(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 429 410**

(51) Int. Cl.:

G02B 17/00 (2006.01)
E04D 13/03 (2006.01)
F24J 2/54 (2006.01)
F21S 11/00 (2006.01)
F21V 17/02 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.05.2007** **E 07797814 (6)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2013** **EP 2030060**

(54) Título: **Sistema reflector de seguimiento solar para iluminar estructuras**

(30) Prioridad:

25.05.2007 US 754156
27.05.2006 US 803362 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.11.2013

(73) Titular/es:

CIRALIGHT GLOBAL, INC. (100.0%)
670 E Parkridge Avenue, Suite 112
Corona, CA 92879-1095, US

(72) Inventor/es:

BRIEE, STEVEN;
CHACE, ARTNER, B.;
DAUNIS, EUGENE, J. y
MALLORY, RAYNOR, A.

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 429 410 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 reflector de seguimiento solar para iluminar estructuras

Campo técnico

La presente invención está en el campo de la iluminación interior de edificios usando luz solar reflejada a través de una abertura en el techo (por ejemplo, una claraboya).

Antecedentes de la técnica

Las claraboyas proporcionan luz solar natural a lugares interiores de un edificio que recibe poca o ninguna luz a través de ventanas. Aunque las claraboyas pasivas son adecuadas en algunas situaciones, por lo general tales claraboyas sólo proporcionan una iluminación suficiente cuando el sol está en o cerca de su cenit. Durante los meses de invierno, el sol está tan bajo en el cielo del sur (suponiendo que el edificio se encuentre en el hemisferio norte) que la iluminación que proporciona una claraboya no es suficiente, incluso aunque el sol esté en el cenit.

Muchos mecanismos han sido desarrollados en respuesta al problema anterior. Por ejemplo, las patentes US 5.999.323 (Wood), 6.433.932 (Aoki et al.), 6.493.145 (Aoki et al.), y 6.801.361 (Aoki et al.) ilustran una serie de mecanismos para reflejar la luz solar a través de una claraboya para iluminar el interior de un edificio. Los mecanismos incluyen uno o más espejos colocados en ángulo con respecto a la vertical, de manera que cuando el sol se coloca bajo en el cielo, la luz solar se refleje hacia abajo en el interior del edificio. Los mecanismos están motorizados para que cada espejo se oriente hacia el sol y siga el movimiento aparente del sol a través del cielo. Por tanto, la luz solar se refleja durante la mañana y la tarde, así como durante el mediodía.

La US 5.999.323 describe un reflector solar activo, montado preferiblemente en el interior de una cúpula transparente, que sigue el sol desde el amanecer hasta la puesta del sol para reflejar la radiación solar que incide en una habitación u otro espacio a iluminar. La US 2004/0050380 da a conocer un aparato de iluminación solar del tipo de seguimiento del sol para guiar la luz solar al interior de un edificio utilizando medios que reflejan la luz, comprendiendo el aparato medios para reflejar la luz solar, medios de accionamiento para accionar los medios que reflejan la luz, medios de control para controlar los medios de accionamiento para orientar los medios que reflejan la luz hacia la dirección del sol, y medios de fuente de alimentación para suministrar energía eléctrica a los medios de accionamiento y a los medios de control. La DE 102005042478 da a conocer un sistema para plantas solares con una superficie que puede ser alineada, la cual está montada en un soporte.

Aunque los mecanismos conocidos proporcionan ventajas con respecto a las claraboyas pasivas, los mecanismos incluyen estructuras y mecanismos de control complicados y, por tanto, tienden a ser poco fiables y costosos de adquirir, instalar y mantener. Continúa existiendo la necesidad de un dispositivo de seguimiento solar instalado en el interior que sea fiable y de bajo costo y que sea fácil de instalar, y que requiera poco o ningún mantenimiento.

Descripción de la invención

La presente invención proporciona un dispositivo de seguimiento solar de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas. El dispositivo de seguimiento solar se puede montar sobre una claraboya de un edificio e incluye una estructura de soporte vertical que recibe el árbol de un cabezal de control motorizado (o caja de control). El cabezal de control encierra circuitería de control y un motor. Un árbol que se extiende desde el cabezal de control se mantiene en una posición fija mediante la estructura de soporte vertical, de manera que cuando funciona el motor, el bastidor del motor gira alrededor del árbol junto con la caja de control. La rotación de la caja de control se controla de manera que la caja de control siga generalmente el movimiento aparente del sol durante las horas de luz del día.

Una estructura de soporte de espejo soporta una pluralidad de espejos que se colocan en ángulo para reflejar la luz solar a través de la claraboya. La estructura de soporte de espejo se acopla mecánicamente a la caja de control y gira con la caja de control.

Un conjunto de paneles solares también se acopla mecánicamente a la caja de control y se coloca orientado hacia el sol cuando los espejos se colocan orientados hacia el sol. El conjunto de paneles solares produce energía eléctrica a partir de energía solar. La energía eléctrica se comunica a un sistema de almacenamiento dentro de la caja de control. El sistema de almacenamiento proporciona energía eléctrica a la circuitería de control y, por tanto, al motor. No se proporciona alimentación eléctrica externa al dispositivo de seguimiento solar. El sistema de almacenamiento almacena una cantidad suficiente de energía para mantener el funcionamiento del dispositivo de seguimiento solar incluso aunque el sol esté ocluido durante varios días sucesivos. El sistema de almacenamiento se reabastece rápidamente cuando el conjunto de paneles solares se expone al sol.

De acuerdo con una primera realización preferida, un sistema de seguimiento solar que se puede instalar sobre una claraboya de un edificio incluye una caja de control. Un motor eléctrico dentro de la caja de control acciona la caja de control alrededor de un árbol que se extiende por debajo de la caja de control. Una estructura de soporte vertical se

puede colocar por encima de una parte central de la claraboya. La estructura de soporte vertical tiene una parte superior que recibe el árbol que se extiende desde la caja de control. Un circuito de control de movimiento dentro de la caja de control controla el motor para hacer que la caja de control gire alrededor del árbol extendido. Un circuito de alimentación de tensión dentro de la caja de control proporciona energía eléctrica al circuito de control de movimiento y al motor. Un conjunto de paneles solares acoplado mecánica y eléctricamente a la caja de control produce energía eléctrica en respuesta a la luz solar y proporciona energía eléctrica al circuito de alimentación de tensión dentro de la caja de control, suficiente para hacer funcionar la caja de control sin ninguna otra fuente de alimentación eléctrica. Al menos un espejo se acopla a la caja de control para girar con la caja de control. El espejo se coloca en ángulo para reflejar la luz solar a través de la claraboya, en el edificio. En la realización ilustrada del sistema de seguimiento solar, el circuito de control de movimiento hace girar intermitentemente la caja de control durante las horas diurnas para colocar el espejo hacia posiciones calculadas del sol. El circuito de control de movimiento hace girar la caja de control al final de un día a una posición calculada del sol al amanecer del siguiente día siguiente. El circuito de control de movimiento calcula la posición de la posición azimutal del sol en base a la fecha y la hora del día y en base a al menos la posición de latitud y longitud del sistema de seguimiento solar. En determinadas realizaciones, la posición de latitud y longitud se almacenan de forma permanente en una memoria no volátil dentro de la circuitería de control de movimiento. En otras realizaciones, la posición de la latitud y longitud y la fecha y la hora del día se obtienen mediante el acceso a un receptor de posicionamiento global incorporado en la circuitería de control de movimiento.

En una realización particularmente preferida, el circuito de alimentación de tensión comprende unos circuitos generadores de tensión primero, segundo, tercero y cuarto. El primer circuito generador de tensión comprende componentes pasivos acoplados a la salida eléctrica del conjunto de paneles solares para cargar al menos un primer condensador de almacenamiento a una tensión variable. La tensión variable a través del condensador de almacenamiento se limita a un valor máximo mediante un primer dispositivo limitador de tensión. El segundo circuito generador de tensión comprende también componentes pasivos acoplados a la salida eléctrica del conjunto de paneles solares. El segundo circuito generador de tensión comprende un segundo dispositivo limitador de tensión para proporcionar una tensión de salida limitada. La tensión de salida limitada se proporciona a un nodo de tensión común, que está acoplado a los terminales de entrada de energía de los dispositivos digitales en el circuito de control de movimiento. El tercer circuito generador de tensión comprende un reductor de tensión acoplado para recibir la tensión variable procedente del primer circuito de tensión. El reductor de tensión produce una primera tensión constante cuando es activado por el circuito de control de movimiento. La primera tensión constante se proporciona como una fuente de alimentación al motor eléctrico. El cuarto circuito generador de tensión comprende un elevador de tensión acoplado para recibir la primera tensión constante. El elevador de tensión produce una segunda tensión constante cuando es activado por la unidad de control de movimiento. La segunda tensión constante se proporciona al nodo de tensión común de manera que la tensión en el nodo de tensión común es la tensión más alta entre la tensión de salida limitada del segundo circuito generador de tensión o la segunda tensión constante. Un segundo condensador de almacenamiento está acoplado al nodo de tensión común para ser cargado por la tensión más alta entre la tensión de salida limitada del segundo circuito generador de tensión o la segunda tensión constante del cuarto circuito generador de tensión. El segundo condensador de almacenamiento suministra energía eléctrica al nodo de tensión común cuando la tensión de salida limitada y la segunda tensión constante son ambas menores que la tensión a través del segundo condensador de almacenamiento. Preferiblemente, el reductor de tensión es activado selectivamente por una señal de activación proveniente del circuito de control de movimiento. La señal de activación se mantiene en un estado inactivo hasta que el circuito de control de movimiento recibe del primer circuito generador de tensión una tensión suficiente para ser totalmente operativo.

Preferiblemente, el primer condensador de almacenamiento es un supercondensador que tiene una capacitancia de por lo menos 1 faradio. También preferiblemente, el segundo condensador de almacenamiento es un supercondensador.

En una segunda realización, la caja de control para el sistema de seguimiento solar tiene una pared exterior que está atravesada por al menos dos aberturas. Las dos aberturas están situadas en la pared exterior de manera que una de las aberturas se orienta hacia el sol cuando la posición angular del conjunto de paneles solares y el al menos un espejo desfasan la posición aparente del sol al menos una cantidad angular. La otra abertura se orienta hacia el sol cuando la posición angular del conjunto de paneles solares y el al menos un espejo guían la posición aparente del sol al menos aproximadamente la misma cantidad angular. Al menos un fotodetector está situado dentro de la caja de control. El fotodetector está dispuesto con respecto a las dos aberturas de manera que el fotodetector está a la sombra de la pared exterior cuando el conjunto de paneles solares y el al menos un espejo se encuentran orientados hacia el sol. Cuando el fotodetector no recibe la luz solar, está inactivo. El fotodetector recibe la luz solar y produce una señal de salida cuando cualquiera de las dos aberturas se encuentra orientada hacia el sol. Si una de las aberturas se encuentra orientada hacia el sol, la posición angular del conjunto de paneles solares y el al menos un espejo se encuentran bien guiando o bien desfasando la posición angular del sol. En consecuencia, el conjunto de paneles solares produce menos energía y el al menos un espejo no refleja la cantidad máxima de luz solar. La circuitería de control responde a la señal de salida producida por el fotodetector y ajusta la velocidad de rotación del motor. La circuitería de control ajusta temporalmente la velocidad de rotación para hacer girar la caja de control hasta que el fotodetector ya no produce una señal de salida causada por la luz a través de la abertura que estaba orientada hacia el sol. La circuitería de control continúa girando la caja de control una distancia angular suficiente

para exponer el fotodetector a la luz a través de la otra abertura. Si el fotodetector no produce una señal cuando la caja de control ha girado la distancia angular suficiente, entonces la otra abertura debe situarse en la dirección angular opuesta. Si la luz de la segunda abertura no se detecta al girar en la dirección original, la circuitería de control invierte la dirección de rotación. Después de girar la distancia angular suficiente en la segunda dirección, el fotodetector detecta de nuevo la luz a través de la primera abertura. La circuitería de control continúa girando en la dirección inversa a la mayor velocidad de rotación hasta que el fotodetector detecta la luz a través de la segunda abertura. Cuando el fotodetector detecta la luz a través de la segunda abertura, el sistema de control es capaz de determinar si la velocidad de rotación original era demasiado rápida o demasiado lenta. En particular, si se detecta la luz proveniente de la segunda abertura cuando gira a la mayor velocidad de rotación en la dirección original, la velocidad de rotación original era demasiado lenta. En consecuencia, es necesario incrementar la velocidad de rotación. Si se detecta la segunda abertura cuando gira a la mayor velocidad de rotación en la segunda dirección, la velocidad de rotación original era demasiado rápida. En consecuencia, es necesario disminuir la velocidad de rotación.

Antes de ajustar la velocidad de rotación, la circuitería de control en la segunda realización devuelve primero la caja de control a una posición en la que el fotodetector se encuentra protegido de la luz solar y en la que el conjunto de paneles solares y el al menos un espejo se encuentran orientados hacia el sol. La circuitería de control es capaz de determinar la dirección y la distancia angular para girar la caja de control debido a que las operaciones anteriores han identificado qué abertura permite que la luz incida sobre el fotodetector. También se conoce la distancia angular recorrida entre las posiciones angulares cuando el fotodetector está activo. En consecuencia, la circuitería de control mueve la caja de control una distancia angular de aproximadamente la mitad de la distancia angular entre las dos posiciones activas.

En aplicaciones preferidas de la segunda realización, la circuitería de control aumenta o disminuye la velocidad de rotación original una cantidad específica cada vez que la circuitería de control realiza las operaciones anteriores. En aplicaciones preferidas, la circuitería de control varía la magnitud del cambio de la velocidad de rotación de acuerdo con el tiempo transcurrido desde el ajuste anterior. Por tanto, el sistema de control ajusta gradualmente la velocidad de rotación para que coincida estrechamente con la velocidad aparente de movimiento del sol.

