

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 539 788**

51 Int. Cl.:

C10L 10/04 (2006.01)
F22B 35/00 (2006.01)
F23N 1/02 (2006.01)
F23N 5/00 (2006.01)
F23J 3/00 (2006.01)
F23J 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.11.2006 E 06124971 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2015 EP 1854868**

54 Título: **Sistema y procedimiento para disminuir un índice de formación de escoria en ubicaciones predeterminadas en un sistema de caldera**

30 Prioridad:

30.11.2005 US 290759

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

06.07.2015

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 RIVER ROAD
SCHENECTADY, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**WIDMER, NEIL COLIN y
TAWARE, AVANISH VINAYAK**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 539 788 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 y procedimiento para disminuir un índice de formación de escoria en ubicaciones predeterminadas en un sistema de caldera

5 La presente invención se refiere a un sistema y procedimiento para disminuir un índice de formación de escoria en ubicaciones predeterminadas en un sistema de caldera.

Los sistemas de caldera alimentados con combustibles fósiles se han utilizado para generar electricidad. Un tipo de sistema de caldera alimentado con combustible fósil quema una mezcla de aire/carbón para generar energía de calor que incrementa la temperatura del agua para producir vapor. El vapor se utiliza para accionar un generador de una turbina que produce energía eléctrica.

10 Un problema asociado con el anterior sistema de caldera es que el sistema de caldera puede tener regiones espaciales o ubicaciones donde la escoria o los hidrocarburos no quemados comienzan a adherirse a las paredes del sistema de caldera. Cuando las formaciones de escoria se vuelven relativamente gruesas, las formaciones de escoria pueden separarse de las paredes y dañar el equipo dentro del sistema de caldera. Esta formación de escoria, si no se controla oportunamente, afecta de esta manera al ciclo de mantenimiento del sistema de caldera
15 provocando una operación de limpieza temprana y costosa. Esto a su vez afecta negativamente a las ventas de generación de energía debido al tiempo de inactividad resultante. Al mismo tiempo, estas formaciones de escoria reducen el coeficiente de transferencia de calor (capacidad) en estas ubicaciones en una zona de sobrecalentamiento y recalentamiento ya que reduce la eficiencia térmica general del sistema de caldera, incrementando un coste operativo del sistema de caldera para la generación de energía.

20 El documento US 4.996.951 desvela un procedimiento para optimizar el soplado de hollín en el funcionamiento de la caldera produciendo una indicación del espesor presente de una capa de hollín, determinando el incremento en el coste de transferir la energía de calor al medio calentado debido a la capa de hollín, y realizar una operación de retirada de hollín que comienza en un momento seleccionado basándose en el incremento del coste determinado.

25 El documento US 6.164.221 desvela un procedimiento para reducir el carbono no quemado en las calderas con NOx bajo, que comprende incrementar una proporción de aire a combustible en un primer quemador para disminuir un porcentaje de carbono no quemado atribuible a dicho primer quemador, y reducir la proporción de aire a combustible en un segundo quemador para mantener una proporción sustancialmente constante y total de aire a combustible.

30 Por consiguiente, los inventores en el presente documento han reconocido la necesidad de un sistema y procedimiento para controlar un sistema de caldera que pueda disminuir un índice de formación de escoria en ubicaciones predeterminadas dentro del sistema de caldera. Al mismo tiempo, al implementar el control del flujo de masa de combustible y el flujo de masa de aire del nivel del quemador, este sistema y procedimiento ayudará a economizar el uso de costosos compuestos o aditivos de reducción de escoria en el nivel del quemador programando tal uso únicamente para los quemadores que tienen un mayor impacto en las formaciones de escoria en ubicaciones predeterminadas dentro del sistema de caldera.

35 La presente invención proporciona un procedimiento para disminuir un índice de formación de escoria en ubicaciones predeterminadas dentro de un sistema de caldera de acuerdo con la reivindicación 1.

La presente invención también proporciona un sistema de control para disminuir un índice de formación de escoria en ubicaciones predeterminadas dentro de un sistema de caldera de acuerdo con la reivindicación 4.

40 Diversos aspectos y realizaciones de la presente invención se describirán ahora, a modo de ejemplo, en relación con los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 ilustra un sistema de generación de energía que tiene un sistema de caldera y un sistema de control de acuerdo con una realización ejemplar;

La Figura 2 es un diagrama de bloques de los algoritmos de software utilizados en el sistema de control de la Figura 1;

45 Las Figuras 3-11 son diagramas de flujo de un procedimiento para disminuir un índice de formación de escoria en ubicaciones predeterminadas del sistema de caldera de la Figura 1 de acuerdo con otra realización ejemplar;

La Figura 12 es una esquemática de un quemador utilizado en el sistema de caldera de la Figura 1.

50 En referencia a la Figura 1, se ilustra un sistema 10 de generación de energía para generar energía eléctrica. El sistema 10 de generación de energía incluye un sistema 12 de caldera, un sistema 13 de control, un generador 14 de turbina, un transportador 16, un silo 18, un alimentador 20 de carbón, un pulverizador 22 de carbón, una fuente 24 de aire, y una chimenea 28.

55 El sistema 12 de caldera se proporciona para quemar una mezcla de aire-carbón para calentar agua para generar vapor a partir de la misma. El vapor se utiliza para accionar el generador 14 de la turbina, que genera electricidad. Debería apreciarse que en una realización alternativa, el sistema 12 de caldera podría utilizar otros tipos de combustible, en lugar de carbón, para calentar agua para generar vapor a partir de la misma. Por ejemplo, el sistema

12 de caldera podría utilizar cualquier tipo convencional de combustible de hidrocarburo tal como gasolina, combustible diésel, aceite, gas natural, propano, o similar. El sistema 12 de caldera incluye un horno 40 acoplado a una porción 42 de trayectoria trasera, un colector 44 de entrada de aire, quemadores 47, 48, 50, 52, un puerto 53 de aire, y conductos 59, 60, 62, 64, 66, 68.

- 5 El horno 40 define una región donde se quema la mezcla de aire-carbón y se genera el vapor. La porción 42 de trayectoria trasera se acopla al horno 40 y recibe gases quemados desde el horno 40. La porción 42 de paso trasero transfiere los gases quemados desde el horno 40 a la chimenea 28.

El colector 44 de entrada de aire se acopla al horno 40 y proporciona una cantidad predeterminada de aire secundario a los quemadores 47, 48, 50, 52 y el puerto 53 de aire utilizando las válvulas 45, 46 reguladoras. Además, los quemadores 47, 48, 50, 52 reciben una mezcla de aire-carbón desde la fuente 24 de aire por medio de los conductos 60, 62, 64, 66 respectivamente. Los quemadores 47, 48, 50, 52 y el puerto 53 de aire están dispuestos a través de aberturas en el horno 40. Los quemadores 47, 48, 50, 52 emiten llamas dentro de una región interior del horno 40 para calentar el agua. Ya que los quemadores 47, 48, 50, 52 tienen una estructura sustancialmente similar, únicamente se proporcionará una explicación detallada de la estructura del quemador 47. En referencia a la Figura 12, el quemador 47 tiene tubos 70, 72, 74 dispuestos concéntricamente. El tubo 70 recibe la mezcla primaria de aire-carbón (mezcla de aire-combustible) desde el conducto 60. El conducto 72 está dispuesto alrededor del conducto 70 y recibe aire secundario desde el colector 44 de entrada de aire. El conducto 74 está dispuesto alrededor del conducto 72 y recibe aire terciario también desde el colector 44 de entrada de aire. Toda la mezcla de aire-carbón suministrada al quemador 47 se enciende en un puerto de salida del quemador 47 y se quema en el horno. El quemador 47 incluye además una válvula 75 dispuesta en la trayectoria de flujo entre el tubo 70 y el tubo 72. Una posición operativa de la válvula 75 puede controlarse de manera operativa mediante el controlador 122 para controlar una cantidad de aire terciario que se recibe mediante el quemador 47. Además, el quemador 47 incluye adicionalmente una válvula 77 dispuesta en la trayectoria de flujo entre el tubo 72 y el tubo 74. Una posición operativa de la válvula 77 puede controlarse operativamente mediante el controlador 122 para controlar una cantidad de aire secundario que se recibe mediante el quemador 47.

En referencia a la Figura 1, el sistema 13 de control se proporciona para controlar una cantidad de aire y carbón recibida mediante los quemadores 47, 48, 50, 52 y aire recibido mediante el puerto 53 de aire. En particular, el sistema 13 de control se proporciona para controlar las proporciones de A/F de los quemadores 47, 48, 50, 52 y el puerto 53 de inyección de aire para controlar los niveles de CO, los niveles de temperatura, y un índice de formación de escoria en ubicaciones predeterminadas en el sistema 12 de caldera. Además, el sistema 13 de control se proporciona para controlar una cantidad de compuestos de reducción de escoria suministrada a los quemadores 47, 48, 50, 52. El sistema 13 de control incluye válvulas 80, 82, 84, 86, 88 de aire y serpentín primarias y controladas eléctricamente, un accionador 90 de aire de combustión, un accionador 92 de aire de sobrecalentamiento, sensores 94, 96, 98, 99 de CO, sensores 110, 112, 114, 115 de temperatura, sensores 116, 118, 120, 121 de detección de escoria, sensores 117, 119 de flujo de aire en masa, un sensor 123 de flujo de carbón, un dispositivo 125 de suministro de compuesto de reducción de escoria, y un controlador 122. Debería apreciarse que para los fines de análisis, se presume que el sensor 94 de CO, el sensor 110 de temperatura, y el sensor 116 de detección de escoria están dispuestos sustancialmente en una primera ubicación dentro del sistema 12 de caldera. Además, el sensor 96 de CO, el sensor 112 de temperatura y el sensor 118 de detección de escoria están dispuestos sustancialmente en una segunda ubicación dentro del sistema 12 de caldera. Además, el sensor 98 de CO, el sensor 114 de temperatura y el sensor 120 de detección de escoria están dispuestos sustancialmente en una tercera ubicación dentro del sistema 12 de caldera. Aun adicionalmente, el sensor 99 de CO, el sensor 115 de temperatura, y el sensor 121 de detección de escoria están dispuestos sustancialmente en una cuarta ubicación dentro del sistema 12 de caldera. Por supuesto, debería apreciarse que en realizaciones alternativas los sensores de CO, sensores de temperatura, y sensores de detección de escoria pueden estar dispuestos en diferentes ubicaciones con respecto unos a otros. Además, en una realización alternativa, los sensores 94, 96, 98, 99 de CO están dispuestos lejos de las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones respectivamente en el sistema 12 de caldera y los niveles de CO en las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones se estiman a partir de las señales de los sensores 94, 96, 98, 99 de CO respectivamente, utilizando técnicas computacionales de fluidodinámica conocidas por los expertos en la materia. Además, en una realización alternativa, los sensores 110, 112, 114, 115 de temperatura están dispuestos lejos de las primeras, segundas, terceras, y cuartas ubicaciones respectivamente, y los niveles de temperatura en las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones se estiman a partir de las señales de los sensores 110, 112, 114, 115 de temperatura, respectivamente utilizando técnicas computacionales de fluidodinámica conocidas por los expertos en la materia. Además, en una realización alternativa, los sensores 116, 118, 120, 121 de detección de escoria están dispuestos lejos de las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones respectivamente, y los niveles de espesor de escoria se estiman a partir de las señales de los sensores 116, 118, 120, 121 de detección de escoria, respectivamente, utilizando técnicas computacionales de fluidodinámica conocidas por los expertos en la materia.

Las válvulas 80, 82, 84, 86, 88 controladas eléctricamente se proporcionan para controlar una cantidad de aire primario o aire de transporte suministrado a los quemadores 47, 48, 50, 52 y el conducto 68 respectivamente, en respuesta a las señales de control (FV1), (FV2), (FV3), (FV4), (FV5), respectivamente, recibidas desde el controlador 122. El aire primario transporta las partículas de carbón a los quemadores.

El accionador 90 se proporciona para controlar una posición operativa de la válvula 45 reguladora en el colector 44 de entrada de aire para ajustar una cantidad de aire de combustión proporcionado a los quemadores 47, 48, 50, 52, en respuesta a una señal de control (AV1) recibida desde el controlador 122.

