esperado puede comprender comparar periódicamente el ciclo de trabajo con un primer ciclo de trabajo umbral y usar un ciclo de control de histéresis para determinar un punto de activación en que se reduce la temperatura objetivo o se limita el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica. Usar un ciclo de control de histéresis asegura que las fluctuaciones a muy corto plazo en el ciclo de trabajo no disparen una reducción de la temperatura o de la energía aplicada. Solamente después de un periodo sustancial de comportamiento anormal del ciclo de trabajo se alcanza el punto de activación.

El método puede comprender, si el ciclo de trabajo es menor que un segundo ciclo de trabajo umbral mientras que la temperatura está en o por encima de la temperatura objetivo, cortar el suministro de la corriente eléctrica al elemento de calentamiento. Como se describe, un ciclo de trabajo muy bajo con una temperatura sostenida es indicativa de una fuente de calor externa y puede ser el resultado de la combustión de un sustrato adyacente a o que rodea el elemento de calentamiento. En esta circunstancia la energía al elemento de calentamiento puede cortarse para asegurar que el usuario del dispositivo no reciba más compuestos indeseables.

El método puede comprender limitar el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica a un límite máximo del ciclo de trabajo. El límite máximo del ciclo de trabajo puede variar en base a una estrategia de control preprogramada. Por ejemplo el ciclo de trabajo máximo puede reducirse con un tiempo creciente, ya sea paso a paso o continuamente, cuando el sustrato se seca. El primer y segundo umbral, o tanto el primero como el segundo umbral, pueden ser proporcionales al límite máximo del ciclo de trabajo. Por ejemplo, el primer umbral puede ser el límite máximo del ciclo de trabajo. El segundo umbral puede ser una proporción fija del límite máximo del ciclo de trabajo o puede ser un ciclo de trabajo fijo. Alternativamente, tanto el primero como el segundo umbral pueden ser límites absolutos.

En otro aspecto de la descripción, se proporciona un dispositivo para controlar un elemento de calentamiento eléctrico, que comprende:

un circuito de control conectado al elemento de calentamiento, configurado para mantener la temperatura del elemento de calentamiento a una temperatura objetivo suministrando pulsos de corriente eléctrica al elemento de calentamiento; y  
un circuito de detección configurado para monitorizar el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica y si el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica difiere de un ciclo de trabajo o intervalo de ciclos de trabajo esperado, para instruir el circuito de control que reduzca la temperatura objetivo o detenga el suministro de corriente al elemento de calentamiento o limite el ciclo de trabajo o los pulsos de corriente eléctrica.

El elemento de calentamiento puede ser un elemento de calentamiento eléctricamente resistivo y el circuito de control se configura para mantener la temperatura del elemento de calentamiento a la temperatura objetivo determinando la resistencia eléctrica del elemento de calentamiento y ajustar la corriente eléctrica suministrada al elemento de calentamiento en dependencia de la resistencia eléctrica determinada. El circuito de control puede comprender un lazo de control PID.

El circuito de detección puede configurarse para comparar periódicamente el ciclo de trabajo con un primer ciclo de trabajo umbral y puede comprender un ciclo de control de histéresis configurado para determinar un punto de activación en que se reduce la temperatura objetivo o se limita el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica.

El circuito de detección puede configurarse de manera que si el ciclo de trabajo es menor que un segundo ciclo de trabajo umbral mientras que la temperatura está en o por encima de la temperatura objetivo, el circuito de detección instruye el circuito de control para que corte el suministro de corriente eléctrica al elemento de calentamiento.

La temperatura objetivo puede ser constante o puede variar en el tiempo.

El circuito de control puede configurarse para limitar el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica a un límite máximo del ciclo de trabajo, en donde para una temperatura objetivo dada el límite máximo del ciclo de trabajo se reduce progresivamente con el tiempo creciente después de la activación del elemento de calentamiento. Si la temperatura objetivo se configura para aumentar en el tiempo en cualquier momento después de la activación del elemento de calentamiento, luego puede aumentar también el ciclo de trabajo máximo. En una modalidad la variable

A, donde A es igual al ciclo de trabajo máximo dividido por la temperatura objetivo, se reduce progresivamente con tiempo creciente después de la activación del elemento de calentamiento.

El circuito de control puede configurarse para cortar el suministro de corriente eléctrica al elemento de calentamiento si la temperatura del elemento de calentamiento excede un umbral de temperatura. Por ejemplo, si la temperatura del elemento de calentamiento se detecta que es 7°C o más por encima de la temperatura objetivo el suministro de energía puede cortarse ya que el riesgo de combustión sería demasiado alto.

El dispositivo puede ser un dispositivo generador de aerosol que comprende un elemento de calentamiento tal como un dispositivo para fumar calentado eléctricamente. El elemento de calentamiento puede configurarse para calentar un sustrato formador de aerosol continuamente durante el funcionamiento del dispositivo.

El dispositivo generador de aerosol puede configurarse para recibir un sustrato formador de aerosol, y en donde el ciclo de trabajo o el intervalo de ciclos de trabajo esperado es configurable en dependencia de una característica del sustrato formador de aerosol.

En un aspecto adicional de la descripción, se proporciona un sistema generador de aerosol que comprende:

un dispositivo generador de aerosol que comprende un elemento de calentamiento, y un artículo generador de aerosol que comprende un sustrato formador de aerosol, en donde el calentador se configura para calentar el sustrato formador de aerosol para generar un aerosol, y en donde el dispositivo generador de aerosol comprende: un circuito de control conectado al elemento de calentamiento, configurado para mantener la temperatura del elemento de calentamiento a una temperatura objetivo suministrando pulsos de corriente eléctrica al elemento de calentamiento;

un circuito de detección configurado para monitorizar el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica y si el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica difiere de un ciclo de trabajo o intervalo de ciclos de trabajo esperado, para instruir el circuito de control que reduzca la temperatura objetivo o detenga el suministro de corriente al elemento de calentamiento o limite el ciclo de trabajo o los pulsos de corriente eléctrica.

El dispositivo generador de aerosol puede configurarse de manera que el ciclo de trabajo o el intervalo de los ciclos de trabajo esperado dependan de una característica del sustrato formador de aerosol. El artículo generador de aerosol puede incluir medios para permitir que se determinen las características mediante el dispositivo generador de aerosol, tal como un componente eléctricamente resistivo, marcas codificadas ópticamente detectables o una dimensión o forma característica. Los diferentes sustratos pueden quemarse bajo diferentes condiciones y pueden contener diferentes cantidades de un líquido o un formador de aerosol, y por lo tanto pueden estar en riesgo de combustión a diferentes temperaturas y momentos.

En otro aspecto de la descripción, se proporciona un método para controlar un elemento de calentamiento eléctrico, que comprende:

mantener la temperatura del elemento de calentamiento a una temperatura objetivo durante una pluralidad de fases de calentamiento suministrando energía eléctrica al elemento de calentamiento;

limitar la energía suministrada al elemento de calentamiento durante cada fase de calentamiento a un nivel de energía umbral, de manera que una variable B, donde B es igual al nivel de energía umbral dividido por la temperatura objetivo, se reduce progresivamente con tiempo creciente después de la activación del elemento de calentamiento.

El elemento de calentamiento puede ser parte de un dispositivo generador de aerosol tal como un dispositivo para fumar calentado eléctricamente. El elemento de calentamiento puede configurarse para calentar un sustrato formador de aerosol continuamente durante el funcionamiento del dispositivo. "Continuamente" en este contexto significa que el calentamiento no depende del flujo de aire a través del dispositivo. Cuando los constituyentes formadores de aerosol del sustrato formador de aerosol se agotan durante el calentamiento, la energía requerida para mantener una temperatura objetivo dada cae. La temperatura objetivo del elemento de calentamiento puede cambiar durante el funcionamiento del elemento de calentamiento y el ciclo de trabajo puede limitarse correspondientemente para reducir el riesgo de que ocurra la combustión del sustrato. Si la temperatura objetivo se configura para aumentar en el tiempo en cualquier momento después de la activación del elemento de calentamiento, luego puede aumentar también el ciclo de trabajo máximo.

La etapa de mantener la temperatura puede comprender suministrar energía como pulsos de corriente eléctrica, y la etapa de limitar la energía suministrada puede comprender limitar el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica por debajo de un ciclo de trabajo umbral, el ciclo de trabajo umbral dividido por la temperatura objetivo que se reduce progresivamente para cada fase de calentamiento sucesiva después de la activación del elemento de calentamiento.