La circuitería de control de la segunda realización, se adapta a una nueva instalación girando la caja de control a una velocidad superior cuando se instala inicialmente hasta que el fotodetector detecta la luz a través de cada abertura. La circuitería de control determina a partir de los tiempos en los que el fotodetector produce la señal de salida, si el sistema está instalado en el hemisferio norte o en el hemisferio sur. El circuito de control selecciona la dirección normal de rotación de acuerdo con la posición en la que se instale el sistema.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describen ciertas realizaciones de acuerdo con la presente invención en relación a las figuras de los dibujos adjuntos en los que:

La figura 1 ilustra una realización de un sistema de seguimiento solar que comprende una estructura de soporte, una caja de control giratoria, un conjunto de paneles solares que genera energía, una barra de soporte de espejos, y una pluralidad de espejos;

La figura 2 ilustra una vista en alzado del sistema de seguimiento solar de la figura 1;

La figura 3 ilustra una vista en alzado en sección transversal ampliada de la caja de control y de una parte de la barra de soporte de espejos de la figura 1;

La figura 4 ilustra una vista en planta en sección transversal de la caja de control de la figura 1;

La figura 5 ilustra una vista en alzado en sección transversal parcial ampliada de la estructura de soporte vertical y del árbol de motor de la figura 1;

La figura 6 ilustra un diagrama de bloques de la circuitería eléctrica de la caja de control de la figura 1;

Las figuras 7A, 7B y 7C ilustran el efecto de la rotación rápida o lenta de la luz detectada por el fotodetector interno en la realización de la figura 1, en donde la figura 7A ilustra la caja de control giratoria sincronizada correctamente con la posición solar, la figura 7B ilustra la caja de control giratoria en una posición causada por la rotación demasiado rápida, y la figura 7C ilustra la caja de control giratoria en una posición causada por la rotación demasiado lenta;

La figura 8 ilustra un diagrama de flujo del funcionamiento de la circuitería eléctrica de la figura 6 para corregir la velocidad de rotación;

La figura 9 ilustra un diagrama de flujo del funcionamiento de la circuitería eléctrica de la figura 6 en la puesta en marcha para determinar el hemisferio en el que está instalado el sistema;

La figura 10 ilustra un diagrama de flujo del funcionamiento de la circuitería eléctrica de la figura 6, en respuesta al nivel de carga de la unidad de almacenamiento de energía menor que un nivel predeterminado;

La figura 11 ilustra el sistema de seguimiento solar de la figura 1 instalado en un par de barras (mostradas en sección transversal parcial) próximas a una claraboya con una cúpula protectora transparente (mostrada en líneas de trazos) en posición sobre el sistema de seguimiento solar;

La figura 12 ilustra una vista en perspectiva de una segunda realización de acuerdo con otros aspectos de la presente invención;

La figura 13 ilustra una vista en perspectiva parcialmente despiezada de la realización de la figura 12;

La figura 14 ilustra una vista en perspectiva ampliada de la realización de las figuras 12 y 13 más despiezada, para mostrar la instalación del árbol del cabezal de control en el poste de soporte;

La figura 15 ilustra una vista en planta superior del cabezal de control de las figuras 12-14, parcialmente cortada para mostrar el motor interno y la disposición del engranaje;

La figura 16 ilustra una vista en perspectiva despiezada del cabezal de control generalmente mirando desde arriba el cabezal de control;

La figura 17 ilustra una vista en perspectiva despiezada del cabezal de control generalmente mirando desde abajo el cabezal de control;

La figura 18 ilustra una vista en sección transversal del cabezal de control tomada por las líneas 18-18 de la figura 15;

La figura 19 ilustra un diagrama de bloques esquemático de la circuitería electrónica en la tarjeta de circuitos dentro del cabezal de control de las figuras 12-17;

La figura 20 (que comprende las figuras 20A y 20B) ilustra una rutina principal de funcionamiento que se ejecuta cuando el procesador de control de la figura 19 se pone en marcha inicialmente desde una condición de restablecimiento;

La figura 21 (que comprende las figuras 21A, 21B, 21C y 21D) ilustra la rutina de control de movimiento que es requerida por la rutina principal de la figura 20; y

La figura 22 ilustra la rutina de disminución de energía que es activada por la rutina principal de la figura 20 y la rutina de control de movimiento de la figura 21.

Modos de llevar a cabo la invención

Las figuras 1-6 ilustran una realización de un sistema de seguimiento solar 100. El sistema de seguimiento solar incluye una estructura de soporte 110, que comprende un tubo vertical 112 instalado en el punto medio aproximado de una barra horizontal 114. La barra incluye una primera abrazadera de montaje 116 en un extremo y una segunda abrazadera de montaje 118 en un extremo opuesto. Las abrazaderas de montaje están separadas entre sí una distancia que corresponde a una distancia a través de una claraboya convencional de un edificio. Las barras horizontales más cortas o más largas se pueden utilizar para claraboyas más pequeñas o más grandes. La estructura de soporte soporta una caja de control 120 a través de un árbol de motor 122 que se extiende verticalmente desde la parte inferior de la caja de control. El extremo inferior del árbol de motor se inserta en el extremo superior del tubo vertical, como se muestra en la figura 5. Como se muestra en sección transversal en la figura 3, un motor 124 dentro de la caja de control hace que la caja de control gire alrededor de una línea central 126 definida por el árbol de motor.

Un conjunto de paneles solares 130 está acoplado a la caja de control y gira con la caja de control. Como se describe a continuación, el conjunto de paneles solares genera energía eléctrica para la circuitería de control y un motor de accionamiento. La energía eléctrica del conjunto de paneles solares se almacena en una unidad de almacenamiento de energía 132 que se muestra en las figuras 3 y 4.

Una barra de soporte de espejos 140 está acoplada a la caja de control y también gira con la caja de control. Una pluralidad de espejos que comprende un primer espejo 150, un segundo espejo 152 y un tercer espejo 154 son soportados por la barra de soporte de espejos. En la realización ilustrada, los tres espejos están formados como superficies generalmente planas, sin embargo, en realizaciones alternativas (no mostradas), los tres espejos pueden

tener superficies ligeramente curvadas. En el siguiente análisis, debe entenderse que las referencias a las superficies planas de los espejos abarcan las superficies ligeramente curvadas de las realizaciones alternativas.

En la realización ilustrada, la barra de soporte 140 tiene una primera parte 142, generalmente horizontal, que está colocada por debajo de la caja de control 120 y se extiende hacia atrás desde la caja de control. En esta descripción, "hacia delante" se define como la parte periférica de la caja de control en la dirección hacia el conjunto de paneles solares 130 (a la derecha en la figura 2), y "hacia atrás" se define en la dirección opuesta (a la izquierda en la figura 2). Cuando gira la caja de control, la primera parte gira en un plano horizontal (no mostrado). La barra de soporte tiene una segunda parte 144 que se extiende hacia delante desde la primera parte y está dispuesta hacia abajo en un ángulo de aproximadamente entre 20 y 25 grados con respecto al plano horizontal en el que gira la primera parte.

El primer espejo 150 está dispuesto en la primera parte 142 de la barra de soporte 140 y está próximo a la parte más posterior de la barra de soporte. En la realización ilustrada, una parte superior (por ejemplo, aproximadamente un tercio de la altura) del primer espejo se extiende por encima de la barra de soporte hasta un borde superior 160 y una parte inferior (por ejemplo, aproximadamente dos tercios de la altura) del primer espejo se extiende por debajo de la barra de soporte hasta un borde inferior 162. Los tamaños relativos de las dos partes del primer espejo son sólo ilustrativos y no se pretende que sean limitativos.

El primer espejo tiene una superficie frontal 164 orientada hacia la caja de control 120 y tiene una superficie posterior opuesta 166. La superficie frontal es altamente pulida o recubierta para hacer que la superficie frontal sea altamente reflectante. El espesor del primer espejo entre la superficie frontal y la superficie posterior se selecciona para proporcionar una resistencia suficiente sin ser demasiado pesado. Por ejemplo, en la realización ilustrada, el primer espejo comprende ventajosamente aluminio u otro material adecuado que tenga un espesor de aproximadamente entre 2 y 10 milímetros.

En la realización ilustrada, el primer espejo 150 incluye un orificio 170 dimensionado para permitir que la primera parte 142 de la barra de soporte 140 pase a través del espejo. El primer espejo incluye una primera cinta de refuerzo generalmente horizontal 172 dispuesta a través de la superficie posterior por debajo del orificio 170. Una segunda cinta de refuerzo generalmente horizontal 174 está dispuesta en la superficie frontal próxima al borde inferior 162. Una tercera cinta de refuerzo horizontal más corta 176 está dispuesta ventajosamente en la superficie frontal justo por debajo del orificio. Una abrazadera de montaje 178 (figura 2) está montada en la superficie posterior del espejo por debajo del orificio, en yuxtaposición a la tercera cinta de refuerzo. Las tres tiras de refuerzo y la abrazadera de montaje están unidas al primer espejo mediante una pluralidad de elementos de fijación adecuados (por ejemplo, remaches, tornillos, o similares) que pasan a través del espesor del primer espejo. Como se muestra en la figura 2, la abrazadera de montaje está asegurada en la primera parte de la barra de soporte, que se extiende a través del orificio.

Como se muestra más claramente en la vista en alzado de la figura 2, el primer espejo 150 está dispuesto en un ángulo de aproximadamente entre 20 y 25 grados con respecto a la vertical, de tal manera que el borde inferior 162 está más lejos de la línea central 126 que el borde superior 160. Un cable 180 se extiende hacia abajo desde la parte más posterior de la primera parte 142 de la barra de soporte 140, hasta el borde inferior del primer espejo para proporcionar soporte adicional, a fin de mantener el primer espejo en el ángulo deseado. El extremo más inferior del cable está asegurado en la segunda cinta de refuerzo 174 a través del espesor del primer espejo.

El segundo espejo 152 y el tercer espejo 154 son soportados por la segunda parte 144 de la barra de soporte 140. Como se ilustra, cada uno de los espejos segundo y tercero es generalmente perpendicular a la segunda parte de la barra de soporte. Dado que la segunda barra de soporte está dispuesta en un ángulo de entre 20 y 25 grados con respecto al plano horizontal, los espejos primero y segundo están dispuestos en ángulos correspondientes de entre 20 y 25 grados con respecto a la vertical. Por lo tanto, los espejos segundo y tercero son generalmente paralelos al primer espejo 150 en la realización ilustrada. En realizaciones alternativas (no mostradas), los tres espejos pueden estar dispuestos en diferentes ángulos con respecto a la vertical.

El segundo espejo 152 está dispuesto en la segunda parte 144 de la barra de soporte 140 cerca de la unión de la segunda parte con la primera parte 142. El segundo espejo 190 tiene una superficie reflectante frontal y una superficie posterior 192, dispuestas entre un borde superior 194 y un borde inferior 196. El borde inferior está más cerca de la línea central 126 que el borde superior. La superficie posterior está orientada hacia la caja de control 120, y la superficie frontal está orientada en dirección opuesta a la caja de control.

Una primera cinta de refuerzo generalmente horizontal 200 se extiende a través de la superficie posterior 192 del segundo espejo 152 próximo al borde superior 194. Una segunda cinta de refuerzo 202 generalmente horizontal se extiende a través de la superficie frontal 190 próxima al borde inferior 196. El borde superior 194 está unido a la segunda parte 144 de la barra de soporte 140 mediante una abrazadera de montaje 204, que está dispuesta en la superficie frontal del espejo opuesto a la primera cinta de refuerzo. Las cintas de refuerzo y la abrazadera de montaje están unidas al segundo espejo mediante una pluralidad de elementos de fijación adecuados (por ejemplo, remaches, tornillos, o similares) que pasan a través del espesor del segundo espejo. Un cable 208 se extiende hacia abajo desde la parte más delantera de la primera parte 142 de la barra de soporte hasta el borde inferior del

segundo espejo para proporcionar soporte adicional a fin de mantener el segundo espejo en el ángulo deseado. El cable 208 está asegurado en la segunda cinta de refuerzo a través del espesor del espejo.

El tercer espejo 154 está dispuesto en la segunda parte 144 de la barra de soporte 140 próxima a un extremo más delantero de la segunda parte. El tercer espejo 220 tiene una superficie frontal reflectante y una superficie posterior 222, dispuestas entre un borde superior 224 y un borde inferior 226. El borde inferior está más cerca de la línea central 126 que el borde superior. La superficie posterior está orientada hacia la caja de control 120, y la superficie frontal está orientada en dirección opuesta a la caja de control.

Una primera cinta de refuerzo generalmente horizontal 230 se extiende a través de la superficie posterior 222 del tercer espejo 154 próximo al borde superior 224. Una segunda cinta de refuerzo generalmente horizontal 232 se extiende a través de la superficie frontal 220 próxima al borde inferior 226. El borde superior 224 está unido a la segunda parte 144 de la barra de soporte 140 mediante una abrazadera de montaje 234, que está dispuesta en la superficie frontal del espejo opuesto a la primera cinta de refuerzo. Las cintas de refuerzo y la abrazadera de montaje están unidas al tercer espejo mediante una pluralidad de elementos de fijación adecuados (por ejemplo, remaches, tornillos, o similares) que pasan a través del espesor del segundo espejo. Un cable 238 se extiende hacia abajo desde la segunda parte de la barra de soporte en una posición sobre la segunda parte entre el segundo espejo 152 y el tercer espejo. El cable 238 se extiende hasta el borde inferior del tercer espejo para proporcionar soporte adicional a fin de mantener el tercer espejo en el ángulo deseado. El cable 238 está asegurado en la segunda cinta de refuerzo a través del espesor del espejo. Los ángulos del espejo se pueden ajustar durante la instalación.

Como se ilustra en la figura 2, el ángulo de la segunda parte 144 de la barra de soporte de espejos 140 hace que el borde superior 194 del segundo espejo 152 esté situado sustancialmente más bajo que el borde superior 160 del primer espejo 150. Por tanto, una parte sustancial de la superficie frontal del primer espejo se expone a la luz solar incluso cuando la luz solar que incide sobre los espejos llega en un pequeño ángulo con respecto a un plano horizontal. Del mismo modo, el borde superior 224 del tercer espejo 154 es más bajo que el borde superior del segundo espejo, de modo que una parte sustancial de la superficie frontal del segundo espejo está expuesta a la luz solar, cuando la luz solar llega en un pequeño ángulo con respecto al plano horizontal.

El conjunto de paneles solares 150 se extiende hacia delante desde la caja de control 120 y se acopla en la caja de control mediante una estructura de soporte hueca generalmente horizontal 250. En la realización ilustrada, la estructura de soporte hueca comprende un tubo cilíndrico. El conjunto de paneles solares produce energía eléctrica a una tensión en el rango de entre 10 y 20 voltios. Como se muestra en las ilustraciones en sección transversal en las figuras 3 y 4, la energía eléctrica se acopla en una tarjeta de circuitos 252 a través de una pluralidad de cables de alimentación 254. Como se ilustra también en las figuras 3 y 4, la tarjeta de circuitos incluye el dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica 132. En la realización preferida, el dispositivo de almacenamiento de energía es un supercondensador, que almacena una carga suficiente para hacer funcionar la circuitería de control eléctrico y el motor 124 durante al menos 15 días en ausencia de suficiente luz solar para permitir que el conjunto de paneles solares recargue el dispositivo de almacenamiento.