5 El accionador 92 se proporciona para controlar una posición operativa de la válvula 46 reguladora para ajustar una cantidad de aire de sobrecalentamiento proporcionado al puerto 53 de aire, en respuesta a una señal de control (AV2) recibida desde el controlador 122.

10 Los sensores 94, 96, 98, 99 de CO se proporcionan para generar señales (CO1), (CO2), (CO3), (CO4) indicativas de los niveles de CO en las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones, respectivamente, dentro del sistema 12 de caldera. Debería apreciarse que en una realización alternativa, el número de sensores de CO dentro del sistema 12 de caldera puede ser mayor de cuatro sensores de CO. Por ejemplo, en una realización alternativa, un conjunto de sensores de CO puede estar dispuesto dentro del sistema 12 de caldera. Tal como se muestra, los sensores 94, 96, 98, 99 de CO están dispuestos en la porción 42 de paso trasero del sistema 12 de caldera. Debería apreciarse que en una realización alternativa, los sensores de CO pueden estar dispuestos en la pluralidad de otras posiciones dentro del sistema 12 de caldera. Por ejemplo, los sensores de CO pueden estar dispuestos en un plano de salida del sistema 12 de caldera.

20 Los sensores 110, 112, 114, 115 de temperatura se proporcionan para generar señales (TEMP1), (TEMP2), (TEMP3), (TEMP4) indicativas de los niveles de temperatura en las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones, respectivamente, dentro del sistema 12 de caldera. Debería apreciarse que en una realización alternativa, el número de sensores de temperatura dentro del sistema 12 de caldera puede ser mayor de cuatro sensores de temperatura. Por ejemplo, en una realización alternativa, un conjunto de sensores de temperatura puede estar dispuesto dentro del sistema 12 de caldera. Tal como se muestra, los sensores 110, 112, 114, 115 de temperatura están dispuestos en la porción 42 de plano de salida del horno del sistema 12 de caldera. Debería apreciarse que en una realización alternativa, los sensores de temperatura pueden estar dispuestos en una pluralidad de otras posiciones dentro del sistema 12 de caldera. Por ejemplo, los sensores de temperatura pueden estar dispuestos en un plano de salida del sistema 12 de caldera.

30 Los sensores 116, 118, 120, 121 de detección de escoria se proporcionan para generar señales (ESCORIA1), (ESCORIA2), (ESCORIA3), (ESCORIA4) indicativas de los espesores de escoria en las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones, respectivamente, dentro del sistema 12 de caldera. Debería apreciarse que en una realización alternativa, el número de sensores de detección de escoria dentro del sistema 12 de caldera puede ser mayor de cuatro sensores de detección de escoria. Por ejemplo, en una realización alternativa, un conjunto de sensores de detección de escoria puede estar dispuesto dentro del sistema 12 de caldera. Tal como se muestra, los sensores 116, 118, 120, 121 de detección de escoria están dispuestos en la porción 42 de trayectoria trasera del sistema 12 de caldera. Debería apreciarse que en una realización alternativa, los sensores de detección de escoria pueden estar dispuestos en una pluralidad de otras posiciones dentro del sistema 12 de caldera. Por ejemplo, los sensores de detección de escoria pueden estar dispuestos en un plano de salida del sistema 12 de caldera.

35 El sensor 119 de flujo de masa se proporciona para generar una señal (MAF1) indicativa de una cantidad de aire primario que se suministra al conducto 59, que se recibe mediante el controlador 122.

40 El sensor 117 de flujo de masa se proporciona para generar una señal (MAF2) indicativa de una cantidad de aire de combustión que se suministra al colector 44 de entrada y a los quemadores y puertos de aire, que se recibe mediante el controlador 122.

El sensor 123 de flujo de carbón se proporciona para generar una señal (CF) indicativa de una cantidad de carbón que se suministra al conducto 59, que se recibe mediante el controlador 122.

45 El dispositivo 125 de suministro de compuesto de reducción de escoria se proporciona para suministrar una cantidad predeterminada de un compuesto de reducción de escoria (a los quemadores 47, 48, 50, 52 para reducir la formación de escoria en ubicaciones predeterminadas dentro del sistema de caldera.) El dispositivo 125 incluye un depósito interno (no se muestra) que contiene el compuesto de reducción de escoria que se acopla a una bomba (no se muestra). En respuesta a una señal de control (S1) desde el controlador 122, la bomba envía cantidades predeterminadas del compuesto de reducción de escoria desde el depósito a uno o más de los conductos 150, 152, 154, 156 que se acoplan de manera fluida a los quemadores 47, 48, 50, 52 respectivamente. El compuesto de reducción de escoria puede comprender cualquier aditivo o compuesto químico que reduzca y/o evite la formación de escoria en el sistema 12 de caldera. En una realización ejemplar, los compuestos de reducción de escoria reaccionan con los agentes de formación de escoria (hidrocarburos no quemados) en el flujo de combustible y provocan que los agentes de formación tengan un punto de fusión mayor para que los agentes de formación sean sólidos cuando toquen las superficies de las paredes de la caldera y los tubos sobrecalentadores y de esta manera pueden retirarse fácilmente de las paredes y los tubos. Además, la escoria se vuelve más friable o "frágil" para que pueda retirarse fácilmente de las paredes y los tubos. Los depósitos de escoria más antiguos permanecen sueltos y no se fusionan con la estructura de la caldera permitiendo una fácil retirada. En otras palabras, después de que los agentes de formación de escoria reaccionen con los compuestos de reducción de escoria, los compuestos resultantes solo pueden fundirse a temperaturas mayores que las temperaturas presentes en la caldera. Cuando los

compuestos resultantes no se encuentran en un estado fundido, no son pegajosos. De esta manera no se formará escoria. Cuando los compuestos resultantes ya no están fundidos, ya no son corrosivos tampoco. Además, existen determinados compuestos de reducción de escoria que disminuyen el carbono no quemado en la ceniza, lo que también reduce el índice de formación de escoria. En una realización ejemplar, el compuesto de reducción de escoria comprende un silicato activado por calor tal como un aluminosilicato de ferromagnesio, vendido bajo la marca "FuelSolv", que incrementa una temperatura de fundición para los hidrocarburos no quemados.

El controlador 122 se proporciona para generar señales de control para controlar las posiciones operativas de las válvulas 80, 82, 84, 86, 88 y los accionadores 90, 92 para obtener una proporción de A/F deseada y un flujo de masa de aire-combustible en los quemadores 47, 48, 50, 52. Además, el controlador 122 se proporciona para generar una señal de control (S1) para controlar una cantidad de compuesto de reducción de escoria suministrada a al menos uno de los quemadores 47, 40, 50, 52. Además, el controlador 122 se proporciona para recibir señales (CO1-CO4) desde los sensores 94, 96, 98, 99 de CO indicativas de los niveles de CO en las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones y para determinar los niveles de CO a partir de las mismas. Además, el controlador 122 se proporciona para recibir señales (TEMP1-TEMP4) desde los sensores 110, 112, 114, 115 de temperatura indicativas de los niveles de temperatura en las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones y para determinar los niveles de temperatura a partir de las mismas. Aun adicionalmente, el controlador 122 se proporciona para recibir señales (ESCORIA1-ESCORIA4) desde los sensores 116, 118, 120, 121 de detección de escoria indicativas de los espesores de escoria en las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones y para determinar los espesores de escoria a partir de las mismas. El controlador 122 incluye una unidad 130 de procesamiento central (CPU), una memoria 132 de solo lectura (ROM), una memoria 134 de acceso aleatorio (RAM), y una interfaz 136 de entrada-salida (I/O). Por supuesto, cualquier otro tipo convencional de medio de almacenamiento informático podría utilizarse incluyendo una memoria flash o similar, por ejemplo. La CPU 30 ejecuta los algoritmos de software almacenados en al menos una de las ROM 132 y RAM 134 para implementar la metodología de control descrita a continuación.

En referencia a la Figura 2, se ilustra un diagrama de bloques de los algoritmos de software ejecutados mediante el controlador 122. El particular, los algoritmos de software incluyen un módulo 170 de estimación de proporción de A/F del quemador, un mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa, un módulo 174 de estimación de proporción de A/F espacial, y un módulo 176 de estimación de CO, temperatura y escoria espacial.

El módulo 170 de estimación de proporción de A/F del quemador se proporciona para calcular una proporción de A/F en cada uno de los quemadores 47, 48, 50, 52. En particular, el módulo 170 calcula la proporción de A/F y cada uno de los quemadores basándose en la cantidad de aire primario, aire secundario y aire terciario que se proporciona a los quemadores 47, 48, 50, 52 y una cantidad de carbón que se suministra mediante el pulverizador 22 de carbón.

El mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa comprende una tabla que correlaciona una cantidad de flujo de masa de gases quemados desde cada quemador con cada una de las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones dentro del sistema 12 de caldera. El controlador 122 puede utilizar el mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa para determinar qué quemadores están afectando principalmente a ubicaciones particulares dentro del sistema 12 de caldera. En particular, el controlador 122 puede determinar qué quemador en particular está afectando principalmente a una ubicación en particular dentro del sistema 12 de caldera determinando que un valor de flujo de masa desde el quemador particular a la ubicación en particular es mayor que un valor de flujo de masa de umbral.

En una realización alternativa, el mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa comprende una tabla que indica un valor de porcentaje que indica un porcentaje de flujo de masa desde cada uno de los quemadores que fluye a cada una de las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones. El controlador 122 puede determinar que un quemador en particular está afectando principalmente a una ubicación en particular dentro del sistema 12 de caldera determinando que un valor de porcentaje asociado con un quemador en particular y una ubicación en particular es mayor que un valor de porcentaje de umbral. Por ejemplo, la tabla podría indicar que el 10 % del flujo de masa en la primera ubicación es del quemador 47. Si el valor de porcentaje de umbral es 5 %, entonces el controlador 122 determinaría que el quemador 47 está afectando principalmente al flujo de masa en la primera ubicación.

El mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa puede determinarse usando modelos físicos isotérmicos y técnicas de escala de fluidodinámica del sistema 12 de caldera o modelos computacionales de fluidodinámica del sistema 12 de caldera.

El módulo 174 de estimación de proporción de A/F espacial se proporciona para calcular una proporción de A/F en cada una de las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones en el sistema 12 de caldera. En particular, el módulo 174 utiliza las proporciones de A/F asociadas con cada uno de los quemadores, y el mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa, para calcular una proporción de A/F en cada una de las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones en el sistema 12 de caldera.

El módulo 176 de estimación de CO, temperatura y escoria espacial se proporciona para calcular un nivel del espesor de escoria, una cantidad de energía de calor, y un nivel de CO en cada una de las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones en el sistema 12 de caldera generados mediante cada uno de los quemadores 47, 48,

50 y 52. En particular, el módulo 176 utiliza la proporción de A/F espacial en cada una de las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones para estimar el nivel de espesor de escoria, la cantidad de energía de calor, y los niveles de CO generados mediante cada uno de los quemadores 47, 48, 50, 52 en la primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones.

5 En referencia a las Figuras 3-11, se explica un procedimiento para disminuir un índice de formación de escoria en regiones predeterminadas en el sistema 12 de caldera. El procedimiento puede implementarse utilizando algoritmos de software ejecutados mediante el controlador 122.

10 En la etapa 190, una pluralidad de sensores de temperatura genera una primera pluralidad de señales, respectivamente, indicativas de niveles de temperatura en una primera pluralidad de ubicaciones en un sistema 12 de caldera. Por ejemplo, los sensores 110, 112, 114, 115 de temperatura pueden generar señales (TEMP1), (TEMP2), (TEMP3), (TEMP4) respectivamente, indicativas de niveles de temperatura en las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones respectivamente en el sistema 12 de caldera.

15 En la etapa 192, el controlador 122 recibe la primera pluralidad de señales y determina una pluralidad de niveles de temperatura asociados con la primera pluralidad de ubicaciones. Por ejemplo, el controlador 122 puede recibir las señales (TEMP1), (TEMP2), (TEMP3), (TEMP4) y determinar primeros, segundos, terceros y cuartos niveles de temperatura, respectivamente, asociados con las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones respectivamente.

20 En la etapa 194, una pluralidad de sensores de CO genera una segunda pluralidad de señales, respectivamente, indicativas de niveles de CO en la primera pluralidad de ubicaciones. Por ejemplo, los sensores 94, 96, 98, 99 de CO pueden generar señales (CO1), (CO2), (CO3), (CO4) respectivamente, indicativas de los niveles de CO en las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones respectivamente.