Alternativa o adicionalmente, la etapa de limitar la energía suministrada puede comprender limitar la tensión aplicada al elemento de calentamiento por debajo de una tensión umbral.

En un aspecto adicional de la descripción, se proporciona un dispositivo para controlar un elemento de calentamiento eléctrico, que comprende:

un circuito de control acoplado a un elemento de calentamiento, el circuito de control se configura para mantener la temperatura del elemento de calentamiento a una temperatura objetivo durante una pluralidad de fases de calentamiento suministrando energía eléctrica al elemento de calentamiento, y para limitar la energía suministrada al elemento de calentamiento durante cada fase de calentamiento a un nivel de energía umbral, de manera que una variable B, donde B es igual al nivel de energía umbral dividido por la temperatura objetivo, se reduce progresivamente con tiempo creciente después de la activación del elemento de calentamiento.

El circuito de control puede configurarse para suministrar energía como pulsos de corriente eléctrica, y para limitar la energía suministrada al elemento de calentamiento limitando el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica por debajo de un ciclo de trabajo umbral, el ciclo de trabajo umbral dividido por la temperatura objetivo que se reduce progresivamente para cada fase de calentamiento sucesiva después de la activación del elemento de calentamiento.

El dispositivo puede ser un dispositivo generador de aerosol que comprende un elemento de calentamiento tal como un dispositivo para fumar calentado eléctricamente.

El dispositivo generador de aerosol puede configurarse para recibir un sustrato formador de aerosol, y la duración de las fases de calentamiento y el ciclo de trabajo umbral para cada fase de calentamiento puede ser configurable en dependencia de la entrada de un usuario al circuito de control o en dependencia de una característica detectada del sustrato formador de aerosol o en dependencia de un parámetro ambiental detectada. De manera que un sustrato particular puede requerir un perfil de calentamiento diferente para dar resultados deseables y los diferentes usuarios pueden preferir perfiles de calentamiento diferentes.

En un aspecto adicional de la descripción, se proporciona un sistema generador de aerosol que comprende:

un dispositivo generador de aerosol que comprende un elemento de calentamiento, y un artículo generador de aerosol que comprende un sustrato formador de aerosol, en donde el calentador se configura para calentar el sustrato formador de aerosol para generar un aerosol, y en donde el dispositivo generador de aerosol comprende: un circuito de control acoplado al elemento de calentamiento, el circuito de control se configura para mantener la temperatura del elemento de calentamiento a una temperatura objetivo durante una pluralidad de fases de calentamiento suministrando energía eléctrica al elemento de calentamiento, y para limitar la energía suministrada al elemento de calentamiento durante cada fase de calentamiento a un nivel de energía umbral, de manera que una variable B, donde B es igual al nivel de energía umbral dividido por la temperatura objetivo, se reduce progresivamente con tiempo creciente después de la activación del elemento de calentamiento.

El dispositivo generador de aerosol puede configurarse de manera que el nivel de energía umbral depende de una característica del sustrato formador de aerosol. El artículo generador de aerosol puede incluir medios para permitir que se determinen las características mediante el dispositivo generador de aerosol, tal como un componente eléctricamente resistivo, marcas codificadas ópticamente detectables o una dimensión o forma característica. Los diferentes sustratos pueden quemarse bajo diferentes condiciones y pueden contener diferentes cantidades de un líquido o un formador de aerosol, y por lo tanto pueden estar en riesgo de combustión a diferentes temperaturas y momentos.

El control del elemento de calentamiento como se describió en cualquiera de los aspectos anteriores de la descripción puede implementarse en un programa informático que, cuando se ejecuta en un circuito eléctrico programable para un dispositivo generador de aerosol que se hace funcionar eléctricamente, provoca que el circuito eléctrico programable lleve a cabo el método de control. El programa informático puede proporcionarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador.

Aún en un aspecto adicional de la descripción, se proporciona un dispositivo generador de aerosol que comprende:

un elemento de calentamiento eléctrico;  
un circuito de detección configurado para detectar una temperatura del elemento de calentamiento; y  
un circuito de control acoplado al elemento de calentamiento y al circuito de detección, en donde el circuito de control se configura para controlar el suministro de energía al elemento de calentamiento desde una fuente de energía, y en donde el circuito de control se configura para evitar el suministro de energía al elemento de calentamiento desde la fuente de energía si el circuito de detección detecta que la temperatura del elemento de calentamiento está por encima de una temperatura umbral.

La temperatura umbral puede variar en el tiempo después de la activación del elemento de calentamiento. El dispositivo generador de aerosol puede ser un dispositivo para fumar calentado eléctricamente.

Aún en un aspecto adicional de la descripción, se proporciona un sistema generador de aerosol que comprende:

un dispositivo generador de aerosol que comprende un elemento de calentamiento, y un artículo generador de aerosol que comprende un sustrato formador de aerosol, en donde el calentador se configura para calentar el sustrato formador de aerosol para generar un aerosol, y en donde el dispositivo generador de aerosol comprende: un circuito de detección configurado para detectar una temperatura del elemento de calentamiento; y un circuito de control acoplado al elemento de calentamiento y al circuito de detección, en donde el circuito de control se configura para controlar el suministro de energía al elemento de calentamiento desde una fuente de energía, y en donde el circuito de control se configura para evitar el suministro de energía al elemento de calentamiento desde la fuente de energía si el circuito de detección detecta que la temperatura del elemento de calentamiento está por encima de una temperatura umbral.

En todos los aspectos de la descripción, el elemento de calentamiento que puede comprender un material eléctricamente resistivo. Los materiales eléctricamente resistivos adecuados incluyen pero no se limitan a: semiconductores tales como cerámicas dopadas, cerámicas eléctricamente "conductoras" (tales como, por ejemplo, disiliciuro de molibdeno), carbono, grafito, metales, aleaciones de metal y materiales compuestos fabricados de un material cerámico y un material metálico. Tales materiales compuestos pueden comprender cerámicas dopadas o no dopadas. Ejemplos de cerámicas dopadas adecuadas incluyen carburos de silicio dopado. Entre los ejemplos de metales adecuados se incluyen titanio, zirconio, tantalio, platino, oro y plata. Entre los ejemplos de aleaciones de metales adecuadas se incluyen acero inoxidable, níquel, cobalto, cromo, aluminio, titanio, zirconio, hafnio, niobio, molibdeno, tantalio, wolframio, estaño, galio, manganeso, aleaciones que contienen oro e hierro; y superaleaciones basadas en níquel, hierro, cobalto, acero inoxidable, Timetal® y aleaciones basadas en hierro-manganeso-aluminio. En los materiales compuestos, el material eléctricamente resistivo puede opcionalmente incorporarse, encapsularse o recubrirse con un material aislante o viceversa, en dependencia de las cinéticas de transferencia de energía y las propiedades fisicoquímicas externas requeridas.

Como se describió, en cualquiera de los aspectos de la descripción, el elemento de calentamiento puede ser parte de un dispositivo generador de aerosol. El dispositivo generador de aerosol puede comprender un elemento de calentamiento interno o un elemento de calentamiento externo, o ambos elementos de calentamiento interno y externo, donde "interno" y "externo" hacen referencia al sustrato formador de aerosol. Un elemento de calentamiento interno puede adoptar cualquier forma adecuada. Por ejemplo, un elemento de calentamiento interno puede adoptar la forma de una lámina de calentamiento. Alternativamente, el calentador interno puede adoptar la forma de un revestimiento o sustrato con diferentes porciones electroconductoras, o un tubo metálico eléctricamente resistivo. Alternativamente, el elemento de calentamiento interno puede consistir en una o más agujas o varillas calentadoras que corren a través del centro del sustrato formador de aerosol. Otras alternativas incluyen un filamento o alambre de calentamiento, por ejemplo un alambre o placa de calentamiento de Ni-Cr (níquel-cromo), platino, tungsteno o de aleación. De manera opcional, el elemento de calentamiento interno puede depositarse dentro de un material portador rígido o sobre este. En una modalidad de este tipo, el elemento de calentamiento eléctricamente resistivo puede formarse mediante el uso de un metal con una relación definida entre temperatura y resistividad. En tal dispositivo ejemplar, el metal puede formarse como una pista sobre un material aislante adecuado, tal como material de cerámica, y luego intercalarse en otro material aislante, tal como un vidrio. Los calentadores que se forman de esta manera pueden usarse para calentar y monitorear la temperatura de los elementos de calentamiento durante la operación.