Como se muestra en la vista en sección transversal de las figuras 3 y 4, la caja de control 120 incluye una parte superior 270 y una parte inferior 272. El motor 124 se encuentra en la parte inferior y está asegurado en la caja de control mediante una abrazadera de montaje 274. En la realización ilustrada, el motor se controla a una velocidad uniforme mediante la circuitería de control 276 del motor representada por un circuito integrado en la tarjeta de circuitos 252. El motor se acopla a la tarjeta de circuitos mediante una pluralidad de cables 278. El motor incluye el árbol de motor 122 que se extiende hacia abajo a través de una abertura en la parte inferior de la caja de control y se extiende además a través de una abertura en la primera parte 142 de la barra de soporte 140. La parte inferior de la caja de control está asegurada en la barra de soporte mediante elementos de fijación adecuados, tales como, por ejemplo, un par de tornillos de máquina 282 ilustrados en la figura 3.

En la figura 3, el motor 124 se ilustra como un motor básico que acciona directamente el árbol de motor 122. Se debe entender que el motor puede incluir ventajosamente un conjunto de engranaje interno (no mostrado) que reduce la velocidad de rotación del motor en una proporción adecuada para obtener la velocidad de rotación deseada de una revolución por día en el árbol de motor.

Como se muestra en las figuras 1 y 4, la parte superior 270 de la caja de control 120 incluye una primera abertura 300 y una segunda abertura 302, que están dispuestas en lados opuestos de una línea central del sistema horizontal 304 (figura 4) que es paralela a la barra de soporte 140 y a la estructura de soporte hueca 250. En la realización ilustrada, los centros correspondientes de las dos aberturas están dispuestos en las líneas centrales correspondientes 306 y 308 que proceden del centro de la caja de control en ángulos correspondientes de aproximadamente 15 grados con respecto a la línea central del sistema. Por lo tanto, las líneas centrales de las dos aberturas están separadas aproximadamente 30 grados en distancia angular. Como se muestra también en las figuras 3 y 4, un fotodetector 310 está montado en la tarjeta de circuitos 252 en un lugar aproximadamente sobre la línea central del sistema. Como se ilustra con más detalle en relación a las figuras 7A, 7B y 7C, la posición del fotodetector con respecto a las aberturas hace que el fotodetector esté protegido de la luz solar cuando la línea

central del sistema está dirigida hacia el sol. Por otro lado, cuando la línea central de una de las aberturas está dirigida hacia el sol, el fotodetector se expone a la luz solar. El funcionamiento de la circuitería de control en respuesta a la exposición del fotodetector también se analiza más adelante en relación a las figuras 7A, 7B y 7C.

La figura 5 ilustra una vista en alzado en sección transversal parcial, ampliada, de la estructura de soporte vertical 110 y del árbol de motor 122 de la figura 1. La estructura de soporte vertical comprende el tubo o tubería hueco 112 que está montado en la barra 114 generalmente horizontal. Como se muestra en la figura 1, la barra se extiende entre la primera abrazadera de montaje 116 y la segunda abrazadera de montaje 118 mostradas en la figura 1 y en la figura 11. Como se describe a continuación con respecto a la figura 11, cuando el sistema de seguimiento solar 100 está instalado en un techo sobre una claraboya, las abrazaderas de montaje se aseguran en los elementos de soporte estructural próximos a la claraboya. Como se muestra en la vista en sección transversal de la figura 5, el tubo hueco se asegura en el punto medio de la barra de una manera adecuada. Por ejemplo, en la realización ilustrada, el tubo hueco incluye un collar fijo 364 próximo a una parte inferior roscada 366. La parte inferior roscada se inserta a través de un orificio 368 en la barra y se asegura mediante una arandela 370 y una tuerca 372. En otra realización (no mostrada), el tubo hueco puede soldarse permanentemente a la barra.

La parte superior del tubo hueco 112 recibe el extremo inferior del árbol de motor 122. El diámetro interior del tubo hueco está dimensionado para proporcionar un ajuste exacto con el diámetro exterior del árbol de motor. Un pasador de chaveta 374 u otro dispositivo, generalmente horizontal, se inserta a través del tubo hueco en un lugar seleccionado para proporcionar un soporte al extremo del árbol de motor a fin de mantener el árbol de motor en una posición vertical fija en el tubo hueco. La posición vertical del árbol en el tubo hueco está determinada por la longitud del árbol de motor, la altura del tubo hueco y la altura deseada de los espejos sobre la barra horizontal 352.

En vista de la descripción anterior de la estructura del sistema de seguimiento solar, se debe entender que cuando el motor 124 se acciona, el árbol 280 gira con respecto al motor y a la caja de control 120. Sin embargo, dado que el árbol 280 está limitado por el acoplamiento ajustado con el tubo hueco 350, el eje no puede girar con respecto a la estructura de soporte vertical 110. Más bien, la rotación relativa del árbol de motor y el motor hace que el motor y la caja de control anexa giren con respecto a la estructura de soporte vertical. Como se trató anteriormente, la velocidad de rotación es controlada por la circuitería de control en la tarjeta de circuitos 252 de manera que la caja de control complete una revolución por día (por ejemplo, 360 grados angulares por día). Por lo tanto, la rotación relativa del árbol de motor y el motor es de 15 grados por hora o de 1 grado cada 4 minutos.

La figura 6 ilustra un diagrama de bloques 600 de la circuitería eléctrica de la caja de control de la figura 1. La circuitería eléctrica incluye el motor 124, el conjunto de paneles solares 130, el dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica 132 y el fotodetector 310 que se trataron anteriormente. La circuitería eléctrica incluye además la circuitería de control de motor 276, que recibe señales de control de un circuito de control de sistema 610. La circuitería de control de motor es sensible a las señales de control provenientes del circuito de control de sistema 610 para aplicar selectivamente energía desde el dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica a los devanados del motor para hacer que el motor gire (por ejemplo, paso) una distancia angular predeterminada. La circuitería eléctrica incluye además un circuito de control de energía 620 que recibe la energía eléctrica producida por el conjunto de paneles solares, condiciona la energía, y aplica selectivamente la energía para cargar el dispositivo de almacenamiento de energía. Además, el circuito de control de energía supervisa la energía almacenada en el dispositivo de almacenamiento de energía para determinar cuándo la carga es menor que un límite inferior predeterminado y para proporcionar una señal de nivel de energía baja al circuito de control de sistema para indicar que la carga es menor que el límite inferior.

El circuito de control de sistema 610 es sensible a la señal proveniente del circuito de control de energía 620 y sensible a la señal producida por el fotodetector 310 cuando la luz solar activa el fotodetector. Cuando el circuito de control de sistema recibe la señal de nivel de energía baja proveniente del circuito de control de energía que indica que la energía almacenada en el dispositivo de almacenamiento de energía es menor que el nivel predeterminado, el circuito de control realiza una rutina a prueba de fallos (descrita a continuación) para girar la caja de control 120 a una posición predeterminada y para detener toda rotación hasta que el circuito de control de energía desactive la señal de nivel de energía baja.

El circuito de control de sistema 610 es sensible a la señal proveniente del fotodetector 310 para ajustar la posición de la caja de control 120 de manera que el conjunto de paneles solares 130 y los espejos 150, 152, 154 estén orientados hacia el sol y, por tanto, el fotodetector esté protegido de la luz solar. El funcionamiento del circuito de control de sistema se ilustra en las vistas en planta en sección transversal parcial de las figuras 7A, 7B y 7C y en los diagramas de flujo de la figura 8. En particular, las figuras 7A, 7B y 7C ilustran el efecto de la rotación rápida o lenta sobre la luz detectada por el fotodetector interno. La figura 7A ilustra la caja de control giratoria sincronizada correctamente con la posición solar. Como se ilustra en la figura 7A, la caja de control 120 está orientada hacia el sol de manera que la luz solar (representada por una pluralidad de líneas de trazos) pasa a través de la primera abertura 300 y a través de la segunda abertura 302. El fotodetector 310 está colocado directamente detrás de la parte de la pared de la caja de control entre las dos aberturas y está protegido de la luz solar que pasa a través de ambas aberturas. El fotodetector está protegido de la luz solar durante la mayor parte del día y sólo se activa durante periodos cortos, mientras que el sistema está realizando las operaciones de corrección que se describen a

continuación. Por lo tanto, la tasa de cualquier degradación del fotodetector que puede ser causada por la exposición a la luz solar intensa se reduce sustancialmente debido a los cortos periodos de exposición.

La figura 7B ilustra la caja de control giratoria en una posición causada por la rotación demasiado rápida. En particular, la caja de control ha avanzado hasta una posición angular de aproximadamente 15 grados por delante de la posición angular del sol, de manera que la primera abertura 300 está generalmente orientada hacia el sol. Por tanto, la luz solar que pasa a través de la primera abertura incide directamente sobre el fotodetector 310 y hace que el fotodetector se active. El fotodetector activo, activa la señal del fotodetector hacia la unidad de control de sistema 610 para indicar que la caja de control ya no está colocada correctamente. A continuación se describe la respuesta de la unidad de control de sistema a la señal del fotodetector activo.

La figura 7C ilustra la caja de control giratoria en una posición causada por la rotación demasiado lenta. En particular, la caja de control ha retrocedido a la posición angular de aproximadamente 15 grados detrás de la posición angular del sol, de manera que la segunda abertura 302 está orientada generalmente hacia el sol. Por tanto, la luz solar que pasa a través de la segunda abertura incide directamente sobre el fotodetector 310 y hacer que el fotodetector se active. El fotodetector activo, activa la señal del fotodetector hacia la unidad de control de sistema 610 para indicar que la caja de control ya no está colocada correctamente. A continuación se describe la respuesta de la unidad de control de sistema a esta señal del fotodetector activo.

Como se indicó anteriormente, la luz solar que incide sobre el fotodetector 310 a través de ya sea la primera abertura 300 o la segunda abertura 302 hace que el fotodetector proporcione una señal del fotodetector activo a la unidad de control 610. Aunque la señal del fotodetector activo indica que una de las aberturas está orientada hacia el sol, la señal del fotodetector activo no indica cuál de las dos aberturas está orientada hacia el sol. Por tanto, la unidad de control de sistema inicia una rutina de búsqueda 800 que se ilustra en la figura 8.

La rutina de búsqueda 800 comienza en un bloque 810 en el que la unidad de control de sistema aumenta la velocidad de rotación angular del motor 124 al enviar una señal de control a la circuitería de control de motor 276. Por ejemplo, la velocidad de rotación se puede aumentar ventajosamente de una revolución por día a una revolución por hora.

La unidad de control de sistema inicialmente asume que la velocidad de rotación original del motor era demasiado lenta y que la luz que incide sobre el fotodetector 310 pasa a través de la segunda abertura 302, como se ilustra en la figura 7C. Por tanto, la velocidad de rotación aumentada hará que la caja de control avance relativamente rápido, de manera que la luz solar sea bloqueada en primer lugar por la pared exterior de la caja de control entre las dos aberturas. La unidad de control de sistema espera en un bloque 812 hasta que el fotodetector se desactive, y después entra en una secuencia de decisión que comprende un primer bloque de decisión 814, que verifica determinar si la señal del fotodetector se ha activado de nuevo. Si la señal del fotodetector está activa, la unidad de control de sistema establece un indicador de estado “lento” y avanza a un bloque de proceso 816, que se describe a continuación. Si la señal del fotodetector aún no está activa, la unidad de control de sistema comprueba si el motor ha girado más de 30 grados en un bloque de decisión 818. Si el motor no ha girado 30 grados, la unidad de control de sistema vuelve al bloque de decisión 814 y continúa la comprobación.

Si el motor 124 ha girado 30 grados sin que se active la señal del fotodetector, la caja de control 120 gira en la dirección equivocada. En consecuencia, la abertura original por la que pasó la luz solar hacia el fotodetector 310 no era la primera abertura 300 como se supuso. Más bien, la luz solar debe haber pasado a través de la segunda abertura 302, como se muestra en la figura 9C. Por tanto, la unidad de control de sistema pasa del bloque de decisión 818 a un bloque 820 en el que la unidad de control de sistema emite una señal de control hacia la circuitería de control de motor 276 para hacer que la circuitería de control de motor invierta la dirección de rotación del motor e inicie el movimiento de la caja de control en la dirección de rotación original, hacia la segunda abertura.

Después de iniciar la rotación en la dirección original, la unidad de control de sistema 810 avanza a un bloque 822 para girar el motor 124, 30 grados en la nueva dirección, de manera que la señal del fotodetector se active de nuevo debido a que la luz solar pasa a través de la segunda abertura 302 en la caja de control 120. La unidad de control de sistema espera entonces en un bloque 824 para que el fotodetector desactive la señal del fotodetector. Cuando la unidad de control de sistema detecta la desactivación de la señal del fotodetector, la unidad de control de sistema avanza a una secuencia de decisión para esperar a que el fotodetector detecte la luz solar a través de la primera abertura 300.

En un bloque de decisión 830, la unidad de control de sistema 610 realiza comprobaciones para determinar si la señal del fotodetector ya se encuentra activa de nuevo. Si la señal del fotodetector está activa, la unidad de control de sistema establece un indicador de estado “rápido” y avanza al bloque de proceso 816, que se describe a continuación. Si la señal del fotodetector aún no está activa, la unidad de control de sistema comprueba si el motor 124 ha girado más de 30 grados en un bloque de decisión 832. Si el motor no ha girado 30 grados, la unidad de control de sistema regresa al bloque de decisión 830 y continúa con la comprobación. Si el motor gira 30 grados sin que la señal del fotodetector se active, la unidad de sistema de control pasa del bloque de decisión 832 a un bloque de alarma 834. El bloque de alarma 834 comprende ventajosamente rutinas para recuperarse de esta condición, que

no deben producirse durante las operaciones normales. Dado que la luz solar puede ser ocluida por nubes densas durante la rutina anterior, en una realización, la unidad de control de sistema espera un tiempo predeterminado y luego reanuda la búsqueda de la rutina de búsqueda anterior con un intervalo de búsqueda angular más amplio.