25 En la etapa 196, el controlador 122 recibe la segunda pluralidad de señales y determina una pluralidad de niveles de CO asociados con la primera pluralidad de ubicaciones. Por ejemplo, el controlador 122 puede recibir las señales (CO1), (CO2), (CO3), (CO4) y determinar primeros, segundos, terceros y cuartos niveles de CO, respectivamente, asociados con las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones respectivamente.

30 En la etapa 198, una pluralidad de sensores de detección de escoria genera una tercera pluralidad de señales, respectivamente, indicativas de los niveles de espesor de escoria en la primera pluralidad de ubicaciones. Por ejemplo, los sensores 116, 118, 120, 121 de detección de escoria pueden generar señales (ESCORIA1), (ESCORIA2), (ESCORIA3), (ESCORIA4) respectivamente, indicativas de los niveles de espesor de escoria en las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones respectivamente.

35 En la etapa 200, el controlador 122 recibe la tercera pluralidad de señales y determina una pluralidad de niveles de espesor de escoria asociados con la primera pluralidad de ubicaciones. Por ejemplo, el controlador 122 puede recibir las señales (ESCORIA1), (ESCORIA2), (ESCORIA3), (ESCORIA4) y determinar primeros, segundos, terceros y cuartos niveles de espesor de escoria, respectivamente, asociados con las primeras, segundas, terceras y cuartas ubicaciones respectivamente.

En la etapa 202, el sensor 119 de flujo de aire genera la señal (MAF1) indicativa de un flujo primario de masa de aire que entra en el sistema 12 de caldera, que se recibe mediante el controlador 122.

40 En la etapa 203, el sensor 117 de flujo de aire genera la señal (MAF2) indicativa de un flujo de masa de aire de combustión que entra en el colector 44 de entrada, que se recibe mediante el controlador 122. El flujo de masa de aire de combustión comprende el aire secundario y el aire terciario recibidos mediante los quemadores y el aire de sobrecalentamiento recibido mediante el puerto 53 de aire.

45 En la etapa 204, el sensor 123 de flujo de carbón genera la señal (CF) indicativa de una cantidad de carbón (por ejemplo, flujo total de carbón pulverizado) que entra en el sistema 12 de caldera, que se recibe mediante el controlador 122. Por supuesto, en una realización alternativa, la cantidad de carbón que se recibe mediante cada quemador puede calcularse o monitorizarse usando sensores de flujo de carbón dispuestos en cada quemador o que se comunican de manera fluida con cada quemador.

50 En la etapa 206, el controlador 122 ejecuta el módulo 170 de cálculo de proporción de A/F del quemador para determinar una proporción de A/F de cada quemador de la primera pluralidad de quemadores en el sistema de caldera basándose en la señal (MAF1), la señal (MAF2), y la señal (CF). Por ejemplo, el controlador 122 puede ejecutar el módulo 170 de cálculo de proporción de A/F del quemador para determinar las proporciones de A/F para los quemadores 47, 48, 50, 52 basándose en la señal (MAF1), la señal (MAF2), y la señal (CF).

55 En la etapa 208, el controlador 122 realiza una determinación de si (i) una segunda pluralidad de ubicaciones que comprende un subconjunto de la primera pluralidad de ubicaciones, tiene niveles de espesor de escoria mayores que el nivel de espesor de escoria de umbral, y niveles de temperatura mayores que el nivel de temperatura de umbral, y niveles de CO mayores que el nivel de CO de umbral, y (ii) una tercera pluralidad de ubicaciones que comprende otro subconjunto de la primera pluralidad de ubicaciones tiene niveles de espesor de escoria menores

que o iguales que el nivel de espesor de escoria de umbral, y niveles de temperatura menores que o iguales que el nivel de temperatura de umbral, y niveles de CO menores que o iguales que el nivel de CO de umbral. Si el valor de la etapa 208 es igual a "sí", el procedimiento avanza a la etapa 210. De lo contrario, el procedimiento avanza a la etapa 222.

5 En la etapa 210, el controlador 122 ejecuta el módulo 174 de estimación de proporción de A/F espacial que utiliza un mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa para estimar una proporción de A/F en cada ubicación de la segunda pluralidad de ubicaciones, basándose en la proporción de A/F en cada quemador de la primera pluralidad de quemadores, y para determinar una segunda pluralidad de quemadores que comprenden un subconjunto de la primera pluralidad de quemadores que están influenciando principalmente los niveles de espesor de escoria, los niveles de temperatura y los niveles de CO en la segunda pluralidad de ubicaciones. Por ejemplo, el controlador 122 puede ejecutar el módulo 174 que utiliza el mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa para determinar las proporciones de A/F en las primeras y segundas ubicaciones, basándose en la proporción de A/F en cada uno de los quemadores 47, 48, 50, 52. Además, por ejemplo, el controlador 142 puede determinar que los quemadores 47, 48 están influenciando principalmente los niveles de espesor de escoria, los niveles de temperatura y los niveles de CO en las primeras y segundas ubicaciones en el sistema 12 de caldera.

20 En la etapa 212, el controlador 122 ejecuta el módulo 176 de estimación de CO, temperatura y escoria espacial para estimar un nivel de espesor de escoria, una cantidad de energía de calor, y un nivel de CO que se generan mediante cada quemador de la primera pluralidad de quemadores en cada ubicación de la segunda pluralidad de ubicaciones en el sistema de caldera, basándose en la proporción de A/F estimada en la ubicación respectiva. Por ejemplo, el controlador 122 puede ejecutar el módulo 176 para estimar un nivel de espesor de escoria, una cantidad de energía de calor, y un nivel de CO generados mediante cada uno de los quemadores 47, 48, 50, 52 en las primeras y segundas ubicaciones en el sistema 12 de caldera, basándose en las proporciones de A/F en las primeras y segundas ubicaciones.

25 En la etapa 214, el controlador 122 incrementa una proporción de A/F de al menos un quemador de la segunda pluralidad de quemadores, para disminuir un índice de formación de escoria en la segunda pluralidad de ubicaciones, basándose en el nivel de espesor de escoria estimado, la cantidad de energía de calor, y el nivel de CO en cada ubicación de la segunda pluralidad de ubicaciones. Por ejemplo, el controlador 122 puede incrementar una proporción de A/F de al menos uno de los quemadores 47, 48, basándose en el nivel de espesor de escoria estimado, una cantidad de energía de calor y un nivel de CO generados mediante los quemadores 47, 48, 50, 52 en las primeras y segundas ubicaciones en el sistema 12 de caldera.

En una realización ejemplar, el controlador 122 incrementa la proporción de A/F disminuyendo un flujo de masa de combustible en al menos uno de los quemadores 47, 48 mientras que mantiene o disminuye un flujo de masa de aire que se suministra a al menos uno de los quemadores 47, 48.

35 En la etapa 216, el controlador 122 ejecuta el módulo 174 de estimación de proporción de A/F espacial que utiliza el mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa para estimar una proporción de A/F en cada ubicación de la tercera pluralidad de ubicaciones, basándose en la proporción de A/F en cada quemador de la primera pluralidad de quemadores, y para determinar una tercera pluralidad de quemadores que comprenden un subconjunto de la primera pluralidad de quemadores que influyen principalmente los niveles de espesor de escoria, los niveles de temperatura, y los niveles de CO en la tercera pluralidad de ubicaciones. Por ejemplo, el controlador 122 puede ejecutar el módulo 174 que utiliza el mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa para determinar las proporciones de A/F de las terceras y cuartas ubicaciones, basándose en la proporción de A/F de cada uno de los quemadores 47, 48, 50, 52. Además, por ejemplo, el controlador 142 puede determinar que los quemadores 50, 52 están influenciando principalmente los niveles de espesor de escoria, los niveles de temperatura, y los niveles de CO en las terceras y cuartas ubicaciones en el sistema 12 de caldera.

45 En la etapa 218, el controlador 122 ejecuta el módulo 176 de estimación de CO, temperatura y escoria espacial para estimar un nivel de espesor de escoria, una cantidad de energía de calor y un nivel de CO que se generan mediante cada uno de los quemadores de la primera pluralidad de quemadores en cada ubicación de la tercera pluralidad de ubicaciones en el sistema de caldera, basándose en la proporción de A/F estimada en la ubicación respectiva. Por ejemplo, el controlador 122 puede ejecutar el módulo 176 para estimar un nivel de espesor de escoria, una cantidad de energía de calor, y un nivel de CO generados mediante los quemadores 47, 48, 50, 52 en las terceras y cuartas ubicaciones en el sistema 12 de caldera, basándose en las proporciones de A/F en las terceras y cuartas ubicaciones.

55 En la etapa 220, el controlador 122 disminuye una proporción de A/F de al menos un quemador de la segunda pluralidad de quemadores, basándose en el nivel de espesor de escoria estimado, la cantidad de energía de calor, y el nivel de CO en cada ubicación de la tercera pluralidad de ubicaciones. Por ejemplo, el controlador 122 puede disminuir una proporción de A/F de al menos uno de los quemadores 50, 52 basándose en el nivel de espesor de escoria estimado, una cantidad de energía de calor y un nivel de CO generados mediante los quemadores 47, 48, 50, 52 en las terceras y cuartas ubicaciones en el sistema 12 de caldera. En una realización ejemplar, el controlador 122 disminuye la proporción de A/F disminuyendo un flujo de masa de aire en al menos uno de los quemadores 50, 52 mientras que mantiene o disminuye un flujo de masa de combustible que se suministra a al menos uno de los quemadores 50, 52.

quemadores 50, 52.

5 En la etapa 222, el controlador 122 realiza una determinación de si (i) una cuarta pluralidad de ubicaciones que comprende un subconjunto de la primera pluralidad de ubicaciones, tiene niveles de espesor de escoria mayores que el nivel de espesor de escoria de umbral, y los niveles de temperatura son mayores que el nivel de temperatura de umbral, y los niveles de CO menores que o iguales al nivel de CO de umbral, y (ii) una quinta pluralidad de ubicaciones que comprende otro subconjunto de la primera pluralidad de ubicaciones, tiene niveles de espesor de escoria menores que o iguales al nivel de espesor de escoria de umbral, y niveles de temperatura menores que o iguales al nivel de temperatura de umbral, y niveles de CO mayores que el nivel de CO de umbral. Si el valor de la etapa 222 es igual a "sí", el procedimiento avanza a la etapa 224. De lo contrario, el procedimiento avanza a la etapa 236.

15 En la etapa 224, el controlador 122 ejecuta el módulo 170 de estimación de proporción de A/F espacial que utiliza el mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa para estimar una proporción de A/F en cada ubicación de la cuarta pluralidad de ubicaciones, basándose en la proporción de A/F en cada quemador de la primera pluralidad de quemadores, y para determinar una cuarta pluralidad de quemadores que comprende un subconjunto de la primera pluralidad de quemadores que influyen principalmente los niveles de espesor de escoria, los niveles de temperatura y los niveles de CO en la cuarta pluralidad de ubicaciones.

20 En la etapa 226, el controlador 122 ejecuta el módulo 176 de estimación de CO, temperatura y escoria espacial para estimar el nivel de espesor de escoria, una cantidad de energía de calor, y un nivel de CO que se generan mediante cada quemador de la primera pluralidad de quemadores en cada ubicación de la cuarta pluralidad de ubicaciones en el sistema 12 de caldera, basándose en la proporción de A/F estimada en la ubicación respectiva.

25 En la etapa 228, el controlador 122 disminuye al menos uno de una proporción de A/F de al menos uno de los quemadores de la cuarta pluralidad de quemadores y un flujo de masa de aire-combustible para el al menos un quemador de la cuarta pluralidad de quemadores, para disminuir un índice de formación de escoria en la cuarta pluralidad de ubicaciones, basándose en el nivel de espesor de escoria estimado, la cantidad de energía de calor y el nivel de CO en cada ubicación de la cuarta pluralidad de ubicaciones.

30 En la etapa 230, el controlador 122 ejecuta el módulo 174 de estimación de proporción de A/F espacial que utiliza el mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa para estimar una proporción de A/F en cada ubicación de la quinta pluralidad de ubicaciones, basándose en la proporción de A/F en cada quemador de la primera pluralidad de quemadores, y para determinar una quinta pluralidad de quemadores que comprende un subconjunto de la primera pluralidad de quemadores que influyen principalmente los niveles de espesor de escoria, los niveles de temperatura y los niveles de CO en la quinta pluralidad de ubicaciones.