Un elemento de calentamiento externo puede adoptar cualquier forma adecuada. Por ejemplo, un elemento de calentamiento externo puede adoptar la forma de una o más envolturas de papel calentadoras flexibles sobre un sustrato dieléctrico, tal como una poliimida. Las láminas de calentamiento flexible pueden formarse para conformar el perímetro de la cavidad de recepción del sustrato. Alternativamente, un elemento de calentamiento externo puede adoptar la forma de una rejilla o rejillas metálicas, una tarjeta de circuitos impresos flexible, un dispositivo de interconexión moldeado (MID), un calentador de cerámica, un calentador de fibra de carbono flexible o puede formarse por medio del uso de una técnica de recubrimiento, tal como la deposición de vapor de plasma, sobre un sustrato con una forma adecuada. Un elemento de calentamiento externo también puede formarse por medio del uso de un metal con una relación definida entre temperatura y resistividad. En tales dispositivos ilustrativos, el metal puede formarse como una pista entre dos capas de materiales aislantes adecuados. Un elemento de calentamiento externo que se forma de esta manera puede usarse para calentar y controlar la temperatura del elemento de calentamiento externo durante la operación.

El elemento de calentamiento interno o externo puede comprender un disipador de calor o un depósito de calor que comprende un material capaz de absorber y almacenar calor y, subsiguientemente, liberar el calor con el tiempo al sustrato formador de aerosol. El disipador de calor puede formarse de cualquier material adecuado, tal como un material metálico o cerámico adecuado. En una modalidad, el material tiene una alta capacidad calorífica (material de almacenamiento sensible al calor) o es un material capaz de absorber y, subsiguientemente, liberar calor mediante un proceso reversible, como un cambio de fase de alta temperatura. Los materiales de almacenamiento

- sensibles al calor, adecuados incluyen gel de sílice, alúmina, carbono, lana de vidrio, fibra de vidrio, minerales, un metal o aleación tal como aluminio, plata o plomo, y un material celulósico tal como papel. Otros materiales adecuados que liberan calor por medio de un cambio de fase reversible incluyen parafina, acetato de sodio, naftalina, cera, óxido de polietileno, un metal, una sal de metal, una mezcla de sales eutécticas o una aleación. El
- 5 disipador de calor o el depósito de calor pueden disponerse de manera que estén en contacto directo con el sustrato formador de aerosol y puedan transferir el calor almacenado directamente al sustrato. Alternativamente, el calor almacenado en el disipador de calor o el depósito de calor puede transferirse al sustrato formador de aerosol por medio de un conductor del calor, como un tubo metálico.
- 10 Ventajosamente, el elemento de calentamiento calienta el sustrato formador de aerosol por medio de conducción. El elemento de calentamiento puede estar al menos parcialmente en contacto con el sustrato, o el portador en el cual se deposita el sustrato. Alternativamente, el calor de un elemento de calentamiento interno o externo puede conducirse al sustrato por medio de un elemento conductor de calor.
- 15 Durante la operación, el sustrato formador de aerosol puede contenerse completamente dentro del dispositivo generador de aerosol. En este caso, el usuario puede tomar una calada a una boquilla del dispositivo generador de aerosol. Alternativamente, durante la operación, un artículo para fumar que contiene el sustrato formador de aerosol puede estar parcialmente contenido dentro del dispositivo generador de aerosol. En ese caso, el usuario puede tomar una calada directamente al artículo para fumar.
- 20 El artículo para fumar puede tener una forma esencialmente cilíndrica. El artículo para fumar puede ser esencialmente alargado. El artículo para fumar puede tener una longitud y una circunferencia esencialmente perpendiculares a la longitud. El sustrato formador de aerosol puede tener una forma esencialmente cilíndrica. El sustrato formador de aerosol puede ser esencialmente alargado. El sustrato formador de aerosol también puede
- 25 tener una longitud y una circunferencia esencialmente perpendiculares a la longitud.
- El artículo para fumar puede tener una longitud total entre aproximadamente 30 mm y aproximadamente 100 mm. El artículo para fumar puede tener un diámetro externo entre aproximadamente 5 mm y aproximadamente 12 mm. El artículo para fumar puede comprender un tapón de filtro. El tapón de filtro puede localizarse en el extremo aguas
- 30 abajo del artículo para fumar. El tapón de filtro puede ser un tapón de filtro de acetato de celulosa. El tapón de filtro tiene una longitud de aproximadamente 7 mm en una modalidad, pero puede tener una longitud de entre aproximadamente 5 mm a aproximadamente 10 mm.
- En una modalidad, el artículo para fumar tiene una longitud total de aproximadamente, 45 mm. El artículo para fumar puede tener un diámetro externo de, aproximadamente, 7,2 mm. Además, el sustrato formador de aerosol puede tener una longitud de, aproximadamente, 10 mm. Alternativamente, el sustrato formador de aerosol puede tener una longitud de, aproximadamente, 12 mm. Además, el diámetro del sustrato formador de aerosol puede ser entre, aproximadamente, 5 mm y, aproximadamente, 12 mm. El artículo para fumar puede comprender una envoltura de
- 35 papel externa. Además, el artículo para fumar puede comprender una separación entre el sustrato formador de aerosol y el tapón de filtro. La separación puede ser de, aproximadamente, 18 mm, pero puede ubicarse en el intervalo de, aproximadamente, 5 mm a, aproximadamente, 25 mm.
- 40 El sustrato formador de aerosol puede ser un sustrato sólido formador de aerosol. Alternativamente, el sustrato formador de aerosol puede comprender tanto componentes sólidos como líquidos. El sustrato formador de aerosol puede comprender un material que contenga tabaco, que contenga compuestos volátiles con sabor a tabaco que se liberen del sustrato al calentarse. Alternativamente, el sustrato formador de aerosol puede comprender un material que no es de tabaco. El sustrato formador de aerosol puede comprender además un formador de aerosol. Los ejemplos de formadores de aerosol adecuados son la glicerina y el propilenglicol.
- 45 Si el sustrato formador de aerosol es un sustrato formador de aerosol sólido, este puede comprender, por ejemplo, uno o más de: polvo, gránulos, píldora, fragmentos, espaguetis, tiras o láminas que contengan uno o más de lo siguiente: hoja de hierba, hoja de tabaco, fragmentos de nervaduras de tabaco, tabaco reconstituido, tabaco homogeneizado, tabaco extrudido, hoja moldeada de tabaco y tabaco expandido. El sustrato sólido formador de aerosol puede estar en forma suelta o puede proporcionarse en un recipiente o cartucho adecuados. De manera
- 50 opcional, el sustrato formador de aerosol sólido puede contener tabaco adicional o compuestos volátiles sin sabor a tabaco que se liberen al calentarse el sustrato. El sustrato sólido formador de aerosol también puede contener cápsulas que, por ejemplo, incluyan tabaco adicional o compuestos saborizantes volátiles que no son de tabaco y dichas cápsulas pueden derretirse durante el calentamiento del sustrato sólido formador de aerosol.
- 55 Opcionalmente, el sustrato sólido formador de aerosol puede proporcionarse o incorporarse en un portador térmicamente estable. El portador puede tener la forma de polvo, gránulos, píldoras, fragmentos, espaguetis, tiras o láminas. Alternativamente, el portador puede ser un portador tubular que tiene una capa delgada del sustrato sólido depositada en su superficie interna, o en su superficie externa, o en ambas superficies interna y externa. Un portador tubular de este tipo puede formarse, por ejemplo, de un papel, o material tipo papel, una manta no tejida de fibra de carbono, un tamiz metálico de malla abierta de masa baja, o una lámina metálica perforada o cualquier otra matriz
- 60 polimérica térmicamente estable.
- 65

El sustrato formador de aerosol sólido puede depositarse en la superficie del portador en forma de, por ejemplo, una lámina, espuma, gel o suspensión. El sustrato sólido formador de aerosol puede depositarse en toda la superficie del portador, o alternativamente, puede depositarse en un patrón con el fin de proporcionar un suministro del sabor no uniforme durante su uso.