Cuando la unidad de control de sistema 610 entra en el bloque de proceso 816, la unidad de control de sistema sabe que la abertura está orientada en ese momento hacia el sol y sabe la dirección en la cual gira la caja de control 120, de manera que la parte de la pared entre las dos aberturas está orientada hacia el sol y protege el fotodetector 310, como se ilustra en la figura 7A. Por tanto, la unidad de control de sistema envía una señal a la circuitería de control de motor 276 para hacer que el motor 124 gire aproximadamente 15 grados en la dirección correcta. La unidad de control de sistema envía después una señal a la circuitería de control de motor para ajustar la velocidad de rotación original a una velocidad de rotación más lenta si se estable la señal de estado "rápido" o a una velocidad de rotación más rápida si se establece la señal de estado "lento". La unidad de control de sistema espera después la señal del fotodetector para activarse antes de volver a realizar la rutina anterior.

La figura 9 ilustra una rutina de puesta en marcha automática del sistema 850. El circuito de control de sistema 610 se programa de antemano con una velocidad de rotación inicial que es razonablemente cercana a la velocidad de rotación esperada, necesaria para rastrear correctamente el movimiento aparente del sol; sin embargo, las direcciones del movimiento aparente del sol en el hemisferio sur y en el hemisferio norte son opuestas entre sí. Por tanto, el circuito de control de sistema debe determinar qué dirección es la dirección de rotación correcta al instalar el sistema por primera vez. En consecuencia, el circuito de control de sistema recibe un tercer indicador de estado identificado como el indicador de "puesta en marcha". El indicador de puesta en marcha se coloca siempre que se aplica energía inicialmente al sistema, ya sea en la instalación inicial o cuando la luz solar es bloqueada por las nubes u otras causas durante un tiempo suficiente para agotar completamente la energía en la unidad de almacenamiento de energía 132.

En un bloque 852 y un bloque 854, el circuito de control de sistema coloca primero la caja de control 120 de manera que el fotodetector 310 esté protegido de la luz solar de acuerdo con los movimientos descritos en relación a la figura 8. En particular, en el bloque 852, el circuito de control de sistema envía señales de control a la circuitería de control de motor 276 y supervisa la señal de salida del fotodetector para localizar la primera abertura 300 y la segunda abertura 302. A continuación, en el bloque 854, la circuitería de control de sistema envía señales de control al circuito de control de motor para mover la caja de control a una posición en la que un punto intermedio entre las dos aberturas esté orientado hacia el sol y después se detenga en esa posición.

En un bloque 856, el circuito de control de sistema espera durante aproximadamente una hora (que corresponde a un movimiento angular de 15 grados) para que el movimiento aparente del sol haga que la luz solar pase a través de una de las aberturas. Después, en un bloque 858, el circuito de control de sistema lleva a cabo pasos similares a los pasos descritos anteriormente para identificar la abertura a través de la cual la luz solar pasó para incidir sobre el fotodetector. Si la unidad de control de sistema determina que la luz solar pasó a través de la segunda abertura, la unidad de control de sistema determina que el sistema de seguimiento solar se encuentra ubicado en el hemisferio norte. Por tanto, en un bloque 860, el circuito de control de sistema envía una señal de control a la circuitería de control de motor para activar la rotación en el sentido de las agujas del reloj de la caja de control. Si la unidad de control de sistema determina que la luz solar pasó a través de la primera abertura, la unidad de control de sistema determina que el sistema de seguimiento solar se encuentra situado en el hemisferio sur. Por lo tanto, en un bloque 862, el circuito de control de sistema envía una señal de control a la circuitería de control de motor para activar la rotación de la caja de control en el sentido contrario a las agujas del reloj.

La figura 10 ilustra una rutina 900 que se ejecuta cuando el circuito de control de energía 620 activa la señal hacia el circuito de control de sistema 610 para indicar que la energía almacenada es menor que el límite predeterminado. El circuito de control de energía también proporciona una señal al circuito de control de sistema para indicar cuándo el conjunto de paneles solares 130 produce activamente energía eléctrica. El circuito de control de sistema incluye un circuito temporizador que permite que la unidad de control de sistema rastree la posición angular actual de la caja de control 120. Por lo tanto, el circuito de control de sistema es capaz de identificar y almacenar las posiciones angulares que corresponden a la salida del sol y a la puesta del sol del último día, cuando había suficiente luz solar disponible para permitir que el conjunto de paneles solares produjese energía eléctrica. Debe entenderse que el circuito de control de sistema no almacena posiciones angulares que corresponden a un rango significativamente más corto de la luz del día que para un día previamente almacenado ya que las posiciones angulares de las salidas del sol y de las puestas del sol no difieren en gran medida en el día a día. Un cambio significativo en la posición angular de la caja de control en la salida y la puesta del sol del día actual puede indicar una nubosidad significativa que bloquea suficiente luz evitando que llegue al conjunto de paneles solares.

Cuando el circuito de control de sistema 610 recibe la señal de energía baja del circuito de control de sistema 620, el circuito de control de sistema ejecuta una rutina en un bloque 902 para recuperar las posiciones de la caja de control 120 antes de la salida y la puesta del sol, al inicio y al término del último día solar. Luego, en un bloque 904, la unidad de control de sistema calcula la ubicación de la caja de control al mediodía del último día solar. En un bloque 906, el circuito de control de sistema calcula el movimiento angular necesario para hacer avanzar la caja de control, de manera que el conjunto de paneles solares esté orientado hacia el sol en la posición calculada de mediodía. En

un bloque 908, la unidad de control de sistema emite una señal de control a la unidad de control de motor 276 para hacer que el motor 124 gire por el movimiento angular requerido y luego se detenga. En un bloque de decisión 910, la unidad de control de sistema espera hasta que el circuito de control de energía desactive la señal de nivel bajo de energía. Durante un día con una cantidad moderada de luz solar (por ejemplo, difusa o sin nubes), el conjunto de paneles solares 130 carga rápidamente el dispositivo de almacenamiento de energía 132 hasta un nivel de energía suficiente para reanudar las operaciones normales en las que el conjunto de paneles solares continúa la carga del dispositivo de almacenamiento de energía conforme la rotación de la caja de control rastrea el movimiento aparente del sol. Por lo tanto, el circuito de control de sistema avanza a un bloque 912 en el que la unidad de control de sistema envía una señal de control a la circuitería de control 276 del motor para hacer que la circuitería de control del motor active el motor 124. Más particularmente, el circuito de control del sistema ejecuta la rutina de puesta en marcha 850 que se ha descrito anteriormente para asegurar que la caja de control 120 gire en la dirección adecuada y asegurar que el fotodetector 310 esté colocado en la zona protegida detrás de la parte de la pared de la caja de control, entre las dos aberturas 300, 302.

La figura 11 ilustra el sistema de seguimiento solar 100 de la figura 1 montado en un par de barras 950, 952 (mostrado en sección transversal parcial) cerca de una claraboya 960. Una cúpula protectora transparente 970 (se muestra en líneas de trazos) está montada sobre el sistema de seguimiento solar para proteger el sistema de seguimiento solar de las condiciones climáticas. A diferencia de ciertos sistemas conocidos en la técnica, la cúpula protectora sólo tiene que ser autoportante y no proporciona ningún soporte estructural al sistema de seguimiento solar, el cual está montado directamente en las barras o en otras estructuras robustas.

Las figuras 12 a 22 ilustran una realización de un sistema de seguimiento solar 1000 de acuerdo con otros aspectos de la invención. El sistema de seguimiento solar 1000 es similar al sistema de seguimiento solar 100 que se ha descrito anteriormente, y muchos de los elementos correspondientes a los elementos descritos anteriormente no se describen en detalle en los siguientes párrafos.

Como se muestra en las figuras 12 y 13, el sistema de seguimiento solar 1000 está montado en un techo (no mostrado) de una estructura (no mostrada) en un armazón estructural 1010 formado de materiales estructurales (por ejemplo, madera, metal, o similares). Por ejemplo, el armazón estructural comprende ventajosamente un armazón generalmente rectangular (por ejemplo, cuadrado) alrededor de una abertura en el techo. El armazón estructural 1010 forma una abertura fija en el techo de la estructura. El armazón estructural también puede soportar un panel transparente 1012 en una parte inferior del mismo para proporcionar una cubierta inferior sobre la abertura en el techo, antes de la instalación del sistema de seguimiento solar. Después de la instalación, el panel transparente también puede servir para aislar el sistema de seguimiento solar del medio ambiente interior de la estructura sobre la que se monta el sistema.

El sistema de seguimiento solar 1000 se coloca por debajo de una cúpula protectora generalmente transparente 1020, que está dimensionada y conformada para adaptarse al tamaño y a la forma del armazón 1010. Como se muestra en más detalle en la figura 13, la cúpula incluye un reborde de montaje periférico 1022 intercalado entre un armazón de montaje inferior 1024 y un armazón de montaje superior 1026. En la realización ilustrada, el armazón de montaje inferior está asegurado en el armazón estructural mediante elementos de fijación adecuados (por ejemplo, tornillos, clavos o similares). El reborde de montaje se apoya en el armazón de montaje inferior 1024, y el armazón de montaje superior se coloca sobre el reborde de montaje y se fija al armazón de montaje inferior para retener la cúpula de forma segura. Las interfaces entre el armazón de montaje superior y el reborde de montaje están selladas para que la humedad u otros contaminantes que caigan en la cúpula fluyan sobre el armazón de montaje superior y se bloqueen a fin de evitar que entren en el volumen formado entre la superficie interior de la cúpula y el panel transparente 1012.

El sistema de seguimiento solar 1000 está soportado por un conjunto de soporte 1030. El conjunto de soporte comprende una barra de soporte 1032 que está fijada a las paredes interiores del armazón estructural 1010 mediante un par de abrazaderas de montaje 1034 en cada extremo (en las figuras 12 y 13 sólo se puede observar una de las abrazaderas de montaje). Las abrazaderas de montaje están aseguradas al armazón estructural mediante elementos de fijación adecuados (por ejemplo, tornillos, clavos, o similares).

Un poste de soporte 1040 se extiende sustancialmente de forma vertical desde aproximadamente el punto medio de la barra de soporte 1032. En la realización ilustrada, el poste de soporte está montado perpendicular a la barra de soporte que está montada de forma sustancialmente horizontal sobre un techo plano (no mostrado). Preferiblemente, si el sistema de seguimiento solar 1000 está montado en un techo inclinado (no mostrado), el armazón estructural 1010 se construye para proporcionar una referencia de montaje generalmente horizontal para la barra de soporte. Alternativamente, los soportes en cada extremo de la barra de soporte pueden colocarse selectivamente para mantener la barra de soporte en una posición horizontal. En ciertas realizaciones, el poste de soporte se puede montar en ángulo con respecto a la barra de soporte para compensar que la barra no esté en una posición horizontal.

Como se muestra en la figura 14, al menos un extremo superior del poste de soporte 1040 es hueco. Por ejemplo, en una realización, las dimensiones interiores del poste de soporte son de aproximadamente 0,75 pulgadas por 0,75

pulgadas. La parte superior hueca del poste de soporte recibe un árbol 1062 que se extiende desde un cabezal de control 1060. El diámetro exterior del árbol es de aproximadamente 0,32 pulgadas. La parte del árbol que se extiende hacia el poste de soporte tiene una cara plana 1064 formada sobre el mismo, de manera que la parte extendida del árbol tiene generalmente forma de "D". Un casquillo adaptador 1066 se coloca en el poste de soporte. El casquillo adaptador tiene dimensiones exteriores inferiores dimensionadas para encajar dentro del poste de soporte y tiene dimensiones exteriores superiores para formar un reborde que se apoya en la parte superior del poste de soporte. El casquillo adaptador tiene un diámetro interior dimensionado y conformado para recibir la parte extendida del árbol. En consecuencia, se impide que el árbol gire con respecto al poste de soporte. En realizaciones alternativas, el poste de soporte está fabricado ventajosamente de un material plástico extruido, teniendo la parte superior dimensiones interiores para recibir y asegurar el árbol sin necesidad de utilizar un casquillo adaptador.

El cabezal de control 1060 comprende una parte inferior de cuerpo 1070 y una tapa superior desmontable 1072. Una barra de soporte de espejos 1100 está fijada a la parte inferior de la parte inferior de cuerpo del cabezal de control en una manera similar a la descrita anteriormente con respecto a la realización de las figuras 1 a 11. La barra de soporte de espejos soporta un primer espejo 1110 mediante una primera abrazadera de montaje 1112, soporta un segundo espejo 1114 mediante una segunda abrazadera de montaje 1116, y soporta un tercer espejo 1118 mediante una tercera abrazadera de montaje 1120. El primer espejo, el segundo espejo y el tercer espejo generalmente corresponden al primer espejo 150, al segundo espejo 152 y al tercer espejo 154, respectivamente, de la realización descrita anteriormente.

En la realización ilustrada, una parte posterior de la barra de soporte de espejos 1100 es generalmente horizontal y soporta el primer espejo 1110 en un ángulo de aproximadamente 20 grados con respecto a la vertical. El primer espejo tiene unas dimensiones de aproximadamente 31,5 pulgadas por 31,5 pulgadas. El primer espejo tiene esquinas redondeadas inferiores con radios de aproximadamente 4 pulgadas y esquinas redondeadas superiores con radios de aproximadamente 11 pulgadas. El primer espejo también tiene un corte 1122 para acomodar el paso de la barra de soporte de espejos a través del mismo. Por consiguiente, el primer espejo tiene una superficie reflectante total de aproximadamente 528 pulgadas cuadradas. (En este planteamiento, no se tienen en cuenta las reducciones en la superficie reflectante causadas por la primera abrazadera de montaje 1112 y el efecto de sombra de otros elementos)

La parte delantera de la barra de soporte de espejos 1100 está inclinada hacia abajo, en un ángulo de aproximadamente 45 grados con respecto a la horizontal. El segundo espejo 1114 y el tercer espejo 1118 se montan en general perpendicularmente con respecto a la parte delantera de la barra de soporte de espejos y por tanto, se montan en un ángulo de aproximadamente 45 grados con respecto a la vertical.