35 En la etapa 232, el controlador 122 ejecuta el módulo 176 de estimación de CO, temperatura, y escoria espacial para estimar un nivel de espesor de escoria, una cantidad de energía de calor y un nivel de CO que se generan mediante cada quemador de la primera pluralidad de quemadores en cada ubicación de la quinta pluralidad de ubicaciones en el sistema 12 de caldera, basándose en la proporción de A/F estimada en la ubicación respectiva.

40 En la etapa 234, el controlador 122 incrementa al menos uno de una proporción de A/F de al menos un quemador de la quinta pluralidad de quemadores y un flujo de masa de aire-combustible para el al menos un quemador de la quinta pluralidad de quemadores, basándose en el nivel de espesor de escoria estimado, la cantidad de energía de calor y el nivel de CO en cada ubicación de la quinta pluralidad de ubicaciones.

45 En la etapa 236, el controlador 122 realiza una determinación de si (i) una sexta pluralidad de ubicaciones que comprenden un subconjunto de la primera pluralidad de ubicaciones, tiene niveles de espesor de escoria mayores que el nivel de espesor de escoria de umbral, y niveles de temperatura menores que o iguales al nivel de temperatura de umbral, y niveles de CO mayores que el nivel de CO de umbral, y (ii) una séptima pluralidad de ubicaciones que comprende otro subconjunto de la primera pluralidad de ubicaciones, tiene niveles de espesor de escoria menores que o iguales al nivel de espesor de escoria de umbral, y niveles de temperatura mayores que el nivel de temperatura de umbral y niveles de CO menores que o iguales al nivel de CO de umbral. Si el valor de la etapa 236 es igual a "sí", el procedimiento avanza a la etapa 238. De lo contrario, el procedimiento avanza a la etapa 250.

50 En la etapa 238, el controlador 122 ejecuta el módulo 174 de estimación de proporción de A/F espacial que utiliza el mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa para estimar una proporción de A/F en cada ubicación de la sexta pluralidad de ubicaciones, basándose en la proporción de A/F en cada quemador de la primera pluralidad de quemadores, y para determinar una sexta pluralidad de quemadores que comprende un subconjunto de la primera pluralidad de quemadores que influyen principalmente los niveles de espesor de escoria, los niveles de temperatura y los niveles de CO en la sexta pluralidad de ubicaciones.

55 En la etapa 240, el controlador 122 ejecuta el módulo 176 de estimación de CO, temperatura y escoria espacial para estimar un nivel de espesor de escoria, una cantidad de energía de calor, y un nivel de CO que se generan mediante cada quemador de la primera pluralidad de quemadores en cada ubicación de la sexta pluralidad de ubicaciones en el sistema 12 de caldera, basándose en la proporción de A/F estimada en la ubicación respectiva.

En la etapa 242, el controlador 122 incrementa una proporción de A/F de al menos un quemador de la sexta pluralidad de quemadores para disminuir un índice de formación de escoria en la sexta pluralidad de ubicaciones, basándose en el nivel de espesor de escoria estimado, la cantidad de energía de calor, y el nivel de CO en cada ubicación de la sexta pluralidad de ubicaciones.

5 En la etapa 244, el controlador 122 ejecuta el módulo 174 de estimación de proporción de A/F espacial que utiliza el mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa para estimar una proporción de A/F en cada ubicación de la séptima pluralidad de ubicaciones, basándose en la proporción de A/F en cada quemador de la primera pluralidad de quemadores, y para determinar una séptima pluralidad de quemadores que comprende un subconjunto de la primera pluralidad de quemadores que influyen principalmente los niveles de espesor de escoria, los niveles de temperatura y los niveles de CO en la séptima pluralidad de ubicaciones.

En la etapa 246, el controlador 122 ejecuta el módulo 176 de estimación de CO, temperatura y escoria espacial para estimar un nivel de espesor de escoria, una cantidad de energía de calor y un nivel de CO que se generan mediante cada quemador de la primera pluralidad de quemadores en cada ubicación de la séptima pluralidad de ubicaciones en el sistema 12 de caldera, basándose en la proporción de A/F estimada en la ubicación respectiva.

15 En la etapa 248, el controlador 122 disminuye al menos uno de una proporción de A/F de al menos un quemador de la séptima pluralidad de quemadores, basándose en el nivel de espesor de escoria estimado, la cantidad de energía de calor y el nivel de CO en cada ubicación de la séptima pluralidad de ubicaciones.

En la etapa 250, el controlador 122 realiza una determinación de si (i) una octava pluralidad de ubicaciones que comprende un subconjunto de la primera pluralidad de ubicaciones, tiene niveles de espesor de escoria mayores que el nivel de espesor de escoria de umbral, y niveles de temperatura menores que o iguales al nivel de temperatura de umbral, y niveles de CO menores que o iguales al nivel de CO de umbral, y (ii) una novena pluralidad de ubicaciones que comprende otro subconjunto de la primera pluralidad de ubicaciones, tiene niveles de espesor de escoria menores que o iguales al nivel de espesor de escoria de umbral, y niveles de temperatura mayores que el nivel de temperatura de umbral, y niveles de CO mayores que el nivel de CO de umbral. Si el valor de la etapa 250 es igual a "sí", el procedimiento avanza a la etapa 252. De lo contrario, el procedimiento avanza a la etapa 264.

En la etapa 252, el controlador 122 ejecuta el módulo 174 de estimación de proporción de A/F espacial que utiliza el mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa para estimar una proporción de A/F en cada ubicación de la octava pluralidad de ubicaciones, basándose en la proporción de A/F en cada quemador de la primera pluralidad de quemadores, y para determinar una octava pluralidad de quemadores que comprende un subconjunto de la primera pluralidad de quemadores que influyen principalmente los niveles de espesor de escoria, los niveles de temperatura, y los niveles de CO en la octava pluralidad de ubicaciones.

En la etapa 254, el controlador 122 ejecuta el módulo 176 de estimación de CO, temperatura y escoria espacial para estimar un nivel de espesor de escoria, una cantidad de energía de calor y un nivel de CO que se generan mediante cada quemador de la primera pluralidad de quemadores en cada ubicación de la octava pluralidad de ubicaciones en el sistema 12 de caldera, basándose en la proporción de A/F estimada en la ubicación respectiva.

En la etapa 256, el controlador 122 disminuye al menos uno de un flujo de masa de aire-combustible para el al menos un quemador de la octava pluralidad de quemadores, y un flujo de masa de combustible para el al menos un quemador de la octava pluralidad de quemadores, para disminuir un índice de formación de escoria en la octava pluralidad de ubicaciones, basándose en el nivel de espesor de escoria estimado, la cantidad de energía de calor, y el nivel de CO en cada ubicación de la octava pluralidad de ubicaciones.

En la etapa 258, el controlador 122 ejecuta el módulo 174 de estimación de proporción de A/F espacial que utiliza el mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa para estimar una proporción de A/F en cada ubicación de la novena pluralidad de ubicaciones, basándose en la proporción de A/F en cada quemador de la primera pluralidad de quemadores, y para determinar una novena pluralidad de quemadores que comprende un subconjunto de la primera pluralidad de quemadores que influyen principalmente los niveles de espesor de escoria, los niveles de temperatura y los niveles de CO en la novena pluralidad de ubicaciones.

En la etapa 260, el controlador 122 ejecuta el módulo 176 de estimación de CO, temperatura y escoria espacial para estimar un nivel de espesor de escoria, una cantidad de energía de calor y un nivel de CO que se generan mediante cada quemador de la primera pluralidad de quemadores en cada ubicación de la novena pluralidad de ubicaciones en el sistema de caldera, basándose en la proporción de A/F estimada en la ubicación respectiva.

En la etapa 262, el controlador 122 incrementa al menos uno de un flujo de masa de aire-combustible para el al menos un quemador de la novena pluralidad de quemadores, y un flujo de masa de combustible para el al menos un quemador de la novena pluralidad de quemadores, basándose en el nivel de espesor de escoria estimado, la cantidad de energía de calor y el nivel de CO en cada ubicación de la novena pluralidad de ubicaciones.

En la etapa 264, el controlador 122 realiza una determinación de si (i) el sistema 12 de caldera tiene un dispositivo de suministro de compuestos de reducción de escoria, y (ii) una décima pluralidad de ubicaciones que comprende

un subconjunto de la primera pluralidad de ubicaciones, tiene niveles de espesor de escoria mayores que el nivel de espesor de escoria de umbral. Si el valor de la etapa 264 es igual a "sí", el procedimiento avanza a la etapa 266. De lo contrario, el procedimiento vuelve a la etapa 190.

5 En la etapa 266, el controlador 122 ejecuta el módulo 174 de estimación de proporción de A/F espacial que utiliza el mapa 172 de factor de influencia basado en flujo de masa para determinar una décima pluralidad de quemadores que comprende un subconjunto de la primera pluralidad de quemadores que influyen principalmente los niveles de espesor de escoria, los niveles de temperatura y los niveles de CO en la décima pluralidad de ubicaciones.

10 En la etapa 268, el controlador 122 induce al dispositivo 125 de suministro de compuesto de reducción de escoria a suministrar el compuesto de reducción de escoria a la décima pluralidad de quemadores para reducir un índice de formación de escoria en la décima pluralidad de ubicaciones. Después de la etapa 268, el procedimiento regresa a la etapa 190.

15 El sistema inventivo y el procedimiento para disminuir un índice de formación de escoria en ubicaciones predeterminadas dentro de un sistema de caldera proporcionan una ventaja sustancial sobre otros sistemas y procedimientos. En particular, estas realizaciones proporcionan el efecto técnico de ajustar al menos una de las proporciones de A/F, flujo de masa de aire-combustible, flujos de masa de combustible, y compuestos de reducción de escoria en quemadores predeterminados para disminuir un índice de formación de escoria en ubicaciones predeterminadas en el sistema de caldera.

20 Los procedimientos antes descritos pueden representarse en la forma de código de programa informático que contiene instrucciones representadas en medios tangibles, tales como disquetes flexibles, CD ROM, discos duros o cualquier otro medio de almacenamiento legible por ordenador, en el que, cuando el código de programa informático se carga y se ejecuta mediante un ordenador, el ordenador se convierte en un aparato para practicar la invención.

LISTA DE PIEZAS

25 sistema de generación de energía 10
sistema de caldera 12
sistema de control 13
generador de turbina 14
transportador 16
silo 18
30 alimentador de carbón 20
pulverizador de carbón 22
fuente de aire 24
chimenea 28
horno 40
35 porción de trayectoria trasera 42
colector de entrada de aire 44
válvulas reguladoras 45, 46
quemadores 47, 48, 50, 52
puerto de aire 53
40 conductos 59, 60, 62, 64, 66, 68
tubos dispuestos concéntricamente 70, 72, 74
válvulas 75, 77
válvulas de serpentín 80, 82, 84, 86, 88
accionador de aire de combustión 90
45 accionador de aire de sobrecalentamiento 92
sensores de CO 94, 96, 98, 99
sensores de temperatura 110, 112, 114, 115
sensores de detección de escoria 116, 118, 120, 121
sensores de flujo de aire en masa 117, 119
50 controlador 122
sensor de flujo de carbón 123
dispositivo de suministro de compuesto de reducción de escoria 125
unidad de procesamiento central (CPU) 130
memoria de solo lectura (ROM) 132
55 memoria de acceso aleatorio (RAM) 134
interfaz de entrada-salida (I/O) 136
conductos 150, 152, 154, 156
mapa de factor de influencia basado en flujo de masa 172
módulo de estimación de proporción de A/F espacial 174
módulo de estimación de CO 176