Aunque se hace referencia anteriormente a sustratos formadores de aerosol sólidos, estará claro para un experto en la técnica que pueden usarse otras formas de sustrato formador de aerosol con otras modalidades. Por ejemplo, el sustrato formador de aerosol puede ser un sustrato líquido formador de aerosol. Si se proporciona un sustrato líquido formador de aerosol, el dispositivo generador de aerosol comprende preferentemente medios para retener el líquido. Por ejemplo, el sustrato líquido formador de aerosol puede retenerse en un recipiente. Alternativa o adicionalmente, el sustrato líquido formador de aerosol puede absorberse hacia dentro de un material portador poroso. El material portador poroso puede hacerse de cualquier cuerpo o tapón absorbente adecuado, por ejemplo, un metal espumoso o material de plástico, polipropileno, terileno, fibras de nilón o cerámica. El sustrato líquido formador de aerosol puede retenerse en el material portador poroso antes de su uso del dispositivo generador de aerosol o alternativamente, el material del sustrato líquido formador de aerosol puede liberarse dentro del material portador poroso durante, o inmediatamente antes de su uso. Por ejemplo, el sustrato líquido formador de aerosol puede proporcionarse en una cápsula. La cubierta de la cápsula preferentemente se derrite después de su calentamiento y libera el sustrato líquido formador de aerosol hacia dentro del material portador poroso. La cápsula puede contener opcionalmente un sólido en combinación con el líquido.

Alternativamente, el portador puede ser un conjunto de fibras o tela no tejida en el cual se incorporan los componentes del tabaco. El conjunto de fibras o tela no tejida puede comprender, por ejemplo, fibras de carbón, fibras celulósicas naturales, o fibras de derivados de celulosa.

El dispositivo generador de aerosol puede comprender además un suministro de energía para suministrar energía al elemento de calentamiento. El suministro de energía puede ser cualquier suministro de energía adecuado, por ejemplo una fuente de tensión de CD. En una modalidad, el suministro de energía es una batería de iones de litio. Alternativamente, el suministro de energía puede ser una batería de níquel-hidruro metálico, una batería de níquel-cadmio, o una batería una base de litio, por ejemplo, una batería de litio-cobalto, una de litio-hierro-fosfato, titanato de litio o una de litio-polímero.

Si bien se ha descrito la descripción con referencia a diferentes aspectos, cabe destacar que las características descritas con relación a un aspecto de la descripción pueden aplicarse a otros aspectos de la descripción.

Los ejemplos de la invención se describirán ahora en detalle, con referencia a los dibujos acompañantes, en los cuales:

la Figura 1 es un diagrama esquemático de un dispositivo generador de aerosol;

la Figura 2 es un diagrama esquemático de un circuito de control de temperatura para un dispositivo del tipo mostrado en la Figura 1;

la Figura 3 ilustra una evolución de un límite del ciclo de trabajo máximo durante una sesión de fumado usando un dispositivo del tipo mostrado en la Figura 1;

la Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso para detectar patrones anormales del ciclo de trabajo;

la Figura 5 ilustra un ejemplo de una reducción de temperatura del elemento de calentamiento después de la detección de una toma de calada excesiva por un usuario;

la Figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso para detectar la combustión del sustrato;

la Figura 7 ilustra un ejemplo de detección de la combustión usando un proceso como se ilustra en la Figura 6; y

la Figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso para cortar la energía al elemento de calentamiento después de la detección de una temperatura indeseablemente alta.

En la Figura 1, se muestran de manera simplificada los componentes de una modalidad de un dispositivo generador de aerosol calentado eléctricamente 100. Particularmente, los elementos del dispositivo generador de aerosol calentado eléctricamente 100 no se dibujan a escala en la Figura 1. Los elementos que no son relevantes para la comprensión de la modalidad se han omitido para simplificar la Figura 1.

El dispositivo generador de aerosol calentado eléctricamente 100 comprende una carcasa 10 y un sustrato formador de aerosol 12, por ejemplo un cigarrillo. El sustrato formador de aerosol 12 se empuja hacia dentro de la carcasa 10 para entrar en proximidad térmica con el elemento de calentamiento 14. El sustrato formador de aerosol 12 liberará



un intervalo de compuestos volátiles a diferentes temperaturas. Controlando la temperatura máxima de operación del dispositivo generador de aerosol calentado eléctricamente 100 para que esté por debajo de la temperatura de liberación de algunos de los compuestos volátiles, puede evitarse la liberación o formación de estos constituyentes del humo.

Dentro del alojamiento 10, hay un suministro de energía eléctrica 16, por ejemplo, una batería de iones de litio recargable. Un controlador 18 se conecta al elemento de calentamiento 14, el suministro de energía eléctrica 16, y una interface de usuario 20, por ejemplo, un botón o monitor. El controlador 18 controla la energía suministrada al elemento de calentamiento 14 para regular su temperatura. Típicamente el sustrato formador de aerosol se calienta hasta alcanzar una temperatura de entre 250 y 450 grados centígrados.

La Figura 2 ilustra los circuitos de control usados para proporcionar la regulación de temperatura descrita de acuerdo con una modalidad de la invención.

El calentador 14 se conecta a la batería a través de la conexión 22. La batería 16 proporciona una tensión  $V_2$ . En serie con el elemento de calentamiento 14, se inserta un resistor adicional 24, con resistencia conocida  $r$ , y se conecta a una tensión  $V_1$ , intermedia entre tierra y tensión  $V_2$ . La modulación de frecuencia de la corriente se controla por el microcontrolador 18 y se suministra mediante su salida analógica 30 al transistor 26 que actúa como un interruptor simple.

La regulación se basa en un regulador PID que es parte del software integrado en el microcontrolador 18. La temperatura (o una indicación de la temperatura) del elemento de calentamiento se determina por la medición de la resistencia eléctrica del elemento de calentamiento. La temperatura se usa para ajustar el ciclo de trabajo, en este caso la modulación de frecuencia, de los pulsos de corriente suministrados al elemento de calentamiento para mantener el elemento de calentamiento a una temperatura objetivo. La temperatura se determina a una frecuencia elegida para coincidir con el control del ciclo de trabajo, y puede determinarse tan frecuente como una vez cada 100ms.

La entrada analógica 28 en el microcontrolador 18 se usa para recolectar la tensión a través del resistor 24 y proporciona la imagen de la corriente eléctrica que fluye hacia el elemento de calentamiento. La tensión de la batería  $V_+$  y la tensión a través del resistor 24 se usan para calcular la variación de resistencia del elemento de calentamiento y o su temperatura.

La resistencia del calentador que se mide a una temperatura particular es  $R_{\text{calentador}}$ . Para que el microprocesador 18 mida la resistencia  $R_{\text{calentador}}$  del calentador 14, pueden determinarse tanto la corriente a través del calentador 14 y el voltaje a través del calentador 14. Entonces, puede usarse la siguiente fórmula bien conocida para determinar la resistencia:

$$V = IR \quad (1)$$

En la Figura 2, la tensión a través de calentador es  $V_2 - V_1$  y la corriente a través del calentador es  $I$ . Por lo tanto:

$$R_{\text{calentador}} = \frac{V_2 - V_1}{I} \quad (2)$$

El resistor adicional 24, cuya resistencia  $r$  se conoce, se usa para determinar la corriente  $I$ , usando nuevamente (1) anterior. La corriente a través del resistor 24 es  $I$  y la tensión a través del resistor 24 es  $V_1$ . Por tanto:

$$I = \frac{V_1}{r} \quad (3)$$

Por tanto, al combinar (2) y (3) da:

$$R_{\text{calentador}} = \frac{(V_2 - V_1)}{V_1} r \quad (4)$$

Por lo tanto, el microprocesador 18 puede medir  $V_2$  y  $V_1$ , con el sistema generador de aerosol que se usa y, conociendo el valor de  $r$ , puede determinar la resistencia del calentador a una temperatura particular,  $R_{\text{calentador}}$ .

La resistencia del calentador se correlaciona con la temperatura. Una aproximación lineal puede usarse para relacionar la temperatura  $T$  con la resistencia medida  $R_{\text{calentador}}$  a una temperatura  $T$  de conformidad con la fórmula siguiente:

$$T = \frac{R_{\text{calentador.}}}{AR_0} + T_0 - \frac{1}{A} \quad (5)$$

donde A es el coeficiente de resistividad térmica del material del elemento de calentamiento y  $R_0$  es la resistencia del elemento de calentamiento una temperatura ambiente  $T_0$ .

5 Otros métodos más complejos para aproximar la relación entre la resistencia y la temperatura pueden usarse si una aproximación lineal simple no es lo suficientemente exacta sobre el rango de temperaturas de operación. Por ejemplo, en otra modalidad, una relación puede derivarse en base a una combinación de dos o más aproximaciones lineales, cada una que cubre un rango de temperaturas diferente. Este esquema depende de tres o más puntos de calibración de la temperatura en los que se mide la resistencia del calentador. Para temperaturas intermedias los puntos de calibración, los valores de resistencia se interpolan desde los valores en los puntos de calibración. Las temperaturas en los puntos de calibración se eligen para cubrir el rango temperaturas esperado del calentador durante la operación.