El segundo espejo 1114 tiene una altura de aproximadamente 10,15 pulgadas, tiene un borde inferior con una anchura de aproximadamente 38,37 pulgadas y un borde superior con una anchura de aproximadamente 33 pulgadas. Los bordes superior e inferior del segundo espejo están conectados por los bordes laterales que tienen radios de curvatura de aproximadamente 9,8 pulgadas. El segundo espejo tiene un corte 1124 para acomodar el poste de soporte 1040. En consecuencia, el segundo espejo tiene una superficie reflectante en general de aproximadamente 379 pulgadas cuadradas. (En este planteamiento, no se tienen en cuenta las reducciones en la superficie reflectante causadas por la segunda abrazadera de montaje 1116 y el efecto de sombra de otros elementos).

El tercer espejo 1118 tiene una altura de aproximadamente 6,3 pulgadas, tiene un borde inferior con una anchura de aproximadamente 33,3 pulgadas y un borde superior con una anchura de aproximadamente 30,5 pulgadas. Los bordes superior e inferior del tercer espejo están conectados mediante los bordes laterales que tienen radios de curvatura de aproximadamente 7,05 pulgadas. Por consiguiente, el tercer espejo tiene una superficie reflectante en general de aproximadamente 132 pulgadas cuadradas. (En este planteamiento, no se tiene en cuenta la reducción en la superficie reflectante causada por la tercera abrazadera de montaje 1120)

En la realización ilustrada en las figuras 12 y 13, los tres espejos 1110, 1114, 1118 comprenden aluminio que tiene un espesor de aproximadamente 0,05 pulgadas. Aproximadamente 0,5 pulgadas del borde inferior de cada espejo está doblado en aproximadamente 90 grados para impedir que se arquee la superficie del espejo en la dirección horizontal. La resistencia y el espesor de cada espejo son suficientes para que no se necesiten cables de soporte para la realización ilustrada.

El cabezal de control 1060 es similar a la caja de control 120 de la realización anterior. La parte inferior de cuerpo 1070 del cabezal de control soporta un conjunto fotovoltaico (solar) 1200, que está generalmente alineado con la barra de soporte de espejos 1100. El conjunto de paneles solares está montado en un armazón de soporte de panel solar 1202 que está conectado mecánicamente a la parte inferior de cuerpo del cabezal de control mediante una pestaña deformable 1204. Preferiblemente, la parte inferior de cuerpo, la pestaña deformable y el armazón de soporte de panel solar se forman como una sola unidad mediante moldeo por inyección de un plástico adecuado. La pestaña deformable se dobla después para colocar el armazón de soporte de panel solar en un ángulo adecuado a fin de dirigir el conjunto de paneles solares hacia el sol. Por ejemplo, en una realización, el armazón de soporte de

panel solar se coloca en un ángulo de aproximadamente 45 grados con respecto a la horizontal. El panel solar se fija al armazón de soporte del panel solar mediante un elemento 1206 del armazón superior que se engancha en el armazón de soporte.

Las figuras 15, 16, 17 y 18 ilustran otros detalles del cabezal de control 1060. El cabezal de control es hueco y aloja un motor CC 1300 que está conectado eléctricamente a través de un primer par de conductores 1302, 1304 y un primer conector 1306 a una tarjeta de circuitos 1310. La tarjeta de circuitos está conectada eléctricamente a través de un segundo conector 1312 y un segundo par de conductores 1314, 1316 al conjunto de paneles solares 1200.

En la realización ilustrada, el motor 1300 comprende, por ejemplo, un motor CC FF-N30VB-0921 disponible comercialmente en Mabuchi Motor Co., Ltd., de la ciudad de Matsudo, Chiba, Japón, que hace girar un árbol de salida del motor a aproximadamente 4.200 revoluciones por minuto cuando se alimenta con una tensión CC de aproximadamente 2,5 voltios. El motor está situado próximo a la periferia interior del cabezal de control 1060 y se acopla mecánicamente mediante un tren de engranajes 1320 a una parte superior del árbol 1062, que se extiende hacia el cabezal de control. El tren de engranajes comprende ventajosamente un engranaje A de 12 dientes en el árbol de salida del motor 1300. Un primer engranaje compuesto B tiene un engranaje superior de 60 dientes que embraga el engranaje A de 12 dientes y tiene un engranaje inferior de 12 dientes. Un segundo engranaje compuesto C tiene un engranaje superior de 60 dientes que embraga el engranaje inferior del primer engranaje compuesto B y tiene un engranaje inferior de 12 dientes. Un tercer engranaje compuesto D tiene un engranaje superior de 60 dientes que embraga el engranaje inferior del segundo engranaje compuesto C y tiene un engranaje inferior de 12 dientes. Un engranaje E de 80 dientes está fijado a la parte superior del árbol 1062. El engranaje E embraga el engranaje inferior del tercer engranaje compuesto D.

El tren de engranajes 1320 proporciona una reducción general del engranaje de 833,33 (por ejemplo, 5×5×5×6 2/3). Por tanto, el árbol 1062 gira una vez por 833,33 revoluciones del árbol de salida del motor 1300. Sin embargo, dado que el árbol está fijo con respecto al poste de soporte fijo 1040, la rotación del árbol del motor hace que el cabezal de control 1060 gire alrededor del poste de soporte y, por tanto, hace que el conjunto de espejos (que comprende la barra de soporte de espejos y los espejos adjuntos 1110, 1114, 1116) gire alrededor del poste de soporte. La gran relación general de engranaje del tren de engranajes permite que el motor, con relativamente poca energía, gire la masa del cabezal de control en el conjunto de espejos.

Como se ilustra además en las figuras 15, 16 y 18, una parte superior del árbol 1062 dentro del cabezal de control 1060 está limitada por un conjunto inferior de cojinetes de rodillos 1350 y un conjunto superior de cojinetes de rodillos 1052. El conjunto inferior de cojinetes de rodillos se fija por la parte inferior del alojamiento 1070. El conjunto superior de cojinetes de rodillos se fija dentro de una abertura formada en una placa de soporte 1354. La placa de soporte también incluye una pluralidad de extrusiones de montaje 1356 para recibir los extremos superiores de los ejes a través de los engranajes compuestos B, C y D del tren de engranajes 1320.

El extremo superior del árbol 1062 se cubre con un alojamiento magnético 1360. El alojamiento magnético asegura una pequeña barra magnética 1362, que tiene un polo norte (indicado con una banda como referencia) y un polo sur opuesto. Los polos están dispuestos en un plano horizontal. La tarjeta de circuitos 1310 se coloca en el cabezal de control 1060 con un sensor de efecto Hall integrado de 2 ejes 1370 colocado directamente sobre la barra magnética 1362. Así, a medida que se hace girar el cabezal de control alrededor del árbol mediante el motor 1300, el sensor de efecto Hall se ve directamente afectado por el campo magnético producido por la barra magnética. En particular, el sensor de efecto Hall detecta la posición angular absoluta de la barra magnética. El sensor de efecto Hall está disponible comercialmente. En la realización ilustrada, el sensor de efecto Hall comprende un sensor de efecto Hall 2SA-10 integrado de 2 ejes vendido por Melexis Microelectronic Systems de Concord, New Hampshire.

Después de montar los componentes de accionamiento eléctrico y mecánico que se han descrito anteriormente, la tarjeta de circuitos 1310 se coloca en el cabezal de control 1060. La tarjeta de circuitos se enchaveta a salientes sobre la parte inferior 1070 del cabezal de control para asegurar que la tarjeta de circuitos quede colocada con la orientación correcta. El conector 1306 que proporciona energía eléctrica al motor 1300 a través de los conductores 1302, 1304 está conectado a un primer cabezal 1400 en la tarjeta de circuitos. El conector 1312 que recibe energía del conjunto de paneles solares 1200 a través de los conductores 1314, 1316, está conectado a un segundo cabezal 1402 en la tarjeta de circuitos.

La figura 19 ilustra una realización de la circuitería 1500 que recibe energía del conjunto de paneles solares 1200 y que acciona el motor 1300 para dirigir los espejos hacia el sol. Como se trata más adelante, durante el funcionamiento normal, la circuitería es alimentada por la energía eléctrica generada por el conjunto de paneles solares e incluye una serie de características de ahorro de energía y de modos a prueba de fallos para que después de la instalación no se necesite energía y control externos.

La energía primaria a la circuitería 1500 la proporciona el conjunto de paneles solares 1200 como una tensión variable (VSOLAR_VAR) que es sensible a la intensidad de la energía solar que incide sobre el conjunto de paneles solares. La tensión variable se proporciona como una entrada a un circuito de almacenamiento de energía 1510 que comprende un diodo de entrada 1512 que impide el flujo inverso de corriente, y un diodo zener 1514 en serie con un

diodo en serie 1516. El diodo zener y el diodo en serie 1516 se conectan a través de un primer supercondensador 1520 y un segundo supercondensador 1522, que se cargan con la corriente eléctrica del conjunto de paneles solares. El diodo zener y el diodo en serie limitan la tensión (VCAPS) a través de los supercondensadores a aproximadamente 10,7 voltios.

Los supercondensadores también se pueden cargar desde una fuente externa (VEXT) a través de un conector macho externo en un conector de comunicaciones identificado como Comm1, que se tratará más adelante. La tensión externa se acopla a la tensión VCAPS través de un diodo Schottky 1532. En la realización ilustrada, cada uno de los supercondensadores comprende un condensador de 1,0 faradios tal como, por ejemplo, la serie FC de supercondensadores de NEC/Tokin. Los supercondensadores son particularmente ventajosos debido a que los supercondensadores tienen una alta densidad de energía en comparación con los condensadores convencionales. A diferencia de la mayoría de las baterías recargables, los supercondensadores pueden cargarse y descargarse cientos de miles de veces con poca degradación. Los supercondensadores tienen altos índices de carga y descarga de manera que los supercondensadores se pueden cargar rápidamente durante los períodos de luz solar intermitente y pueden proporcionar ráfagas de energía, tal como, por ejemplo, cuando el motor 1300 está funcionando.

La tensión (VCAPS) a través de los supercondensadores 1520, 1522 se proporciona a un reductor de tensión 1540. El reductor de tensión comprende ventajosamente un regulador de conmutación de disminución gradual MAX1685 PWM de Maxim Integrated Products, Inc. El reductor de tensión está configurado de una manera convencional con una resistencia, inductores y condensadores adecuados (no mostrados) para recibir una tensión de entrada en un rango de aproximadamente 2,75 voltios hasta aproximadamente 10,7 voltios y para producir una tensión de salida sustancialmente constante de aproximadamente 2,2 voltios, que se identifica como VMOTOR. El VMOTOR de tensión se proporciona a un accionador de motor 1542, que se describe a continuación.

El VMOTOR de tensión producido por el reductor de tensión 1540 también se ofrece como la tensión de entrada a un elevador de tensión 1550. El elevador de tensión es sensible a la tensión de entrada para generar una tensión de salida sustancialmente constante de aproximadamente 5,2 voltios, que se identifica como V-ELEVADOR. El elevador de tensión comprende ventajosamente un regulador de conmutación LM2623 de incremento gradual DC-DC de National Semiconductor Corporation. El elevador de tensión se configura de una manera convencional con una resistencia, inductores y condensadores adecuados (no mostrados).

La tensión V-ELEVADOR del elevador de tensión 1550 se proporciona a través de un diodo Schottky 1552 a un nodo VDD 1560. Un supercondensador 1562 se conecta al nodo VDD para almacenar energía eléctrica que suministra un procesador de control 1600 y otra circuitería cuando el elevador de tensión 1550 no está activo. En la realización ilustrada, el supercondensador en el nodo VDD comprende un condensador de 0,1 microfaradios, disponible en NEC/Tokin.

El nodo VDD 1560 también se conecta a través de un diodo Schottky 1570 a un diodo zener límitador de tensión 1572. El diodo Zener tiene una tensión nominal de aproximadamente 5,1 voltios y está conectado al conjunto de paneles solares 1200 a través de un diodo Schottky 1574 y una resistencia 1576. Un condensador de filtro 1578 se coloca a través del diodo zener límitador de tensión. La tensión (VSOL_LIM) a través del diodo Zener y del condensador proporciona una fuente alternativa de tensión al nodo Vdd directamente desde el panel solar 1200. Durante los funcionamientos normales, cuando el elevador de tensión 1550 está activo, la tensión V-ELEVADOR en la salida del elevador de tensión tiene una tensión más alta para que la tensión limitada (VSOL_LIM) directamente desde el conjunto de paneles solares no proporcione energía eléctrica al nodo.

El reductor de tensión 1540 es activado selectivamente por una señal de control Activar_Reductor proporcionada por un procesador de control 1600. La señal Activar_Reductor se acopla a una entrada de activación del reductor de tensión a través de un transistor de efecto de campo (FET) 1580, que tiene su terminal fuente conectada a tierra y tiene su terminal de drenaje conectada a la línea de tensión Vcaps través de una resistencia de frenado 1582. El FET está normalmente encendido de modo que la entrada de activación del reductor de tensión se conecta a tierra para evitar que el reductor de tensión funcione hasta que la tensión VDD en el nodo VDD 1560 sea lo suficientemente alta para que un supervisor de tensión 1610 (se describe después) libere una señal de restablecimiento para permitir que funcione el procesador de control. Cuando el procesador de control activa la señal Activar_Reductor, el reductor de tensión se activa para producir la tensión V-elevador. Al funcionar de esta manera, el reductor de tensión no consume energía mientras se cargan los supercondensadores después de haberse descargado de manera significativa (por ejemplo, inmediatamente después de la instalación inicial del sistema).

El elevador de tensión 1550 es activado selectivamente por una señal de control Activar_Elevador proporcionada por el procesador de control 1600. Debido a que el elevador de tensión recibe tensión del reductor de tensión 1540, el elevador de tensión sólo se puede activar cuando el reductor de tensión está activo. Por tanto, la señal Activar_elevador se suministra directamente desde el procesador de control, como se muestra. Como veremos más adelante, el procesador de control ahorra energía sólo al activar las fuentes de alimentación cuando se necesita la energía. Por el contrario, el procesador de control es capaz de funcionar con energía almacenada del

supercondensador 1562 conectado al nodo VDD 1560. Por consiguiente, la energía almacenada en los supercondensadores más grandes 1520, 1522 no se vacía cuando no se necesita.