60

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para disminuir un índice de formación de escoria en ubicaciones predeterminadas dentro de un sistema (12) de caldera, teniendo el sistema (12) de caldera una primera pluralidad de quemadores (47, 48, 50, 52), una pluralidad de sensores (116, 118, 120, 121) de detección de escoria, una pluralidad de sensores (110, 112, 114, 115) de temperatura, y una pluralidad de sensores (94, 96, 98, 99) de CO dispuestos en su interior, comprendiendo el procedimiento:

recibir una primera pluralidad de señales desde la pluralidad de sensores (110, 112, 114, 115) de temperatura, dispuestos en el sistema (12) de caldera;
 determinar una pluralidad de niveles de temperatura en una primera pluralidad de ubicaciones en el sistema (12) de caldera basándose en la primera pluralidad de señales;
 recibir una segunda pluralidad de señales desde la pluralidad de sensores (94, 96, 98, 99) de CO dispuestos en el sistema (12) de caldera;
 determinar una pluralidad de niveles de CO en la primera pluralidad de ubicaciones basándose en la segunda pluralidad de señales;
 recibir una tercera pluralidad de señales desde la pluralidad de sensores (116, 118, 120, 121) de detección de escoria dispuestos en el sistema (12) de caldera;
 determinar una pluralidad de niveles de espesor de escoria en la primera pluralidad de ubicaciones basándose en la tercera pluralidad de señales;
 determinar una segunda pluralidad de ubicaciones que tengan niveles de espesor de escoria mayores que un nivel de espesor de escoria de umbral y niveles de temperatura mayores que un nivel de temperatura de umbral y niveles de CO mayores que un nivel de CO de umbral, siendo la segunda pluralidad de ubicaciones un subconjunto de la primera pluralidad de ubicaciones;
 determinar una segunda pluralidad de quemadores en el sistema (12) de caldera que contribuyen a la segunda pluralidad de ubicaciones que tenga niveles de espesor de escoria mayores que el nivel de espesor de escoria de umbral y niveles de temperatura mayores que el nivel de temperatura de umbral y niveles de CO mayores que el nivel de CO de umbral, siendo la segunda pluralidad de quemadores un subconjunto de la primera pluralidad de quemadores (47, 48, 50, 52); e
 incrementar una proporción de A/F de al menos un quemador de la segunda pluralidad de quemadores, para disminuir el índice de formación de escoria en la segunda pluralidad de ubicaciones, en el que determinar la segunda pluralidad de quemadores, comprende:

acceder a un mapa (172) de factor de influencia basado en flujo de masa que indica un flujo de masa de aire-combustible o un porcentaje de flujo de masa en cada ubicación de la segunda pluralidad de ubicaciones desde cada quemador de la primera pluralidad de quemadores (47, 48, 50, 52); e
 identificar quemadores desde la primera pluralidad de quemadores (47, 48, 50, 52) que tengan un flujo de masa de aire-combustible o un porcentaje de flujo de masa mayor que un valor predeterminado, para determinar la segunda pluralidad de quemadores;

comprendiendo el procedimiento además:

determinar una tercera pluralidad de ubicaciones que tenga niveles de espesor de escoria menores que o iguales al nivel de espesor de escoria de umbral o niveles de temperatura menores que o iguales al nivel de temperatura de umbral o niveles de CO menores que o iguales al nivel de CO de umbral, siendo la tercera pluralidad de ubicaciones un subconjunto de la primera pluralidad de ubicaciones;
 determinar una tercera pluralidad de quemadores en el sistema (12) de caldera que contribuyen a la tercera pluralidad de ubicaciones que tienen niveles de espesor de escoria menores que o iguales al nivel de espesor de escoria de umbral o niveles de temperatura menores que o iguales al nivel de temperatura de umbral o niveles de CO menores que o iguales al nivel de CO de umbral, siendo la tercera pluralidad de quemadores un subconjunto de la primera pluralidad de quemadores (47, 48, 50, 52); y

disminuir una proporción de A/F de al menos un quemador de la tercera pluralidad de quemadores.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que incrementar la proporción de A/F de al menos un quemador de la segunda pluralidad de quemadores incluye disminuir un flujo de masa de combustible en al menos un quemador de la segunda pluralidad de quemadores mientras se mantiene o disminuye un flujo de masa de aire que es suministrado al al menos un quemador de la segunda pluralidad de quemadores.

3. El procedimiento de la reivindicación 1 o 2, en el que disminuir la proporción de A/F de al menos un quemador de la tercera pluralidad de quemadores incluye disminuir un flujo de masa de aire en el al menos un quemador de la tercera pluralidad de quemadores mientras se mantiene o disminuye un flujo de masa de combustible que es suministrado al al menos un quemador de la tercera pluralidad de quemadores.

4. Un sistema (13) de control para disminuir un índice de formación de escoria en ubicaciones predeterminadas dentro de un sistema (12) de caldera, teniendo el sistema (12) de caldera una primera pluralidad de quemadores (47, 48, 50, 52), comprendiendo el sistema (13) de control:

una pluralidad de sensores (110, 112, 114, 115) de temperatura, dispuestos en el sistema (12) de caldera, estando configurada la pluralidad de sensores de temperatura para generar una primera pluralidad de señales indicativas de niveles de temperatura en una primera pluralidad de ubicaciones en el sistema (12) de caldera;

5 una pluralidad de sensores (94, 96, 98, 99) de CO dispuestos en el sistema (12) de caldera, estando configurada la pluralidad de sensores (94, 96, 98, 99) de CO para generar una segunda pluralidad de señales indicativas de niveles de CO en la primera pluralidad de ubicaciones en el sistema (12) de caldera;

10 una pluralidad de sensores (116, 118, 120, 121) de detección de escoria dispuestos en el sistema (12) de caldera, estando configurada la pluralidad de sensores (116, 118, 120, 121) de detección de escoria para generar una tercera pluralidad de señales indicativas de los espesores de escoria en la primera pluralidad de ubicaciones en el sistema (12) de caldera; y

15 un controlador (122) acoplado de manera operativa a la pluralidad de sensores (110, 112, 114, 115) de temperatura, y a la pluralidad de sensores (94, 96, 98, 99) de CO y a la pluralidad de sensores (116, 118, 120, 121) de detección de escoria, estando configurado el controlador (122) para determinar una pluralidad de niveles de temperatura en la primera pluralidad de ubicaciones basándose en la primera pluralidad de señales, estando configurado además el controlador (122) para determinar una pluralidad de niveles de CO en la primera pluralidad de ubicaciones basándose en la segunda pluralidad de señales, estando configurado además el controlador (122) para determinar una pluralidad de niveles de espesor de escoria en la primera pluralidad de ubicaciones basándose en la tercera pluralidad de señales, estando configurado además el controlador (122) para determinar una segunda pluralidad de ubicaciones que tengan niveles de espesor de escoria mayores que un nivel de espesor de escoria de umbral y niveles de temperatura mayores que un nivel de temperatura de umbral y niveles de CO mayores que un nivel de CO de umbral, siendo la segunda pluralidad de ubicaciones un subconjunto de la primera pluralidad de ubicaciones, estando configurado además el controlador (122) para determinar una segunda pluralidad de quemadores en el sistema (12) de caldera que contribuyen a la segunda pluralidad de ubicaciones que tienen niveles de espesor de escoria mayores que el nivel de espesor de escoria de umbral y niveles de temperatura mayores que el nivel de temperatura de umbral y niveles de CO mayores que el nivel de CO de umbral, siendo la segunda pluralidad de quemadores un subconjunto de la primera pluralidad de quemadores (47, 48, 50, 52), estando configurado además el controlador (122) para incrementar una proporción de A/F de al menos un quemador de la segunda pluralidad de quemadores, para disminuir el índice de formación de escoria en la segunda pluralidad de ubicaciones,

20 estando configurado además el controlador para acceder a un mapa (172) de factor de influencia basado en flujo de masa que indica un flujo de masa de aire-combustible o un porcentaje de flujo de masa en cada ubicación de la segunda pluralidad de ubicaciones desde cada quemador de la primera pluralidad de quemadores (47, 48, 50, 52); y para identificar quemadores de la primera pluralidad de quemadores (47, 48, 50, 52) que tengan un flujo de masa de aire-combustible o un porcentaje de flujo de masa mayor que un valor predeterminado, para determinar la segunda pluralidad de quemadores,

25 estando configurado además el controlador para determinar una tercera pluralidad de ubicaciones que tenga niveles de espesor de escoria menores que o iguales al nivel de espesor de escoria de umbral o niveles de temperatura menores que o iguales al nivel de temperatura de umbral o niveles de CO menores que o iguales al nivel de CO de umbral, siendo la tercera pluralidad de ubicaciones un subconjunto de la primera pluralidad de ubicaciones;

30 y para determinar una tercera pluralidad de quemadores en el sistema (12) de caldera que contribuyen a la tercera pluralidad de ubicaciones que tiene niveles de espesor de escoria menores que o iguales al nivel de espesor de escoria de umbral o niveles de temperatura menores que o iguales al nivel de temperatura de umbral o niveles de CO menores que o iguales al nivel de CO de umbral, siendo la tercera pluralidad de quemadores un subconjunto de la primera pluralidad de quemadores (47, 48, 50, 52); y

35 para disminuir una proporción de A/F de al menos un quemador de la tercera pluralidad de quemadores.