15 Una ventaja de estas modalidades es que no se requiere un sensor de temperatura, que puede ser voluminoso y caro. Además, el valor de resistencia puede usarse directamente por el regulador PID en lugar de la temperatura. Si el valor medio de la resistencia se mantiene dentro de un rango deseado, entonces también lo estará la temperatura del elemento de calentamiento. En consecuencia, la temperatura real del elemento de calentamiento no necesita calcularse. Sin embargo, es posible usar un sensor de temperatura separado y conectarlo al microcontrolador para proporcionar la información necesaria sobre la temperatura.

20 El microcontrolador puede programarse para limitar el ciclo de trabajo máximo permitido. El ciclo de trabajo máximo permitido puede cambiar en el tiempo después de la activación del elemento de calentamiento. La Figura 3 ilustra el progreso de una sesión de fumar usando un dispositivo del tipo mostrado en la Figura 1. La temperatura objetivo del elemento de calentamiento se indica por la línea 30, y como puede verse se mantiene a 375°C a lo largo de la sesión de fumado, que dura por seis minutos en total. La sesión de fumado se divide en fases por el microcontrolador, con límites diferentes del ciclo de trabajo máximo en diferentes fases. El ciclo de trabajo en este contexto significa el porcentaje de tiempo en que se suministra la energía, con el interruptor 26 cerrado. En el ejemplo ilustrado en la Figura 3, en una primera fase el ciclo de trabajo se limita a 95 % por 30 segundos. Durante este periodo el elemento de calentamiento eleva su temperatura hasta la temperatura objetivo. En una segunda fase, nuevamente de 30 segundos, el ciclo de trabajo se limita a 65 %. Se requiere menos energía para mantener la temperatura del elemento de calentamiento que la que se requiere para calentarlo. En una tercera fase de 30 segundos el ciclo de trabajo se limita a 60 %. En una cuarta fase de 90 segundos el ciclo de trabajo se limita a 55 %, en una quinta fase de 60 segundos el ciclo de trabajo se limita un 50 %, y en una sexta fase de 120 segundos el ciclo de trabajo se limita a 45 %.

35 Cuando el sustrato se agota se retira menos calor por vaporización de manera que se requiere menos energía para mantener la temperatura del elemento de calentamiento a la temperatura objetivo. Además, la temperatura de las partes circundantes del dispositivo aumenta con el tiempo y por lo tanto absorben menos energía con el tiempo. En consecuencia, para reducir la oportunidad de la combustión, la energía máxima permitida se reduce con el tiempo para una temperatura objetivo dada. Como regla general, la energía máxima permitida o ciclo de trabajo máximo, dividido por la temperatura objetivo, se reduce progresivamente con el tiempo después de la activación del elemento de calentamiento durante una única sesión de fumado.

45 Puede determinarse además un comportamiento de toma de calada excesiva. Cada vez que un usuario toma una calada por el dispositivo, aspira aire que pasa por el elemento de calentamiento, la cantidad de oxígeno en contacto con el sustrato aumenta, aumentando la posibilidad de combustión a una temperatura dada. Con cada calada el elemento de calentamiento se enfría. El lazo de control de temperatura compensará este enfriamiento elevando el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente temporalmente. Los periodos extendidos al límite del ciclo de trabajo o cerca de este, pueden ser indicativos de una toma de calada excesiva y disparar una reducción en el límite del ciclo de trabajo.

50 Limitando el ciclo de trabajo máximo a un nivel que se esperaría dentro de las fronteras del comportamiento "normal" del usuario y condiciones ambientales, puede evitarse los picos de temperatura. Claramente, el límite del ciclo de trabajo y la manera en la que este cambia en el tiempo puede determinarse experimentalmente para adaptar diseños particulares del dispositivo, sustratos y escenarios de uso.

55 El ciclo de trabajo de los pulsos de corriente puede monitorearse mediante el microcontrolador, y si el ciclo de trabajo difiere de un ciclo de trabajo esperado en un periodo sustancial, el microcontrolador puede tomar una acción correctiva o puede finalizar el suministro de energía al elemento de calentamiento.

60 El límite máximo del ciclo de trabajo puede establecerse para ser un límite superior de un nivel del ciclo de trabajo esperado para un comportamiento normal del usuario o establecerse para adaptar un usuario particular de acuerdo con sus preferencias. Si el ciclo de trabajo real está entonces en el límite máximo del ciclo de trabajo por gran parte

del tiempo esto es indicativo de que el sistema se enfría más de lo esperado por una toma de calda excesiva del usuario. Como se describió anteriormente, con una toma de calada excesiva hay un riesgo de combustión aumentado debido al oxígeno aumentado en contacto con el sustrato. La Figura 4 ilustra un ciclo de control de histéresis, usando un disparador Schmitt anti rebote, para detectar tal comportamiento anormal de toma de calada y reducir la temperatura objetivo o el límite del ciclo de trabajo cuando se detecta tal toma de calada anormal. Sin embargo, debe quedar claro que hay alternativas a un lazo de control con disparador Schmitt, tal como un control de ventana deslizante, filtros de respuesta infinita a impulsos (IIR) y filtros de respuesta finita a impulsos.

El proceso de la Figura 4 inicia y pasa a la etapa 400, en la cual variable de estado arbitraria "estado", que inicialmente se establece como 0 se modifica por un factor  $f$ , que es menor que uno, por ejemplo 0,75. En la etapa 410 el ciclo de trabajo se compara con un valor umbral del ciclo de trabajo  $DC_1$ . Si el ciclo de trabajo es mayor que o igual al valor umbral del ciclo de trabajo entonces la variable de estado aumenta una cantidad  $c$ , por ejemplo 0,25, en la etapa 420 antes de pasar a la etapa 430. El valor umbral del ciclo de trabajo  $DC_1$  puede ser el límite máximo del ciclo de trabajo de alguna proporción del límite máximo del ciclo de trabajo. Si el ciclo de trabajo es menor que el ciclo de trabajo umbral la variable de estado no cambia y el proceso se mueve a la etapa 430. La variable de estado se compara entonces con un umbral de estado  $ST$  en la etapa 430. El umbral de estado puede ser un escalón como por ejemplo 0,8. Si la variable de estado es menor que o igual al umbral de estado entonces el proceso regresa a la etapa 400. Si la variable de estado es mayor que el umbral de estado entonces se detecta una condición pre-quemado y ya sea la temperatura objetivo del elemento de calentamiento o el límite máximo del ciclo de trabajo se reduce en la etapa 440. La variable de estado se reinicia entonces en la etapa 450 antes de que el proceso regrese a la etapa 400.

El proceso de la Figura 4 asegura que las fluctuaciones a muy corto plazo no disparen una detección de una condición pre-quemado. Solamente si el ciclo de trabajo excede el ciclo de trabajo umbral por varios ciclos del proceso de control la condición pre-quemado será detectada. El lazo de control de la Figura 4 se repite periódicamente, por ejemplo cada 100 ms, que corresponde a la frecuencia del lazo de control regulador PID.

La Figura 5 ilustra una reducción en la temperatura objetivo que resulta de un proceso de control como se ilustra en la Figura 4. La línea superior 50 indica la temperatura del elemento de calentamiento. La línea inferior 55 es el ciclo de trabajo de la señal de corriente. La Figura 5 muestra que a alrededor de 275 segundos después de que inicia la sesión de fumar, el mecanismo de detección de pre-quemado se disparó, iniciando a aproximadamente 240 segundos, un límite inferior del ciclo de trabajo provocó que la temperatura cayera más durante la toma de calada y el sistema se compensó manteniendo el ciclo de trabajo en su límite superior por un tiempo más largo. La temperatura objetivo se reduce entonces a 350°C.