El procesador de control 1600 comprende ventajosamente un microcontrolador ATmega166/V de 8 bits, disponible en Atmel Corporation. El procesador de control es sensible a una señal activa de restablecimiento generada por un circuito supervisor de tensión 1610 para restablecerlo a un estado conocido y para iniciar el funcionamiento del estado conocido cuando la señal de restablecimiento ya no está activa. El supervisor de tensión supervisa la tensión en el nodo VDD 1560 y genera una señal de restablecimiento cuando la tensión disminuye por debajo de 1,8 voltios. El circuito supervisor de tensión no libera la señal de restablecimiento hasta que la tensión aumenta por encima de 2,4 voltios. La histéresis proporcionada por el circuito supervisor de tensión impide que la señal de restablecimiento se encienda y se apague repetidas veces, como sucedería si la tensión en el nodo Vdd variase aproximadamente un umbral fijo de un circuito sin histéresis. En la realización ilustrada, el circuito supervisor de tensión comprende un monitor de batería de un solo nivel MAX6428MRUR-T disponible en Maxim Integrated Products.

La señal de restablecimiento en el procesador de control 1600 también se puede generar en un conector macho de un puerto de comunicación COMM1 o de un puerto de comunicación COMM2. El puerto COMM1 o el puerto COMM2 se utilizan durante la instalación y las pruebas y no se utilizan durante el funcionamiento normal. Por ejemplo, el puerto COMM1 es una interfaz de comunicación serial (SCI), que funciona de forma asíncrona, de acuerdo con el protocolo RS232, que utiliza las señales convencionales TxD y RxD. El puerto COMM2 es una interfaz periférica serial (SPI) que funciona de forma sincrónica utilizando una señal maestra adentro/secundaria afuera (MISO), una señal maestra fuera/secundaria adentro (MOSI) y un reloj serial (SCK). Además, cada puerto de comunicación incluye una conexión a tierra y una conexión que permite supervisar la tensión Vdd.

El procesador de control 1600 se acopla a un circuito de reloj de tiempo real 1620. El procesador de control y el circuito de reloj de tiempo real se comunican a través de una señal de reloj serial (SCK) generada por el procesador de control y una señal de datos seriales bidireccionales (SDATOS). El circuito de reloj de tiempo real comprende ventajosamente un circuito integrado de reloj/calendario de tiempo real PCF8563 disponible en Philips Semiconductor.

El circuito de reloj de tiempo real 1620 se programa con la fecha y la hora actuales y rastrea con precisión la hora y la fecha, en respuesta a la temporización proporcionada por un cristal 1622. El circuito de reloj de tiempo real se alimenta principalmente desde el nodo de tensión Vdd 1560 a través de un diodo Schottky 1624. El circuito de reloj de tiempo real también es alimentado por una batería de larga duración 1626 a través de un diodo Schottky 1628. La batería comprende ventajosamente una batería convencional de litio que tiene una tensión de, por ejemplo, 3,1 voltios. Dado que la tensión de la batería es menor que la tensión del nodo de tensión Vdd, el circuito de reloj de tiempo real no recibe alimentación de la batería, a menos que la tensión en el nodo de tensión Vdd descienda por debajo de la tensión de la batería. En consecuencia, la batería puede funcionar como una fuente de reserva de eléctrica para el circuito de reloj de tiempo real durante muchos años sin sustitución.

El circuito de reloj de tiempo real 1620 genera una señal de interrupción que se proporciona al procesador de control 1600 para alertar al procesador de control para que el procesador de control pueda confirmar periódicamente las posiciones de rotación de los espejos y girar los espejos según sea necesario para dirigir los espejos hacia la posición del sol, según lo determinado por la fecha, hora y ubicación del sistema. En particular, el procesador de control establece un tiempo de alarma en el circuito de reloj de tiempo real y, a continuación entra en un modo de bajo consumo de energía hasta que el circuito de reloj de tiempo real activa la señal de interrupción para alertar al procesador de control.

Como se trató anteriormente, el sistema 1000 incluye un sensor de efecto Hall de 2 ejes 1370 que es sensible a la posición relativa del sensor de efecto Hall en la tarjeta de circuitos giratoria 1310 (figura 16) con respecto al imán fijo 1362 en el extremo del árbol 1062. (La rotación relativa del sensor de efecto Hall se representa gráficamente mediante flechas curvadas en figura 19). Las posiciones relativas de los polos norte y sur del imán con respecto al sensor de efecto Hall se detectan dentro del sensor. El sensor de efecto Hall produce una primera señal de salida Vx y una segunda señal de salida VY, que representan la coordenada X y la coordenada Y, respectivamente, de un vector que corresponde a la orientación relativa del imán con respecto al sensor de efecto Hall. Las dos señales de salida tienen niveles de tensión en los que se hace referencia a una señal de referencia identificada como VCOM. Las tres señales se proporcionan a la interfaz analógica-digital del procesador de control 1600, el cual convierte las señales analógicas en valores digitales identificados de X e Y. El procesador de control determina el ángulo actual del imán con respecto al sensor de efecto Hall mediante el cálculo del arco tangente de Y/X.

Como se describe a continuación, sólo se puede tener acceso al sensor de efecto Hall 1370 en ciertos momentos cuando el procesador de control 1600 determina la cantidad de rotación necesaria para dirigir los espejos hacia la posición actual del sol o a la posición prevista del sol en el día siguiente. En consecuencia, el sensor de efecto Hall únicamente se proporciona con energía cuando sea necesario. El sensor de efecto Hall recibe energía del nodo VDD 1560 a través de un transistor PNP 1630, que se activa por una señal baja ACTIVAR_SENSOR del procesador de control. El transistor PNP proporciona una tensión conmutada (Vsw) a la entrada de energía del sensor de efecto Hall.

Como se describió anteriormente, el procesador de control 1600 controla el motor 1300 a través de un circuito accionador de motor 1542. El accionador de motor recibe una señal MOTOR1 y una señal MOTOR2 del procesador de control. Cuando la señal MOTOR1 es alta y la señal MOTOR2 es baja, el circuito accionador de motor proporciona corriente al motor en una primera dirección desde un terminal SALIDA1 a un terminal SALIDA2 para hacer que el motor gire en una primera dirección (por ejemplo, en el sentido de las agujas del reloj). Cuando la señal MOTOR1 es baja y la señal MOTOR2 es alta, el circuito accionador de motor proporciona corriente al motor en la dirección opuesta desde el terminal SALIDA2 al terminal SALIDA1 para hacer que el motor funcione en la dirección opuesta (por ejemplo, en el sentido contrario a las agujas del reloj). El circuito accionador de motor recibe la tensión VMOTOR del reductor de tensión 1540 y recibe la tensión VDD del nodo VDD 1560. La tensión menor VMOTOR se utiliza para proporcionar la corriente para accionar el motor. La tensión mayor VDD acciona la circuitería lógica dentro del circuito accionador de motor. Por tanto, las corrientes del motor más altas no causan ruido en la tensión VDD que se utiliza para el procesador de control y los otros circuitos digitales.

Como se ilustra también en la figura 19, una entrada analógica a digital (Entrada AD) del procesador de control 1600 se conecta a una salida de un circuito intermedio analógico 1640. El circuito intermedio analógico comprende un amplificador operacional que tiene una entrada que está conectada para recibir la tensión (VCAPS) en los supercondensadores 1520, 1522. El procesador de control es capaz de supervisar la tensión en los supercondensadores al convertir la señal analógica en una señal digital en un convertidor analógico a digital interno. En realizaciones preferidas, el circuito intermedio analógico tiene una conexión de entrada de energía acoplada a la conexión de energía Vsw del sensor de efecto Hall 1370, de modo que el circuito intermedio analógico puede ser activado sólo cuando el procesador de control lee el valor de la tensión del supercondensador.

En ciertas realizaciones, la circuitería 1500 incluye además un receptor de sistema de posicionamiento global (GPS) 1650 montado sobre la tarjeta de circuitos en el cabezal de control 1060 y acoplado al procesador de control 1600 a través de una interfaz serial, tal como, por ejemplo, la interfaz SCI a través de las líneas de señal RxD y TxD. Una línea de señal ACTIVAR_GPS del procesador de control activa selectivamente el receptor GPS. El receptor GPS puede también tener su entrada de energía conectada a una fuente de alimentación conmutable (no mostrada) de una manera similar al circuito intermedio analógico 1640 y el sensor de efecto Hall 1370. Como veremos más adelante, se puede acceder al receptor GPS para obtener información precisa de la longitud y la latitud, así como información precisa de la fecha y la hora.

Las figuras 20, 21 y 22 ilustran el funcionamiento de rutinas de software ejemplares, que ejecutan las funciones principales que controlan la rotación y el posicionamiento de los espejos en la realización de las figuras 12 a 19. En particular, la figura 20 (que comprende las figuras 20A y 20B) ilustra una rutina principal de funcionamiento 2000 que se ejecuta cuando el procesador de control 1600 se pone en marcha inicialmente a partir de una condición de restablecimiento. La figura 21 (que comprende las figuras 21A, 21B, 21C y 21D) ilustra una rutina de control de movimiento 2200 que se activa por la rutina principal de funcionamiento. La figura 22 ilustra el restablecimiento de la rutina de energía 2400 que se activa por la rutina principal de funcionamiento.

Como se ilustra en la figura 20A, cuando comienza la rutina principal de funcionamiento 2000, el procesador de control 1600 primero desactiva un temporizador de circuito de vigilancia en un bloque de actividad 2010. En un bloque de actividad 2012, el temporizador de circuito de vigilancia se establece durante 8 segundos. El temporizador de circuito de vigilancia es una estructura lógica interna dentro del procesador de control que cuenta la cantidad de tiempo durante el que se establece. Si el procesador de control funciona correctamente, el procesador de control ejecutará una instrucción que restablece y reinicia el temporizador de circuito de vigilancia antes de que transcurra el tiempo establecido. Si el tiempo establecido transcurre antes de que se reinicie el temporizador de circuito de vigilancia, el temporizador de circuito de vigilancia genera una interrupción interna en el procesador de control para hacer que el procesador de control ejecute una rutina conocida para recuperarse de una condición de funcionamiento incorrecta.

Debido a que el procesador de control 1600 se ha iniciado a partir de una condición de restablecimiento, se desconoce el estado del procesador de control. En un bloque de actividad 2020, se inicializa el procesador de control. En el bloque actividad 2022, se inicializa el UART (interfaz de puerto SCI). En un bloque de actividad 2024, se lee un EEPROM interno para determinar los parámetros de funcionamiento actuales del procesador de control. En particular, el EEPROM almacena la longitud, la latitud y la corrección sur para una instalación en particular. El EEPROM almacena también un intervalo de tiempo predeterminado para utilizarse en el control del movimiento del sistema durante el día. Por ejemplo, en una realización preferida, el intervalo de tiempo predeterminado es de 5 minutos. El EEPROM está preprogramado ventajosamente con los valores antes de enviar el sistema para su instalación. El EEPROM también puede almacenar parámetros adicionales que pueden ser utilizados para las pruebas y la identificación del sistema, pero que no son pertinentes al funcionamiento del sistema como se describe en este documento.

En un bloque de actividad 2030, el procesador de control 1600 activa un USART interno para activar la interfaz SCI al puerto serial asíncrono (COMM1) y luego envía los datos al puerto serial a través de la interfaz SCI en un bloque de actividad 2040. El procesador de control activa el puerto serial asíncrono en caso de que el procesador de control

se alimente para la instalación inicial o para mantenimiento, en cuyo caso se puede acoplar un sistema externo a la interfaz SCI para comunicarse con el procesador de control.

En un bloque de actividad 2042, el procesador de control 1600 espera un segundo. Después, en un bloque de decisión 2044, el procesador de control determina si los datos seriales se recibieron a través del puerto serial. Si se reciben datos seriales, el procesador de control se conecta con un sistema externo. En consecuencia, el procesador de control avanza a un bloque de actividades 2050 y establece un indicador de estado de MODO interno en ESTABLECER_MODO. A continuación, el procesador de control avanza a un bloque de actividad Establecer Objetivos 2094 (figura 20B).

Si no se han recibido datos seriales en el momento de la verificación en el bloque de decisión 2044, el procesador de control 1600 determina en el bloque de decisión 2054 si se han completado tres intentos de verificación de los datos seriales de entrada. Si no se han completado los tres intentos, el procesador de control vuelve al bloque de actividad 2042 y espera otro segundo. Si ya se han hecho tres intentos sin recibir los datos seriales, el procesador de control avanza desde el bloque de decisión 2054 a un bloque de actividad 2070 (figura 20B).

En el bloque de actividad 2070, el procesador de control 1600 establece los valores objetivo. Básicamente, el procesador de control lee el reloj de tiempo real 1620 para determinar año, mes, día, hora y minuto actuales para utilizarlos en los cálculos de posición.

Después de ajustar los valores objetivo, el procesador de control 1600 establece el MODO en MODO_FUNCIONAMIENTO en el bloque de actividad 2072 y luego avanza a un bloque de actividad 2074. En el bloque de actividad 2074, el procesador de control desactiva el USART debido a que el USART no se utiliza durante los funcionamientos normales. El procesador de control establece a continuación un indicador de estado IR_A_RECIBIDO en CIERTO para indicar que el procesador de control es para controlar el movimiento del cabezal de control 1060. Después de establecer el indicador de estado IR_A_RECIBIDO, el procesador de control avanza a un bloque de actividad 2080. En el bloque de actividad 2080, el procesador de control lee la tensión (VCAPS) en los principales supercondensadores 1520, 1522 (figura 19) a través de los circuitos intermedios analógicos 2040. En un bloque de decisión 2082, el procesador de control determina si la tensión del supercondensador es de al menos 7 voltios. Si la tensión del supercondensador es de al menos 7 voltios, el proceso de control avanza al bloque de actividad 2094 y establece los valores objetivo (por ejemplo, la fecha y hora), como se explicó anteriormente.

Después de establecer los valores objetivo, el procesador de control 1600 avanza a un bloque de actividad 2096 y apaga el reductor de tensión 1540 y el elevador de tensión 1550 al suspender las señales ACTIVAR_REDUCTOR y ACTIVAR_ELEVADOR, respectivamente. El elevador y el reductor de tensión sólo se necesitan para generar energía para mover los motores y no se activan hasta que el procesador de control determina que se requiere el movimiento.