40

45

FIG. 1

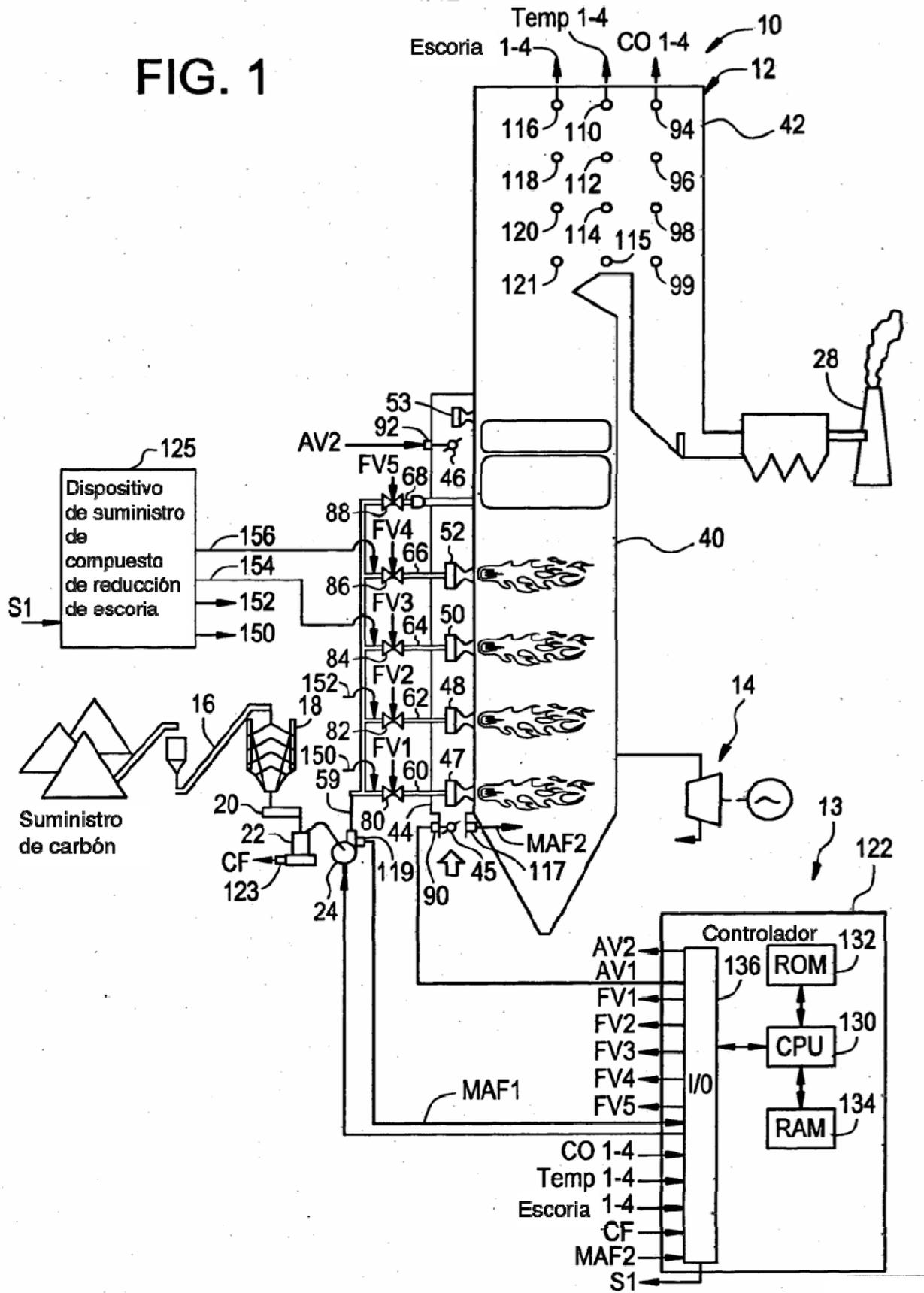


FIG. 2

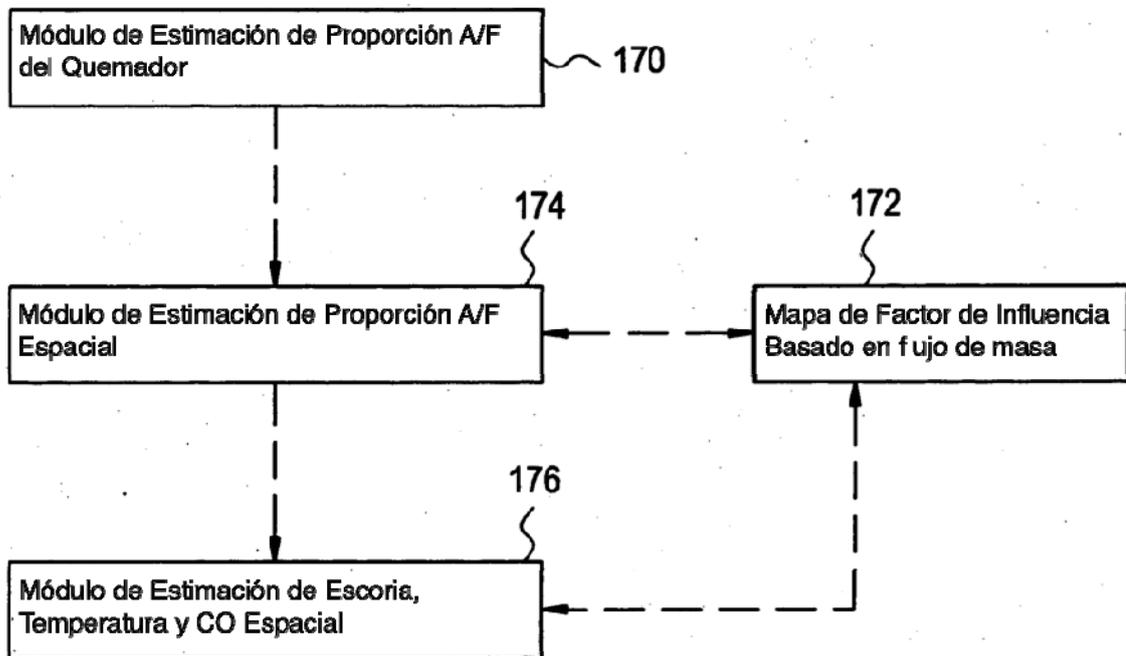


FIG. 3

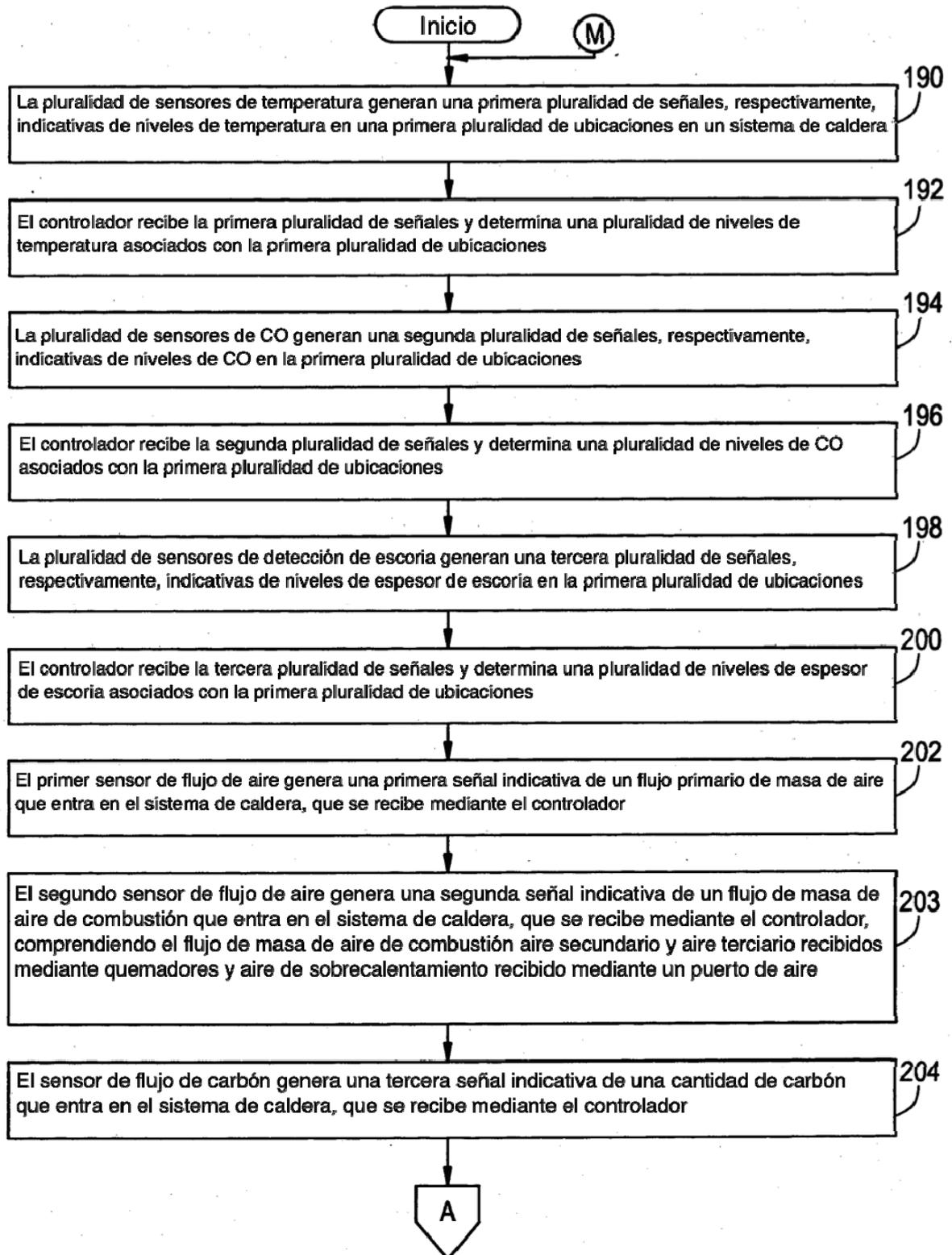


FIG. 4

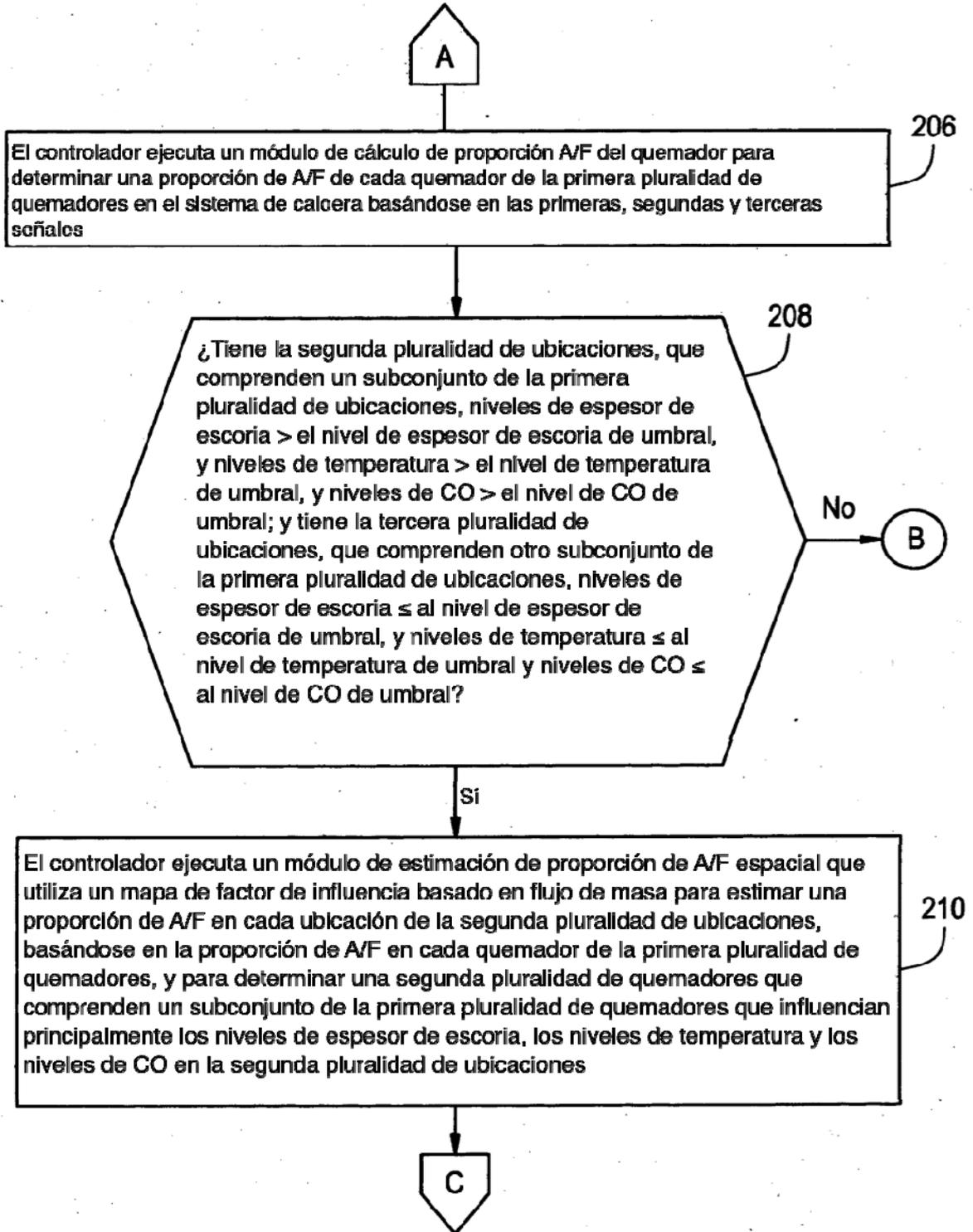