La Figura 6 ilustra un ciclo de control de histéresis, usando nuevamente un disparador Schmitt anti rebote, para detectar la combustión del sustrato. En la etapa 600 una variable de estado arbitraria "estado", que inicialmente se establece como 0, se modifica por un factor  $f$ , que es menor que uno, por ejemplo 0,9. En la etapa 610, el ciclo de trabajo se compara con un segundo umbral del ciclo de trabajo  $DC_2$ . El segundo umbral del ciclo de trabajo se establece al 75 % del umbral del ciclo de trabajo máximo. Si el ciclo de trabajo es menor que el segundo umbral del ciclo de trabajo la variable de estado se incrementa por  $b$ , en este ejemplo 0,3, en la etapa 620, antes de pasar a la etapa 630. Si el ciclo de trabajo es mayor que o igual al segundo umbral del ciclo de trabajo, entonces la variable de estado no cambia y el proceso pasa directamente a la etapa 630. En la etapa 630 la variable de estado se compara con un umbral de la variable de estado  $ST$ , que es igual a uno en este ejemplo. Si la variable de estado es mayor que  $ST$  entonces se corta el suministro de energía al elemento de calentamiento. El microprocesador simplemente mantiene el interruptor 26 abierto. El proceso termina entonces. Si la variable de estado es menor que o igual a  $ST$  el proceso regresa a la etapa 600.

La Figura 7 ilustra una detección de quemado usando un proceso del tipo mostrado en la Figura 6. La Figura 7 muestra una caída significativa en el ciclo de trabajo a aproximadamente 140 segundos, pero esto no fue suficiente para disparar el mecanismo de detección de quemado. Sin embargo, a aproximadamente 155 segundos, el ciclo de trabajo cae por debajo del límite mínimo del filtro de detección de quemado y se queda abajo por algún tiempo mientras que la temperatura permanece en o por encima de una temperatura predeterminada. La comparación de la temperatura real con la temperatura objetivo predeterminada puede incorporarse dentro del lazo de control de la Figura 6 o puede implementarse como un proceso separado. Esto disparó la detención inmediata de energía al elemento de calentamiento. En efecto, la energía detectada del mecanismo de detección de quemado comienza a fluir desde el sustrato en lugar de desde su fuente eléctrica y detuvo la experiencia de fumar antes de que el sustrato entrara en autocombustión.

Además de los procesos de detección de quemado y prequemado descritos con referencia a las Figuras 4 y 6, la energía al elemento de calentamiento puede cortarse solamente en base a la temperatura detectada. La Figura 8 ilustra un ejemplo de un lazo de control para cortar la energía en base a la detección de una temperatura excesiva. El lazo de control de la Figura 8 puede incorporarse en el lazo de control de la Figura 4 o la Figura 6. Por ejemplo, en el proceso de la Figura 4, la etapa 800 de la Figura 8 puede llevarse a cabo inmediatamente antes de la etapa 400 en cada lazo. Alternativamente, el lazo de control de la Figura 8 puede implementarse como un lazo de control separado. En la etapa 800 la temperatura real detectada  $T_{real}$  (que se determina por la resistencia del elemento de

calentamiento o por un sensor de temperatura separado) se compara con la temperatura objetivo  $T_{\text{objetivo}}$ . Si la temperatura real es menor que la temperatura objetivo el proceso se repite o, si se incorpora dentro de otro proceso de control, se lleva a cabo la etapa del proceso de control restante. Si la temperatura real es la misma que, o excede la temperatura objetivo el proceso pasa a la etapa 810, en la que se corta la energía al elemento de calentamiento. La energía al elemento de calentamiento puede cortarse mediante el microcontrolador que controla un interruptor, tal como el interruptor 26 en la Figura 2. Puede evitarse entonces que el dispositivo funcione por un periodo predeterminado de tiempo, durante el cual el elemento de calentamiento se enfría hasta una temperatura aceptable. El uso de un umbral de temperatura simple para cortar energía al elemento de calentamiento proporciona una manera directa de evitar o reducir la posibilidad de combustión del sustrato.

Las modalidades ilustrativas descritas anteriormente ilustran pero no son limitantes. En función de las modalidades ilustrativas analizadas anteriormente, otras modalidades coherentes con las modalidades ilustrativas anteriores ahora serán evidentes para un experto en la técnica.

# REIVINDICACIONES

1. Un método de control de un elemento de calentamiento eléctrico, que comprende:  
mantener la temperatura del elemento de calentamiento a una temperatura objetivo durante una pluralidad de  
fases de calentamiento suministrando energía eléctrica al elemento de calentamiento;  
limitar la energía suministrada al elemento de calentamiento durante cada fase de calentamiento a un nivel de  
energía umbral, de manera que una variable B, donde B es igual al nivel de energía umbral dividido por la  
temperatura objetivo, se reduce progresivamente con tiempo creciente después de la activación del elemento  
de calentamiento.
2. Método según la reivindicación 1, en donde la etapa de mantener la temperatura comprende suministrar  
energía como pulsos de corriente eléctrica, y en donde la etapa de limitar la energía suministrada puede  
comprender limitar el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica por debajo de un ciclo de trabajo  
umbral, el ciclo de trabajo umbral dividido por la temperatura objetivo que se reduce progresivamente para  
cada fase de calentamiento sucesiva después de la activación del elemento de calentamiento.
3. Método según la reivindicación 1, en donde la etapa de limitar la energía suministrada comprende limitar la  
tensión aplicada al elemento de calentamiento por debajo de una tensión umbral.
4. Un dispositivo para controlar un elemento de calentamiento eléctrico, que comprende:  
un circuito de control acoplado a un elemento de calentamiento, el circuito de control se configura para  
mantener la temperatura del elemento de calentamiento a una temperatura objetivo durante una pluralidad de  
fases de calentamiento suministrando energía eléctrica al elemento de calentamiento, y para limitar la energía  
suministrada al elemento de calentamiento durante cada fase de calentamiento a un nivel de energía umbral,  
de manera que una variable B, donde B es igual al nivel de energía umbral dividido por la temperatura  
objetivo, se reduce progresivamente con tiempo creciente después de la activación del elemento de  
calentamiento.
5. Dispositivo según la reivindicación 4, en donde el circuito de control se configura para suministrar energía  
como pulsos de corriente eléctrica, y para limitar la energía suministrada al elemento de calentamiento  
limitando el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica por debajo de un ciclo de trabajo umbral, el  
ciclo de trabajo umbral dividido por la temperatura objetivo que se reduce progresivamente para cada fase de  
calentamiento sucesiva después de la activación del elemento de calentamiento.
6. Dispositivo según la reivindicación 4 o 5, en donde el dispositivo es un dispositivo generador de aerosol que  
comprende un elemento de calentamiento, tal como un dispositivo para fumar calentado eléctricamente.
7. Dispositivo según la reivindicación 6, en donde el dispositivo generador de aerosol se configura para recibir  
un sustrato formador de aerosol, y la duración de las fases de calentamiento y el ciclo de trabajo umbral para  
cada fase de calentamiento se configura en dependencia de la entrada de un usuario al circuito de control o  
en dependencia de una característica detectada del sustrato formador de aerosol o en dependencia de un  
parámetro ambiental detectada.
8. Un sistema generador de aerosol, que comprende:  
un dispositivo generador de aerosol que comprende un elemento de calentamiento, y un artículo generador  
de aerosol que comprende un sustrato formador de aerosol, en donde el calentador se configura para  
calentar el sustrato formador de aerosol para generar un aerosol, y en donde el dispositivo generador de  
aerosol comprende: un circuito de control acoplado al elemento de calentamiento, el circuito de control se  
configura para mantener la temperatura del elemento de calentamiento a una temperatura objetivo durante  
una pluralidad de fases de calentamiento suministrando energía eléctrica al elemento de calentamiento, y  
para limitar la energía suministrada al elemento de calentamiento durante cada fase de calentamiento a un  
nivel de energía umbral, de manera que una variable B, donde B es igual al nivel de energía umbral dividido  
por la temperatura objetivo, se reduce progresivamente con tiempo creciente después de la activación del  
elemento de calentamiento.
9. Sistema según la reivindicación 8, en donde el dispositivo generador de aerosol se configura de manera que  
el nivel de energía umbral depende de una característica del sustrato formador de aerosol.
10. Un programa informático que, cuando se ejecuta sobre circuitos eléctricos programables por un dispositivo  
generador de aerosol que se hace funcionar eléctricamente, provoca que los circuitos eléctricos  
programables lleven a cabo el método de cualquier reivindicación de la 1 a la 3.
11. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene almacenado un programa informático de  
conformidad con la reivindicación 10.