Después de apagar el elevador y el reductor, el procesador de control 1600 avanza a un bloque de actividad 2100 y restablece el temporizador de circuito de vigilancia. El procesador de control avanza luego a un bloque de actividad 2102 para ejecutar la rutina de control de movimiento 2200 que se ilustra en la figura 21. Cuando el procesador de control vuelve de la rutina de control de movimiento, el procesador de control vuelve al bloque de actividad 2100 para restablecer nuevamente el temporizador de circuito de vigilancia. El procesador de control permanece en este ciclo hasta que se restablece mediante un sistema externo o mediante la detección de una tensión baja mediante el supervisor de tensión 1610. El procesador de control también puede salir del ciclo si el temporizador de circuito de vigilancia termina.

Si el procesador de control 1600 determina en el bloque de decisión 2082 que la tensión del supercondensador (VCAPS) es menor de 7 voltios, el procesador de control avanza a un bloque de actividad 2110 para añadir 10 minutos al tiempo de alerta objetivo. El procesador de control establece a continuación los valores objetivo en un bloque de actividad 2112 para establecer los valores objetivo actualizados. En un bloque de actividad 2114, el procesador de control normaliza el tiempo para asegurar que el tiempo está en el formato apropiado para enviarlo al reloj de tiempo real 1620 y transfiere el tiempo de alerta al reloj de tiempo real. En particular, la rutina de normalizar tiempo asegura que el tiempo es correcto cuando el incremento en el tiempo de alerta objetivo funciona a través de un nuevo día, mes o año. La rutina de normalizar tiempo también se ocupa de los ajustes para el número de días de cada mes, incluyendo el ajuste de los años bisiestos. Después, el procesador de control disminuye la energía en un bloque de actividad 2116 hasta que recibe una interrupción del reloj de tiempo real cuando se produce el tiempo de activación. Cuando disminuye la energía de este modo, el procesador de control conserva un estado actual, de modo que el procesador de control vuelve al mismo estado al recibir la interrupción del reloj de tiempo real. El bloque de actividad de disminución de energía 2116 incluye una etapa de desactivación del temporizador de circuito de vigilancia a fin de que el temporizador de circuito de vigilancia no detecte un fallo causado por la inactividad del procesador de control, mientras está inactivo.

Las etapas de lectura de la tensión del supercondensador y de la demora selectiva durante 10 minutos adicionales se incluyen para ajustar un sistema que no ha sido instalado durante un tiempo considerable después de la carga inicial de los supercondensadores después de la fabricación. Si la tensión en los supercondensadores es demasiado

baja cuando se instalan inicialmente, la energía eléctrica del panel del conjunto de paneles solares 1200 cargará rápidamente los supercondensadores 1520, 1522, mientras que disminuye la energía del procesador de control 1600. Cuando la tensión es de al menos 7 voltios, el procesador de control ejecutará el bloque de actividad 2090 y las etapas posteriores.

La figura 21 (que comprende las figuras 21A, 21B, 21C y 21D) ilustra la rutina de control de movimiento 2200 que es solicitada por la rutina 2000. En un bloque de actividad 2210, el procesador de control 1600 establece los valores objetivo para actualizar los valores objetivo con cualquier cálculo reciente. En un bloque de actividad 2212, el procesador de control establece un valor interno que representa un contador de MOVIMIENTOS a un valor inicial de 0. El procesador de control restablece después el temporizador de circuito de vigilancia en el bloque de actividad 2214 para iniciar un nuevo recuento de 8 segundos. El procesador de control establece el contador de MOVIMIENTOS en MOVIMIENTOS+1 en un bloque de actividad 2216.

En un bloque de actividad 2220, el procesador de control 1600 lee el valor digital en los convertidores analógico-digitales conectados para recibir los valores Vx, VY y VCOM del sensor de efecto Hall 1370. Con el fin de acceder al sensor de efecto Hall, el procesador de control activa temporalmente la señal ACTIVAR_SENSOR para encender el transistor PNP 1630 a fin de proporcionar energía al sensor de efecto Hall. Después de leer los valores del sensor, el procesador de control calcula el ángulo actual del sensor de efecto Hall utilizando los nuevos valores en un bloque de actividad 2222. En un bloque de actividad 2224, el procesador de control calcula una posición angular absoluta actual del cabezal de control 1060 en función del valor actual del sensor de efecto Hall y de los parámetros guardados en base a la orientación de la barra de soporte horizontal 1032. En la realización ilustrada, el procesador de control también incluye un desplazamiento de la posición angular de la tarjeta de circuitos 1310 dentro del cabezal de control. En consecuencia, la posición angular absoluta actual representa con exactitud la dirección geográfica hacia la que los espejos están apuntando actualmente.

En un bloque de actividad 2230, el procesador de control 1600 establece inicialmente un parámetro interno MOVER_DIRECCIÓN en CCW para indicar la dirección usual del movimiento del cabezal de control 1060. En un bloque de actividad 2232, el procesador de control calcula el azimut del sol, de conformidad con la fecha y la hora actual leída por el reloj de tiempo real 1620 y de acuerdo con los valores de latitud y longitud que se almacenaron en el momento de la instalación. En una realización alternativa, los valores de latitud y longitud, así como la hora actual se pueden obtener a partir del sistema de posicionamiento global opcional (GPS) 1650 incluido como parte de la circuitería electrónica en la tarjeta de circuitos 1310. En particular, se puede acceder al GPS una vez después de una condición de restablecimiento para establecer la posición del sistema de seguimiento solar 1000 para una nueva instalación o después de que el sistema de seguimiento solar ha perdido energía (por ejemplo, después de desinstalarse y recolocarse en una nueva ubicación). También podría accederse al GPS periódicamente (por ejemplo, una vez al día) para verificar y actualizar la fecha y la hora proporcionadas por el reloj de tiempo real.

Después de calcular el azimut del sol, el procesador de control 1600 avanza a un bloque de decisión 2234 y determina si una altitud solar calculada es menor que 0 determinando de este modo si el sol está por debajo del horizonte en la posición actual, en el momento actual. Si la altitud del sol es de menos de 0, el procesador de control establece un parámetro EN_OSCURIDAD en un bloque de actividad 2236. Después, en un bloque de actividad 2238, el procesador de control calcula el tiempo de la siguiente salida del sol y calcula el azimut del sol en la hora del amanecer calculado. El procesador de control avanza después a un bloque de actividad 2240 (figura 21A). Si la altitud del sol es de al menos 0, el procesador de control avanza directamente al bloque de actividad 2240 sin establecer el parámetro EN_OSCURIDAD.

En el bloque de actividad 2240, el procesador de control 1600 establece un parámetro ÁNGULO_OBJETIVO para el ángulo calculado del azimut. El procesador de control avanza después a un bloque de decisión 2242 para comparar la posición angular medida actual con el ÁNGULO_OBJETIVO calculado. Si la posición angular actual es igual al ÁNGULO_OBJETIVO, los espejos están apuntando actualmente hacia el sol y ningún movimiento es necesario. El procesador de control avanza directamente a un bloque de decisión 2250 (figura 21D), el cual se describe a continuación. Si el ángulo actual no es igual al ÁNGULO_OBJETIVO, el procesador de control avanza a un bloque de actividad 2262 para calcular una CANTIDAD igual al ÁNGULO_OBJETIVO menos el ÁNGULO ACTUAL. La CANTIDAD es un ajuste calculado en grados. Dado que el cálculo puede dar lugar a un ajuste de menos de 0 grados o mayor de 360 grados, el procesador ejecuta un bloque de actividad 2264 para convertir una CANTIDAD de menos de 0 en una cantidad de entre 0 y 360, al agregar 360 y ejecuta un bloque de actividad 2266 para convertir una CANTIDAD mayor de 360 en una cantidad de entre 0 y 360, al restar 360. Sólo puede ejecutarse uno de los bloques de actividad 2264 y 2266 si la CANTIDAD está fuera del intervalo de 0 a 360. Si la CANTIDAD se encuentra entre 0 y 360, no se ejecuta ningún bloque de actividad.

Después de realizar cualquier cálculo requerido en el bloque de actividad 2264 o el bloque de actividad 2266, el procesador de control 1600 avanza a un bloque de decisión 2270 para determinar si la CANTIDAD calculada es al menos tan grande como 180 grados. Si la cantidad es de al menos 180 grados, el procesador de control avanza a un bloque de actividad 2272 y establece el parámetro MOVER_DIRECCIÓN en dirección opuesta al sentido de las agujas del reloj (CCW). El procesador de control avanza después a un bloque de actividad 2274 (figura 21C) donde el procesador de control resta la cantidad de 360. Básicamente, el procesador de control calcula una pequeña

cantidad de rotación en dirección opuesta al sentido de las agujas del reloj cuando la cantidad calculada en el sentido de las agujas del reloj es mayor o igual a 180 grados. El procesador de control avanza después a un bloque de decisión 2280.

Si la CANTIDAD calculada es menor de 180 grados, el procesador de control 1600 avanza del bloque de decisión 2270 a un bloque de actividad 2276, donde el procesador de control establece el parámetro MOVER_DIRECCIÓN en el sentido de las agujas del reloj (CW). El procesador de control avanza del bloque de actividad 2276 directamente al bloque de decisión 2280.

En el bloque de decisión 2280, el procesador de control 1600 prueba si la CANTIDAD es mayor de 6. Si la CANTIDAD es mayor de 6, el procesador de control avanza a un bloque de decisión 2282 y determina si el parámetro EN_OSCURIDAD es CIERTO. Si no se establece el parámetro EN_OSCURIDAD, el procesador de control ajusta la CANTIDAD a un valor máximo de 6 en un bloque de actividad 2284 y luego avanza a un bloque de decisión 2286. Si se establece el parámetro En_Oscuridad, el procesador de control avanza directamente al bloque de decisión 2286 sin ajustar el valor de la CANTIDAD. Si el procesador de control determina que la CANTIDAD no es mayor de 6, el procesador de control avanza directamente del bloque de decisión 2280 al bloque de decisión 2286. Como veremos más adelante, la CANTIDAD representa la cantidad angular de rotación permitida por el funcionamiento del motor. Durante el día, la CANTIDAD está limitada a 6 grados. Por la noche, la CANTIDAD puede ser mayor de 6, de manera que los espejos se pueden girar rápidamente a una posición calculada para la mañana siguiente.

En el bloque de decisión 2286, el procesador de control 1600 determina si el valor actual del parámetro MOVIMIENTOS es igual a 1. Si el parámetro MOVIMIENTOS es igual a 1, el procesador de control avanza a un bloque de decisión 2288 y de nuevo prueba si el parámetro EN_OSCURIDAD es CIERTO. Si el parámetro En_Oscuridad no es cierto, el procesador de control avanza a un bloque de actividad 2290 (figura 21D) y multiplica la CANTIDAD 1.5 veces para hacer que el primer movimiento diurno en una secuencia de movimientos sea mayor que los movimientos posteriores. El procesador de control avanza luego a un bloque de decisión 2292.

Si el parámetro En_Oscuridad es CIERTO en el bloque de decisión 2288 o si el recuento MOVIMIENTOS no es igual a 1 en el bloque de decisión 2286, el procesador de control 1600 no pasa por el bloque de actividad 2290 y avanza directamente al bloque de decisión 2292.

En el bloque de decisión 2292, el procesador de control 1600 determina si la CANTIDAD es mayor de 1. Si la CANTIDAD no es mayor de 1, el procesador de control avanza al bloque de decisión 2250, que se describe más adelante.

Si la CANTIDAD es mayor de 1, el procesador de control 1600 avanza del bloque de decisión 2292 a un bloque de actividad 2300. En el bloque de actividad 2300, el procesador de control activa el reductor de tensión 1540 para generar la tensión Vmotor para el circuito accionador de motor 1542 y activa el elevador de tensión 1550 de modo que la tensión en el nodo VDD 1560 se proporcione con una fuente de alimentación consistente CC derivada de la energía almacenada en los principales supercondensadores 1520, 1522 durante el funcionamiento del motor. Durante los tiempos en los que no está funcionando el motor, la tensión Vdd almacenada en el supercondensador pequeño 1562 en el nodo VDD es suficiente para hacer funcionar los circuitos digitales, y no se necesita ni el reductor de tensión ni el elevador de tensión durante esos tiempos.

En el bloque de actividad 2300, el procesador de control 1600 envía señales al circuito accionador de motor 1542 para activar el motor 1300 durante una cantidad de tiempo que corresponde a la CANTIDAD calculada y ajustada. Después de que se completa el movimiento del motor, el procesador de control apaga el reductor de tensión 1540 y el elevador de tensión 1550. A partir de entonces, el procesador de control vuelve al bloque de actividad 2214 (figura 21A) y repite el proceso ya descrito, hasta que el procesador de control avanza al bloque de decisión 2250 cuando la CANTIDAD no es mayor de 1 (bloque de decisión 2290) o el Ángulo_Actual es igual al Ángulo_Objetivo (bloque de decisión 2242 en la figura 21B).

Como se comentó anteriormente, el procesador de control 1600 avanza al bloque de decisión 2250 desde el bloque de decisión 2242 (figura 21B) cuando el ÁNGULO_ACTUAL es igual al ÁNGULO_OBJETIVO o desde el bloque de decisión 2292, cuando la CANTIDAD no es mayor de 1. En cualquiera de los dos casos, no se deberá efectuar ningún movimiento durante el paso actual a través de la rutina de control de movimiento 2200. En el bloque de decisión 2250, el procesador de control determina si el indicador de estado EN_OSCURIDAD es CIERTO. Si el indicador de estado EN_OSCURIDAD no es CIERTO cuando se prueba en el bloque de decisión 2250, el procesador de control avanza a un bloque de actividad 2310 y añade el intervalo de tiempo (por ejemplo, 5 minutos en la realización ilustrada) al tiempo previo de alarma anterior, de modo que el procesador de control se alertará de nuevo a los 5 minutos. El procesador de control avanza después a un bloque de actividad 2312. Si el indicador de estado EN_OSCURIDAD es CIERTO, el procesador de control avanza directamente a un bloque de actividad 2312 desde el bloque de decisión 2310 sin ajustar el tiempo de alarma, que ya ha sido calculado para la hora de la siguiente salida del sol.

En el bloque de actividad 2312, el procesador de control normaliza el tiempo de activación y transfiere el tiempo de activación al reloj de tiempo real 1620 como un valor de alarma. El procesador de control avanza entonces a un bloque de actividad 2314, donde el procesador de control suspende cualquier tensión innecesaria y cesa la actividad hasta que el procesador de control reciba una interrupción del reloj de tiempo real en el tiempo designado de alarma. El procesador de control también desactiva el temporizador de circuito de vigilancia durante este tiempo, de manera que el temporizador de circuito de vigilancia no restablece el procesador de control durante esta parte del funcionamiento normal del procesador de control. Las actividades para disminuir la tensión hasta que se reciba la siguiente alarma se ilustran en la figura 22, que se describe más adelante.