FIG. 5

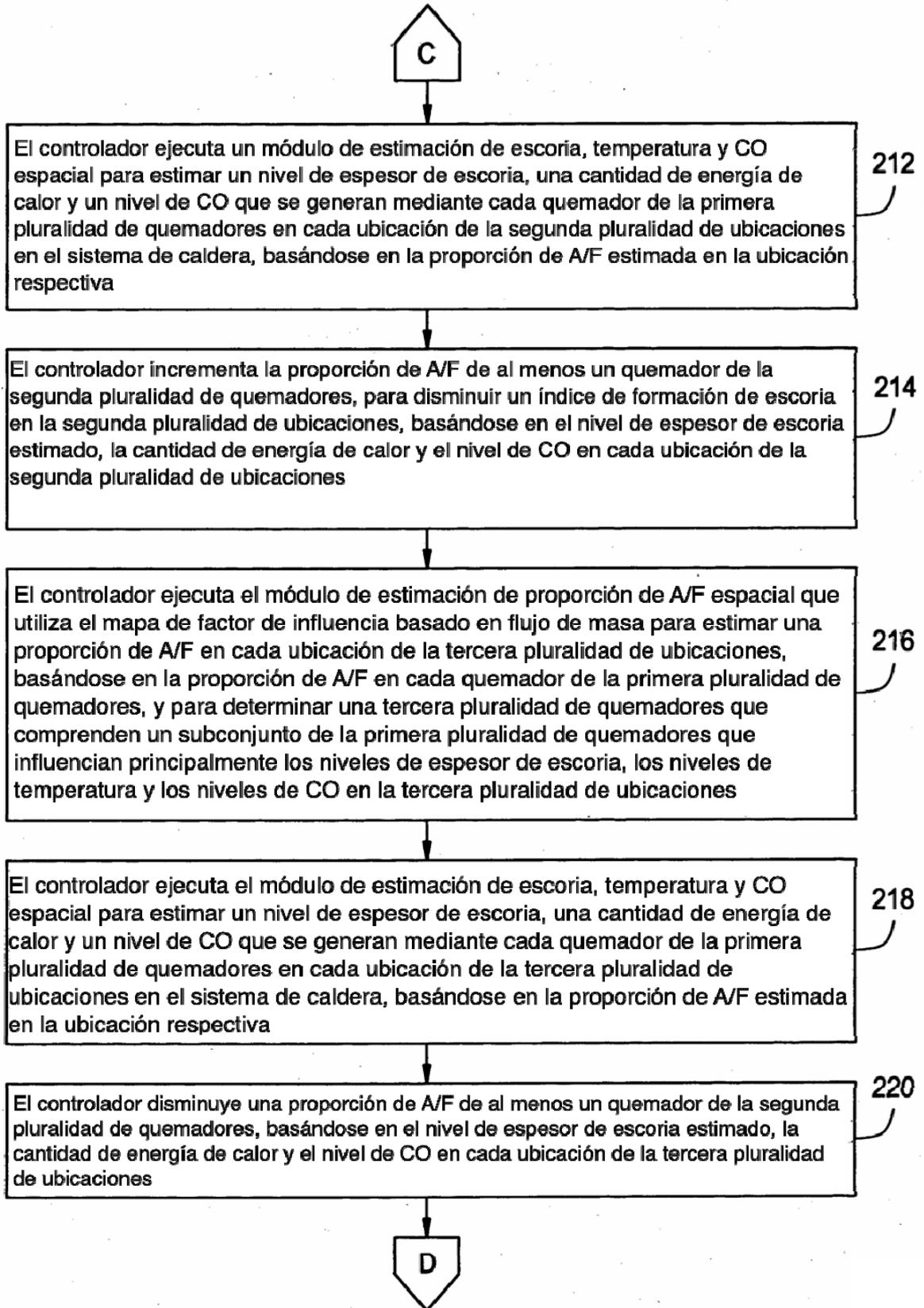


FIG. 6

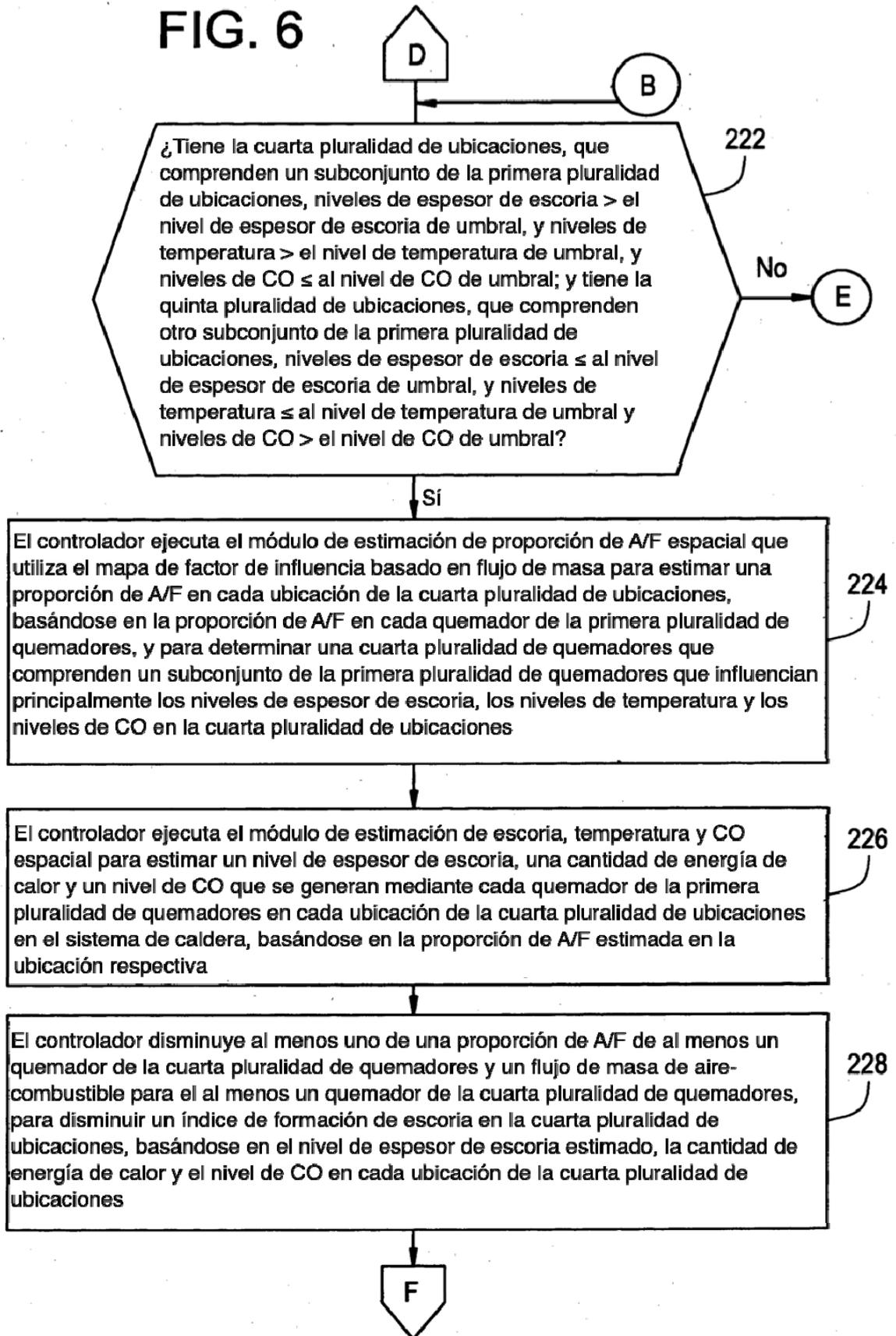


FIG. 7

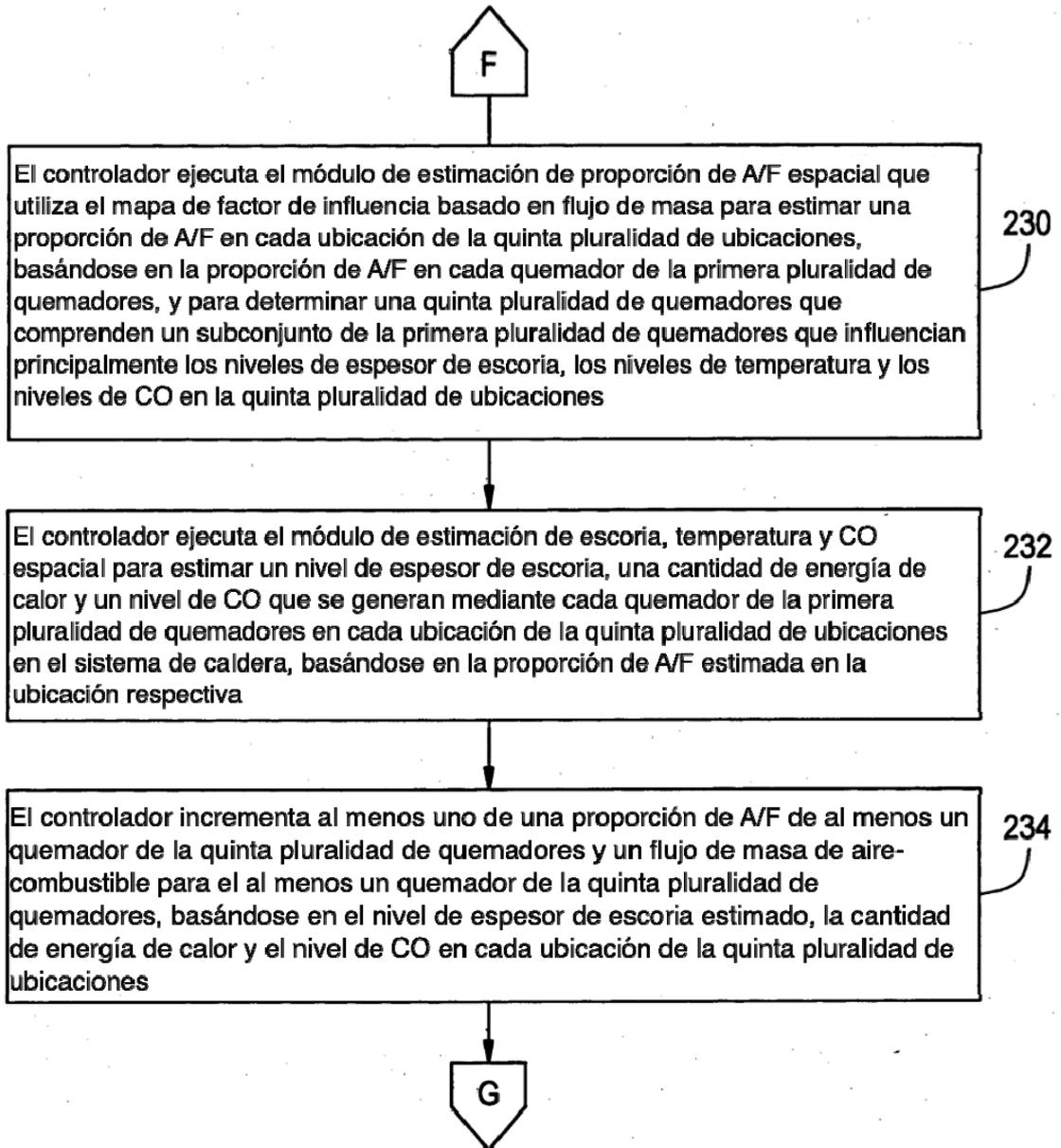


FIG. 8