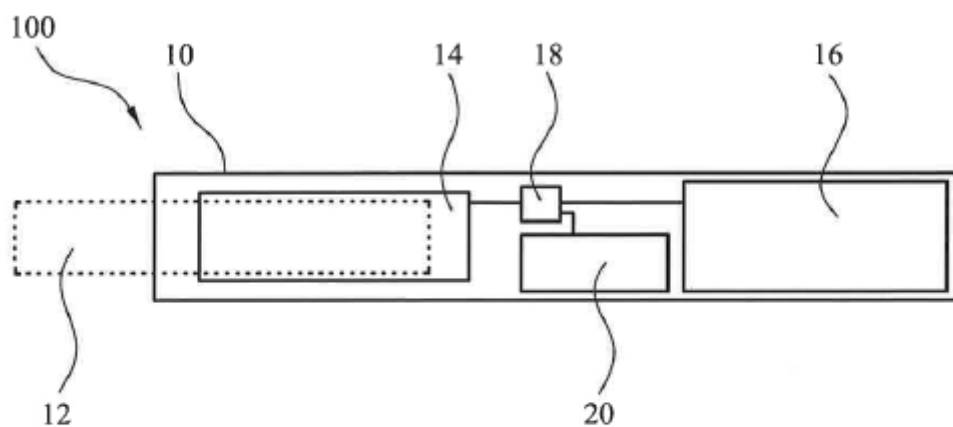


Figura 1

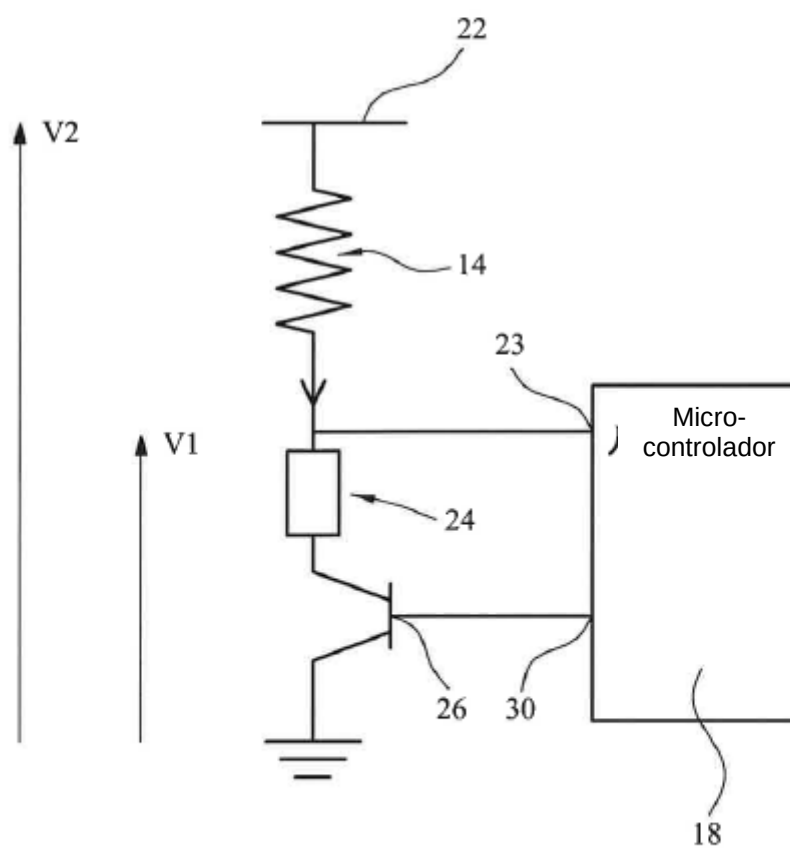


Figura 2

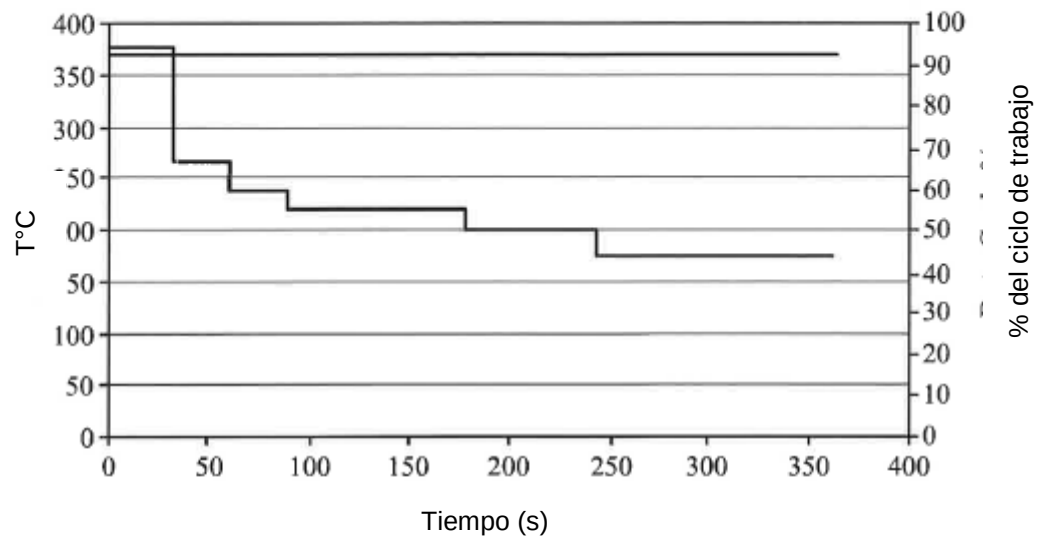


Figura 3

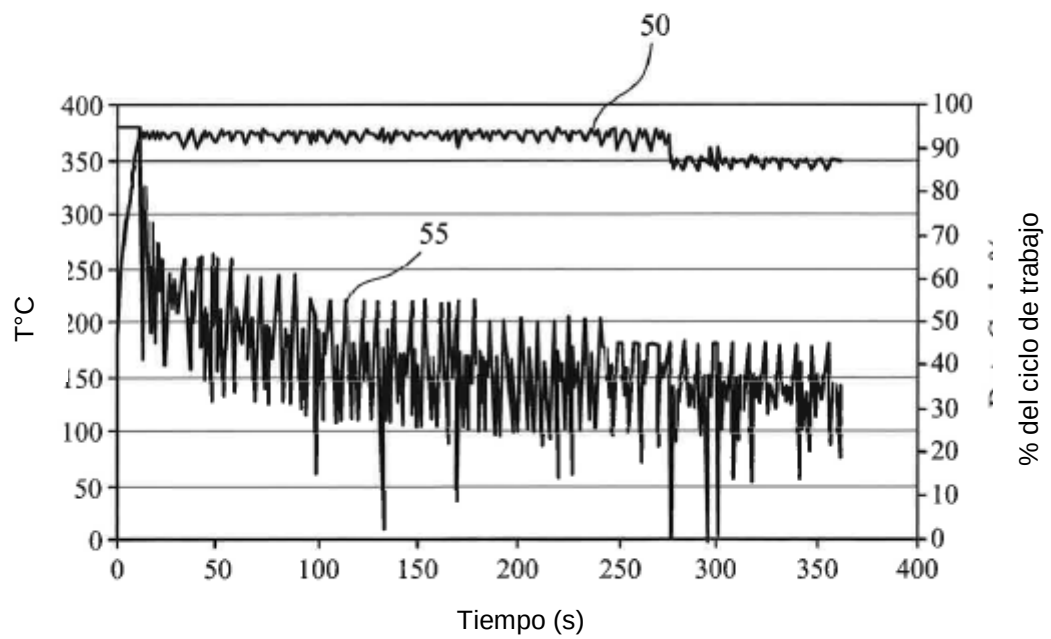


Figura 5

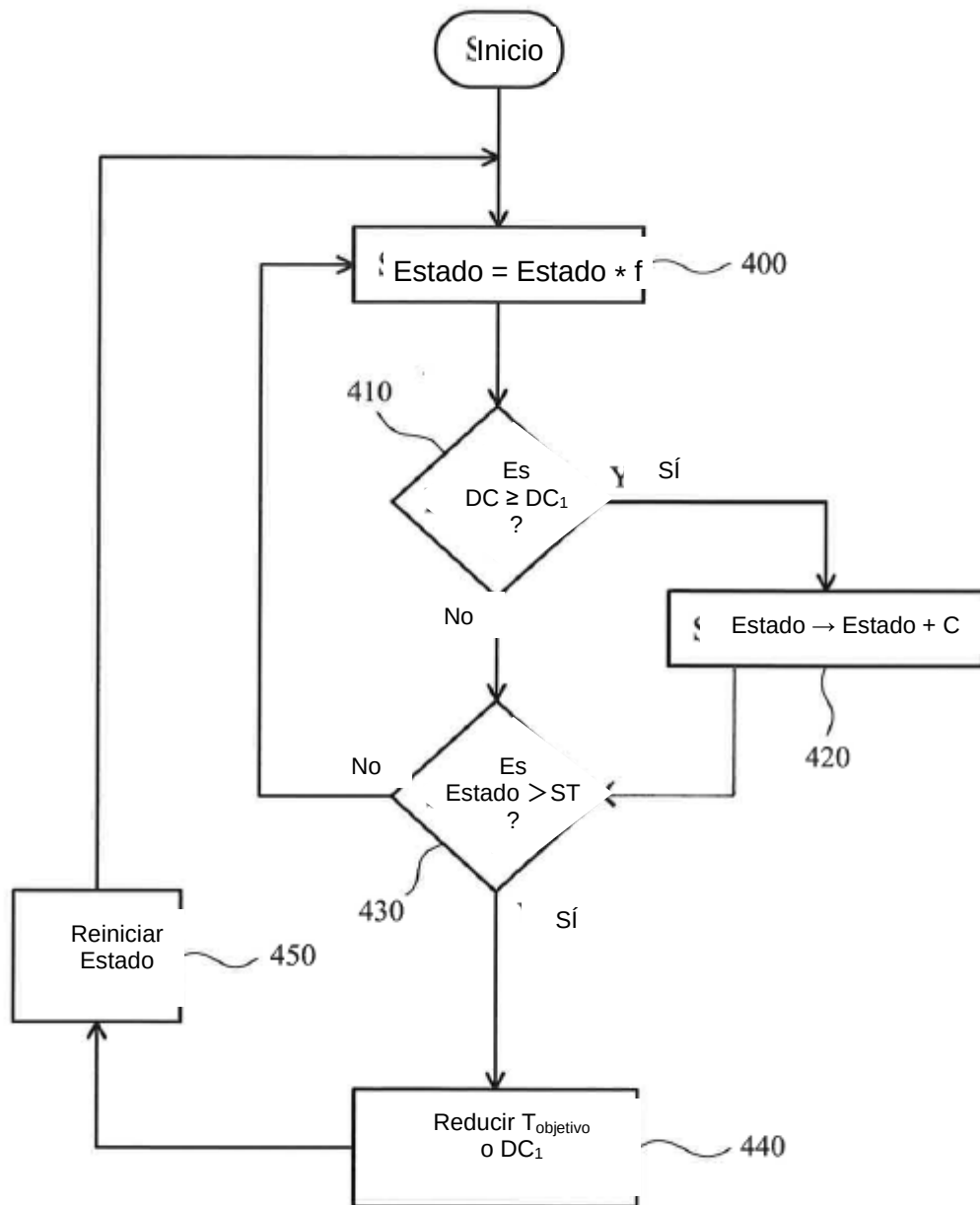
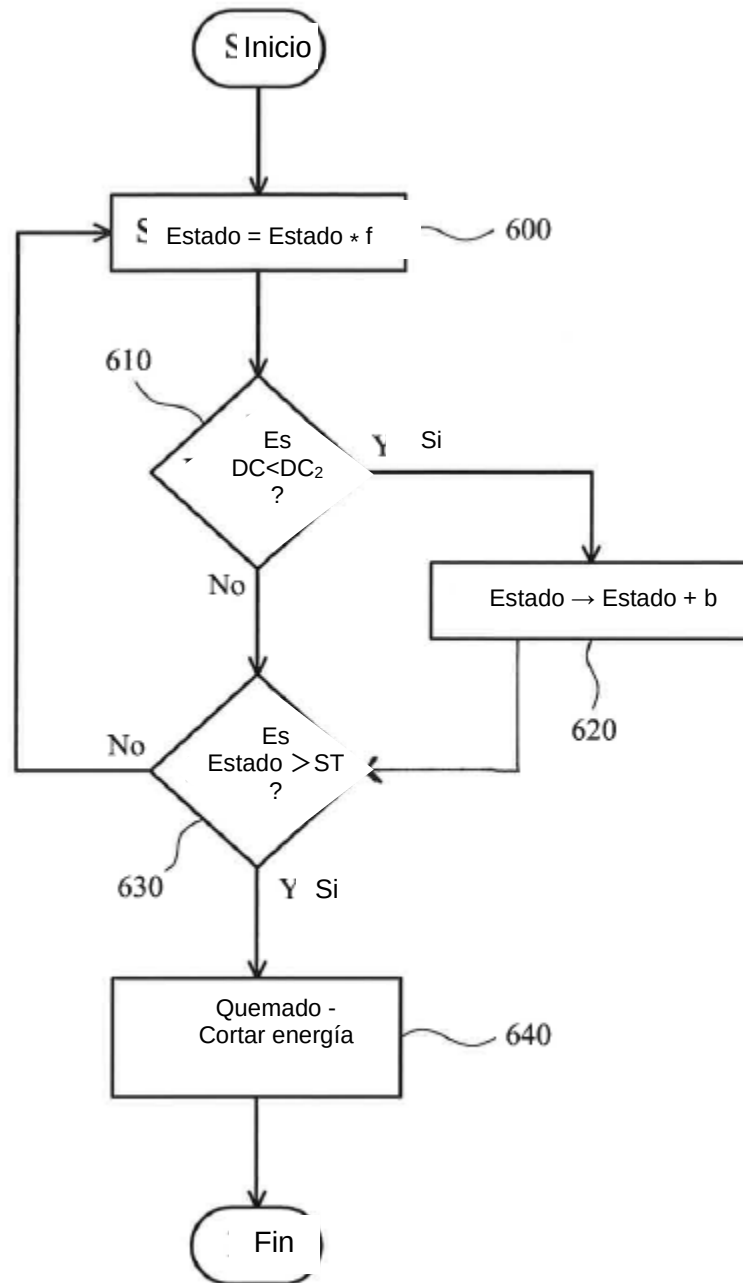


Figura 4





**Figura 6**

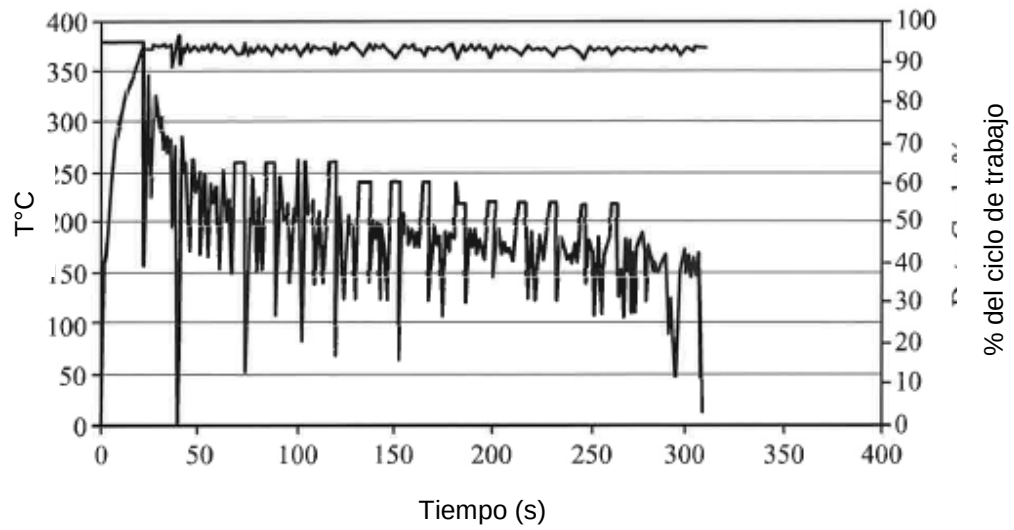


Figura 7

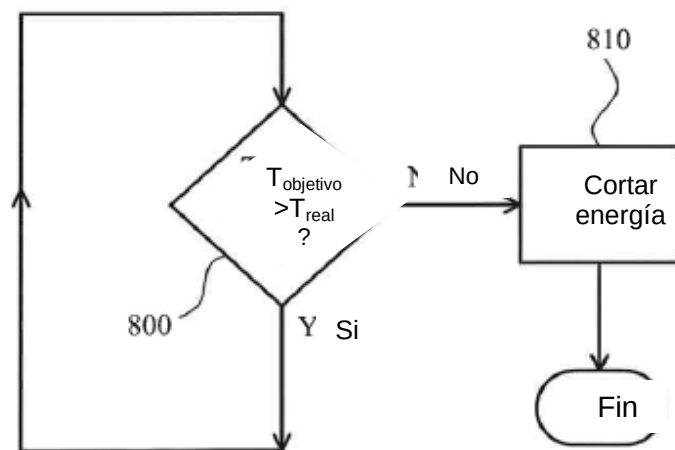


Figura 8