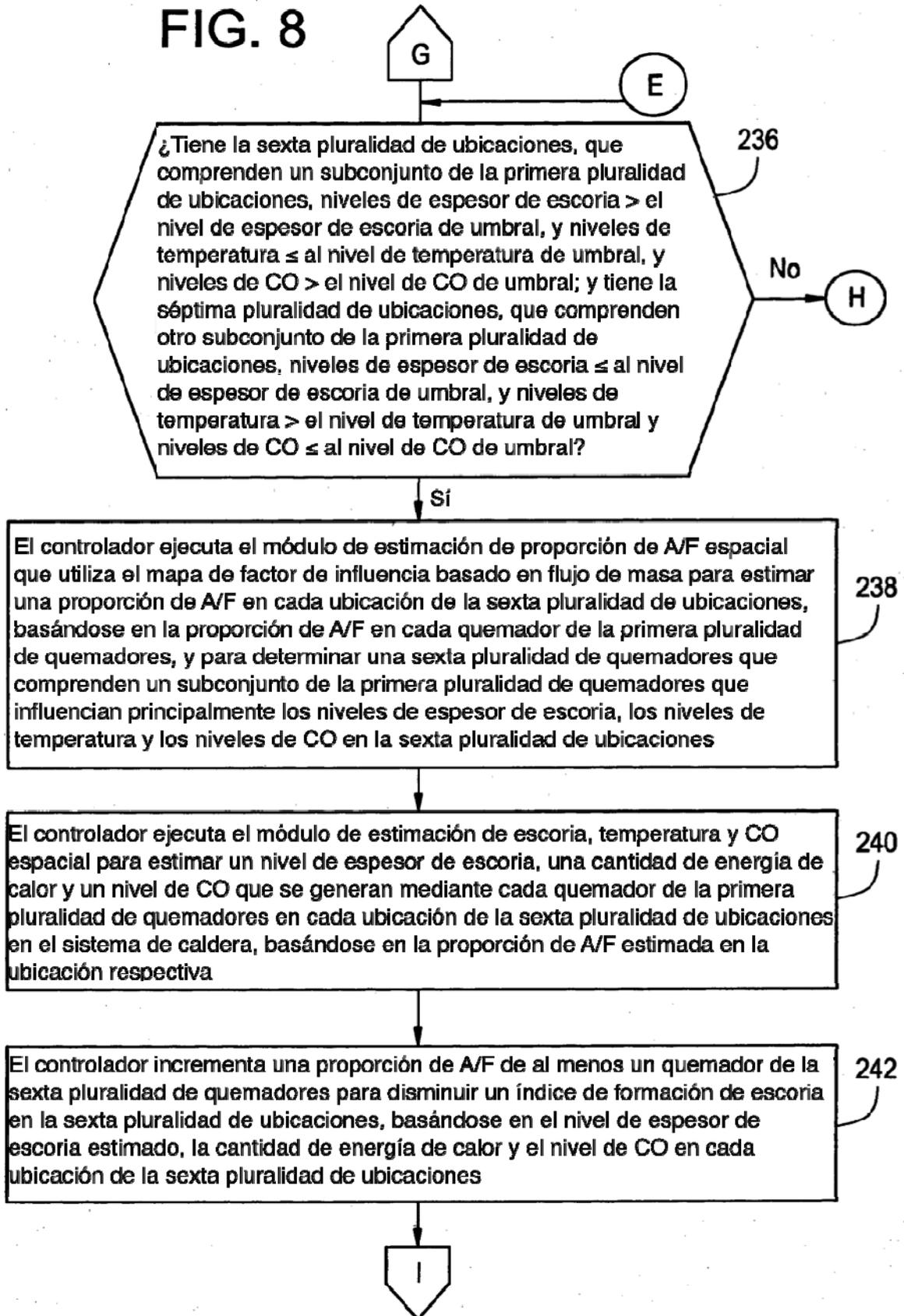


FIG. 9

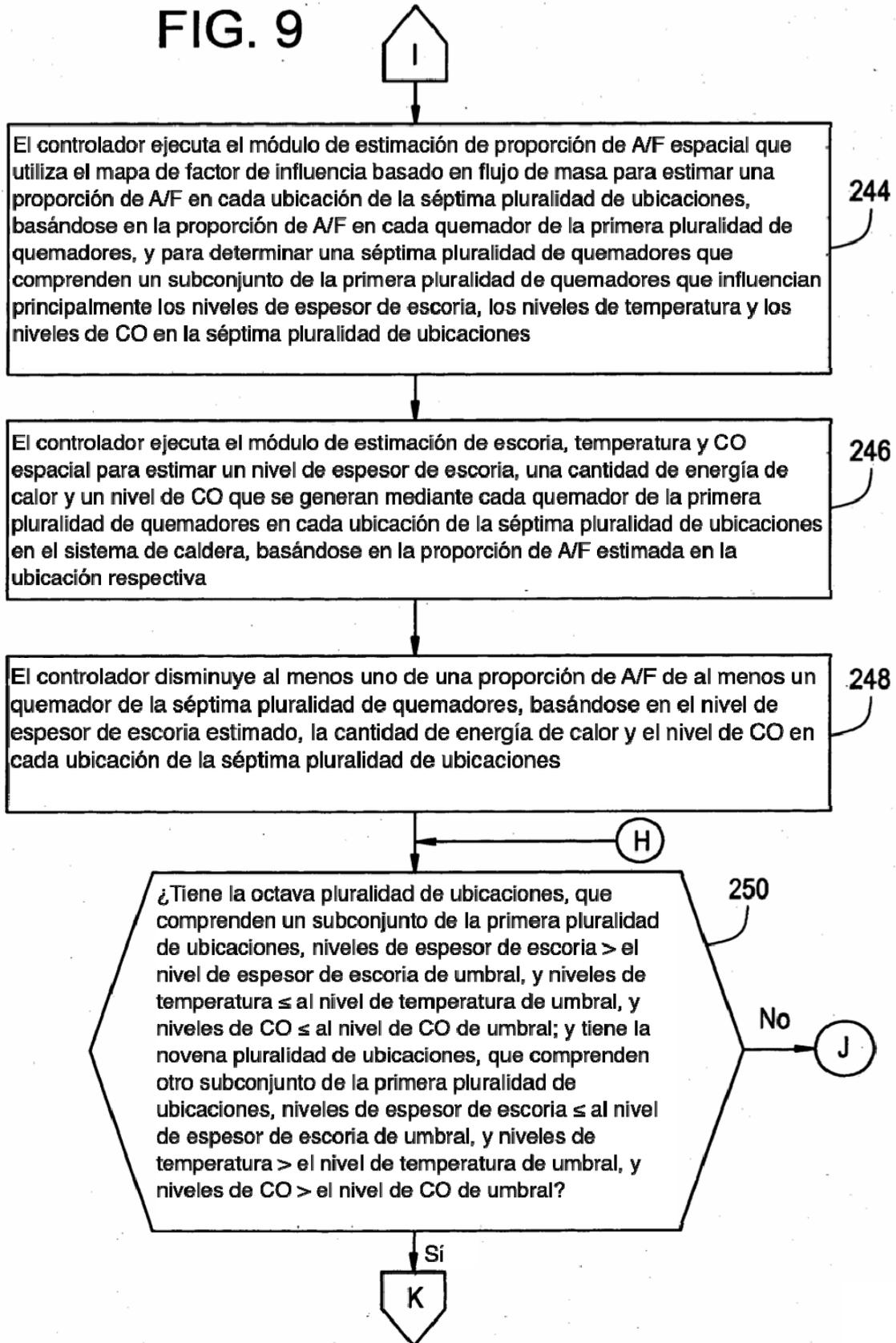


FIG. 10

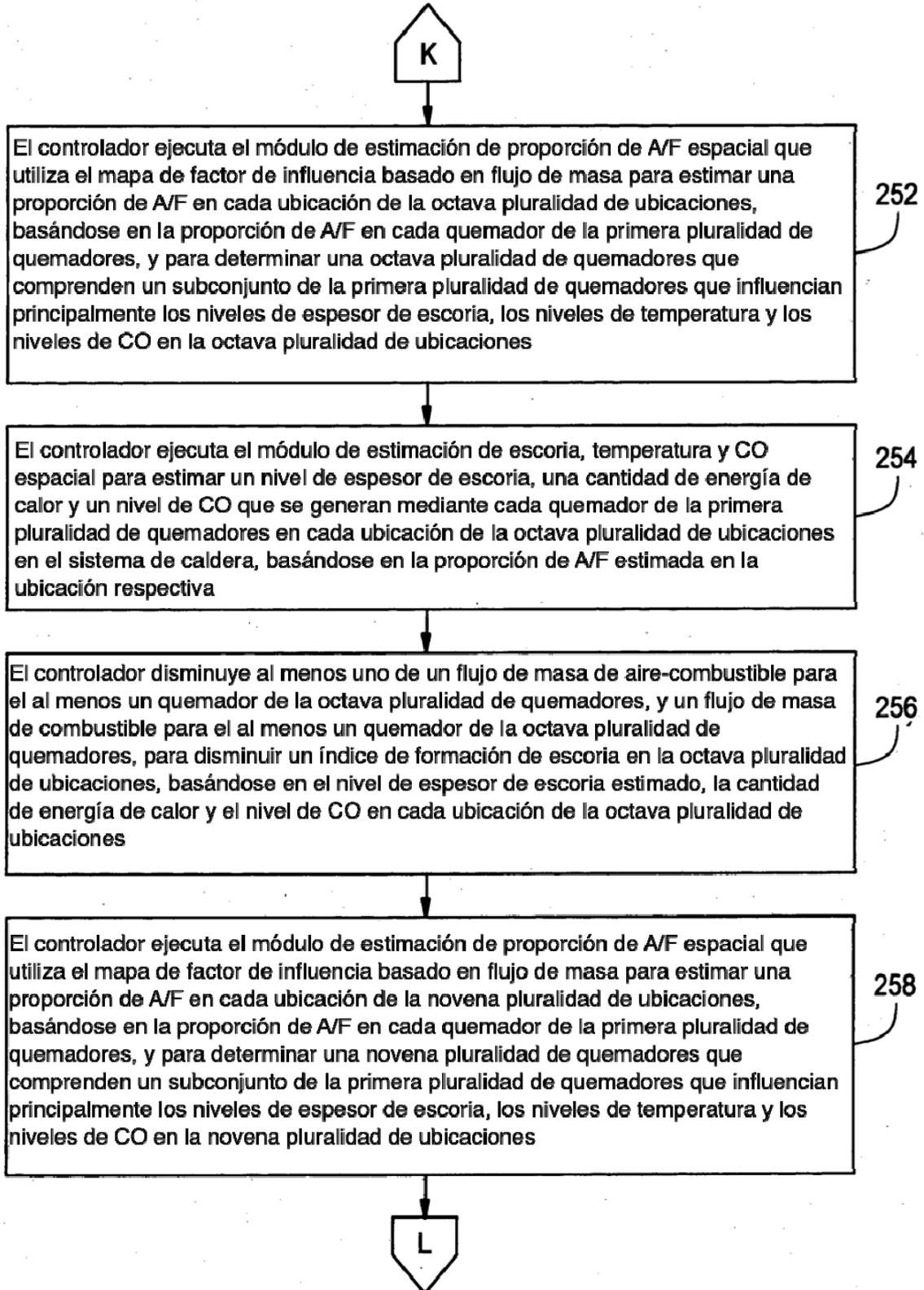


FIG. 11

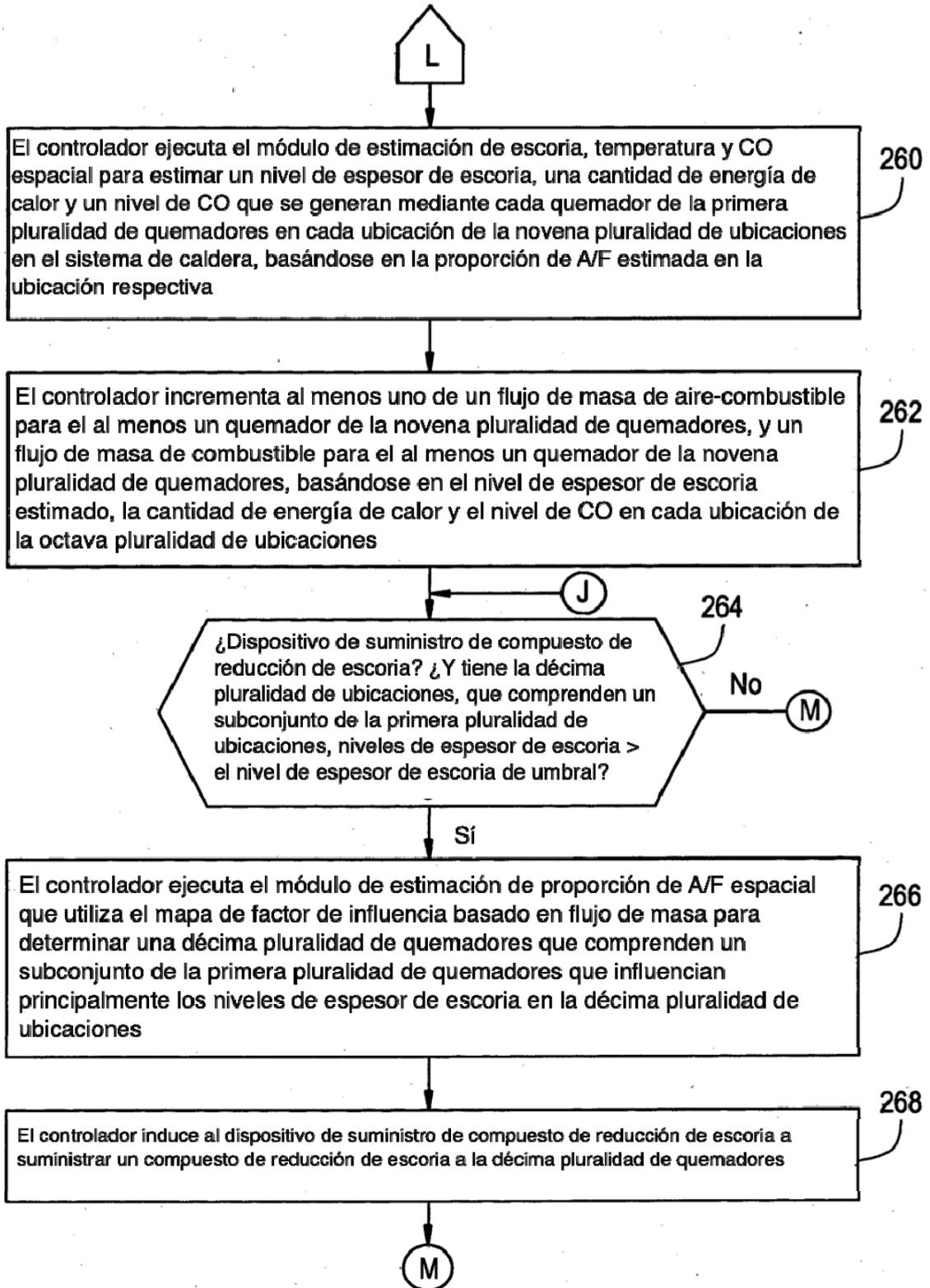


FIG. 12