Durante el día, el tiempo de alarma se establece ventajosamente a una hora seleccionada después de la hora actual. Por ejemplo, en una realización, el tiempo de alarma se establece durante cinco minutos después de la hora actual, de modo que el procesador de control 1600 se activa cada cinco minutos para determinar la distancia hasta la que hay que hacer girar el cabezal de control con el fin de dirigir los espejos hacia el sol. En realizaciones alternativas, el intervalo para los tiempos de alarma puede variarse. Por ejemplo, durante las primeras horas de la mañana y las últimas horas de la tarde, durante el verano, la elevación del sol puede cambiar rápidamente sin cambios significativos en la posición azimutal. Por tanto, el procesador de control puede activarse con menos frecuencia. Durante la mitad de las horas del día, la posición azimutal cambia más rápidamente, y el procesador de control puede usar un intervalo más pequeño entre las horas de activación. Después de que se pone el sol, los espejos giran rápidamente a la posición azimutal calculado del sol para la mañana siguiente, y la alarma de activación se establece a una hora calculada después de la salida del sol.

Cuando se produce la hora de activación y el reloj de tiempo real 1620 interrumpe el procesador de control 1600, el procesador de control ejecuta un bloque de actividad 2320 en el que el procesador de control lee la EEPROM interna para recuperar los valores de longitud y latitud y el valor de corrección sur. El procesador de control también vuelve a activar el temporizador de circuito de vigilancia. Después, el procesador de control avanza a un bloque de decisión 2322 y determina si el indicador de estado EN_OSCURIDAD se establece en CIERTO. Si el indicador de estado EN_OSCURIDAD es CIERTO, el procesador de control se activa después de disminuir la energía durante la noche, de lo contrario, el procesador de control se activa después de un movimiento previo durante el día.

Si el indicador de estado EN_OSCURIDAD es CIERTO, el procesador de control 1600 avanza desde el bloque de decisión 2322 a un bloque de actividad 2330, donde el procesador de control establece los valores OBJETIVO y luego avanza a un bloque de actividad de 2332, donde el procesador de control establece el indicador de estado EN_OSCURIDAD en FALSO. Después, el procesador de control sale de la rutina de control de movimiento y vuelve a la rutina principal en la figura 20B.

La figura 22 ilustra la rutina de disminución de energía 2400 que es activada por el procesador de control 1600 desde el bloque de actividad 2314 en la figura 21D y también desde el bloque de actividad 2116 en la figura 20B. En la rutina de disminución de energía, el procesador de control suspende toda la energía innecesaria y luego se suspende a sí mismo en un modo de reposo hasta que es activado por una interrupción de alarma del reloj de tiempo real 1620. Durante el modo de reposo, el procesador de control consume un mínimo de energía.

La rutina de disminución de energía 2400 se inicia en el bloque de actividad 2410, donde el procesador de control 1600 establece el día y la hora de la alarma usando los valores de fecha y hora normalizados calculados en las etapas descritas anteriormente. Después, en un bloque de actividad 2412, el procesador de control suspende cualquier dispositivo innecesario, incluido el reductor de tensión 1540, el elevador de tensión 1550, el sensor de efecto Hall 1370, el circuito intermedio analógico 1640, y cualquier dispositivo internamente conmutable, tal como, las interfaces de comunicaciones descritas anteriormente.

Después de suspender los dispositivos innecesarios, el procesador de control 1600 avanza a un bloque de actividad 2420 y restablece cualquier interrupción previamente recibida de manera que una interrupción no estará presente cuando el procesador de control active las interrupciones en la siguiente etapa. El procesador de control avanza después a un bloque de actividad 2422 y activa las interrupciones. El procesador de control activa entonces el modo de reposo del procesador en un bloque de actividad 2424. En particular, el procesador de control selecciona un modo en el que se detendrán todos los procesos no esenciales, incluida la operación de instrucción. Después de seleccionar el modo de reposo, el procesador de control desactiva el temporizador de circuito de vigilancia, de manera que el temporizador de circuito de vigilancia no generará una interrupción, sólo unos pocos segundos después de que el procesador de control deje de ejecutar instrucciones.

Después de configurar el sistema para reposar en los bloques anteriores, el procesador de control 1600 avanza a un bloque de actividad 2440, donde el procesador de control ejecuta la instrucción que hace que el procesador de control entre en el modo de reposo seleccionado. Cuando se ejecuta la instrucción, toda nueva ejecución de instrucción se detiene. El contador de instrucciones dentro del procesador de control se establece a la siguiente instrucción para su ejecución cuando el procesador de control reciba la interrupción de alarma de activación proveniente del reloj de tiempo real 1620. El procesador de control permanece en estado de reposo durante tan sólo cinco minutos durante el día. La duración del estado de reposo durante la noche variará de acuerdo con la época del año y la latitud en la que está instalado el sistema.

Cuando el reloj de tiempo real 1620 alcanza la fecha y la hora fijadas para la alarma, el reloj de tiempo real activa la interrupción del hardware para el procesador de control 1600, como se representa mediante un bloque 2450. El hardware que maneja la interrupción dentro del procesador de control responde a la interrupción del hardware mediante la activación de la lógica de ejecución de instrucción dentro del procesador de control, lo cual hace que el procesador de control ejecute la instrucción que sigue a la instrucción de reposo en el bloque de actividad 2440. En particular, el procesador de control se activa y reanuda la ejecución de instrucciones en un bloque de actividad 2460. El procesador de control desactiva primero el modo de reposo del procesador en un bloque de actividad de 2470 de manera que cualquier ejecución accidental de una instrucción de ir a reposo no pueda hacer que el procesador de control vaya a reposo hasta que el reloj de tiempo real se haya programado con una nueva fecha y hora de alarma posterior a la fecha y hora actuales. El procesador de control activa entonces el temporizador de circuito de vigilancia en un bloque de actividad 2472 y regresa a la rutina que solicitó la rutina de disminución de energía 2400. Por ejemplo, si el bloque de actividad 2314 solicitó la rutina de disminución de energía en la figura 21D, el procesador de control vuelve al bloque de actividad 2320 y ejecuta las funciones descritas anteriormente.

Como se describió anteriormente, la unidad de seguimiento solar se autoalimenta de energía solar e incluye características de ahorro de energía que permiten que la unidad funcione durante muchos años sin necesidad de comunicaciones externas y sin necesidad de una fuente externa de energía. En particular, el procesador de control 1600 se programa para interrumpir todos los dispositivos innecesarios hasta que se necesiten para mover el cabezal de control o para medir la posición angular actual del cabezal de control. Mediante la aplicación de las funciones de ahorro de energía, el sistema es capaz de funcionar basándose únicamente en el conjunto de paneles solares 1200 para mantener los supercondensadores en una condición cargada.

Un experto en la técnica apreciará que las realizaciones anteriores son ilustrativas de la presente invención. La presente invención se puede incorporar ventajosamente en realizaciones alternativas, mientras estén dentro del alcance de la presente invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de seguimiento solar (100) que puede instalarse por encima de una claraboya de un edificio,

comprendiendo:

una caja de control (120); y

una estructura de soporte vertical (112) que se puede colocar por encima de una parte central de la claraboya, teniendo la estructura de soporte vertical una parte superior que recibe un árbol (122) que se extiende por debajo de la caja de control,

un motor eléctrico (124) dentro de la caja de control que acciona la caja de control alrededor del árbol que se extiende por debajo de la caja de control;

un circuito de control de movimiento (276) dentro de la caja de control que controla el motor para hacer que la caja de control gire alrededor del árbol que se extiende por debajo de la caja de control;

un circuito de alimentación de tensión (252) dentro de la caja de control para proporcionar energía eléctrica al circuito de control de movimiento y al motor;

un conjunto de paneles solares (130) que produce energía eléctrica en respuesta a la luz solar y que proporciona la energía eléctrica al circuito de alimentación de tensión dentro de la caja de control en cantidad suficiente para hacer funcionar la caja de control sin ninguna otra fuente de alimentación eléctrica; y

una estructura de soporte de espejo (140) acoplada a la caja de control para girar con la caja de control, soportando la estructura de soporte de espejo una pluralidad de espejos (150, 152, 154) colocados en un ángulo para reflejar la luz solar a través de la claraboya en el edificio.

caracterizado por que cada uno del conjunto de paneles solares (130) y el circuito de alimentación de tensión están acoplados mecánicamente a la caja de control para girar con la caja de control.

2. Sistema de seguimiento solar (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el circuito de control de movimiento (276) está configurado para hacer girar intermitentemente la caja de control (120) durante las horas diurnas para colocar el al menos un espejo (150, 152, 154) hacia posiciones calculadas del sol, y en el que el circuito de control de movimiento está configurado para hacer girar la caja de control al final de un día a una posición calculada del sol al amanecer del siguiente día siguiente.

3. Sistema de seguimiento solar (100) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el circuito de control de movimiento (276) está configurado para calcular la posición de la posición azimutal del sol en base a la fecha y a la hora del día, y en base a al menos la posición de latitud y longitud del sistema de seguimiento solar.

4. Sistema de seguimiento solar (100) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la posición de latitud y longitud se almacenan de forma permanente en una memoria no volátil dentro de la circuitería de control de movimiento (276).

5. Sistema de seguimiento solar (100) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la posición de latitud y longitud y la fecha y la hora del día se obtienen mediante el acceso a un receptor de posicionamiento global incorporado en la circuitería de control de movimiento (276).

6. Sistema de seguimiento solar (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el circuito de alimentación de tensión comprende:

un primer circuito generador de tensión que comprende componentes pasivos acoplados a la salida eléctrica del conjunto de paneles solares (130), cargando el primer circuito generador de tensión al menos un primer condensador de almacenamiento a una tensión variable, limitándose la tensión variable a través del condensador de almacenamiento a un valor máximo mediante el primer dispositivo limitador de tensión;

un segundo circuito generador de tensión que comprende componentes pasivos acoplados a la salida eléctrica del conjunto de paneles solares, comprendiendo el segundo circuito generador de tensión un segundo dispositivo limitador de tensión para proporcionar una tensión de salida limitada, proporcionándose la tensión de salida limitada a un nodo de tensión común, estando el nodo común acoplado a los terminales de entrada de energía de dispositivos digitales en el circuito de control de movimiento;

un tercer circuito generador de tensión que comprende un reductor de tensión (1540) acoplado para recibir la tensión variable del primer circuito de tensión, produciendo el reductor de tensión una primera tensión constante cuando es

activado por el circuito de control de movimiento, siendo la primera tensión constante proporcionada como una fuente de alimentación para el motor eléctrico (124);

un cuarto circuito generador de tensión que comprende un elevador de tensión (1550) acoplado para recibir la primera tensión constante, produciendo el elevador de tensión una segunda tensión constante cuando es activado por la unidad de control de movimiento (276), proporcionándose la segunda tensión constante al nodo de tensión común de manera que la tensión en el nodo de tensión común es la tensión más alta entre la tensión de salida limitada del segundo circuito generador de tensión o la segunda tensión constante; y

un segundo condensador de almacenamiento acoplado al nodo de tensión común para ser cargado por la tensión más alta entre la tensión de salida limitada del segundo circuito generador de tensión o la segunda tensión constante del cuarto circuito generador de tensión, y para suministrar energía eléctrica al nodo de tensión común cuando la tensión de salida limitada y la segunda tensión constante son ambas menores que la tensión a través del segundo condensador de almacenamiento.

7. Sistema de seguimiento solar (100) de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el reductor de tensión (1540) es activado de manera selectiva por una señal de activación proveniente del circuito de control de movimiento (276), y en el que la señal de activación se mantiene en un estado inactivo hasta que el circuito de control de movimiento recibe una tensión suficiente del primer circuito generador de tensión para ser totalmente operativo.

8. Sistema de seguimiento solar (100) de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el primer condensador de almacenamiento es un supercondensador.

9. Sistema de seguimiento solar (100) de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el primer condensador de almacenamiento tiene una capacidad de al menos 1 faradio.

10. Sistema de seguimiento solar (100) de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el segundo condensador de almacenamiento es un supercondensador.

11. Sistema de seguimiento solar (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

la caja de control (120) tiene una pared exterior que está atravesada por al menos unas aberturas primera y segunda (300, 302) situadas en posiciones angulares primera y segunda correspondientes con respecto a un eje de rotación del árbol de motor (122), admitiendo cada abertura un haz correspondiente de luz solar en la caja de control cuando la abertura correspondiente está orientada en una dirección generalmente hacia el sol;

la caja de control incluye al menos un fotodetector (310), estando el fotodetector situado en la caja de control en una posición angular entre las posiciones angulares primera y segunda de las aberturas primera y segunda, de modo que el fotodetector esté en una posición con sombra entre los haces de luz solar admitidos a través de las aberturas primera y segunda a menos que la caja de control gire a una posición para permitir que el haz de luz solar admitido a través de una de las aberturas primera y segunda incida sobre el fotodetector; y la circuitería de control es sensible a la señal eléctrica proveniente del fotodetector para ajustar la posición angular de la caja de control para hacer que el fotodetector se encuentre protegido del sol entre los haces de luz solar provenientes de las aberturas primera y segunda.

12. Sistema de seguimiento solar (100) de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el conjunto de paneles solares (130) y el al menos un espejo (150, 152, 154) están configurados para quedar orientados hacia el sol cuando el fotodetector (310) está protegido de la luz solar que pasa a través de cualquiera de las dos aberturas (300, 302).

13. Sistema de seguimiento solar (100) de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el fotodetector (310) está configurado para ser inactivo cuando el fotodetector se encuentra protegido de los haces de luz solar que pasan a través de las dos aberturas (300, 302).

14. Sistema de seguimiento solar (100) de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la circuitería de control es sensible a una señal activa procedente del fotodetector (310) y está configurada para determinar automáticamente qué abertura (300, 302) está admitiendo la luz solar que incide sobre el fotodetector y está configurada además para colocar la caja de control (210) de manera que el fotodetector quede situado en la sombra entre los haces de luz solar provenientes las aberturas primera y segunda.

15. Sistema de seguimiento solar (100) de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la circuitería de control está configurada para adaptarse automáticamente a una nueva instalación para hacer girar la caja de control (120) hasta que el fotodetector (310) detecte la luz solar a través de una de las aberturas (300, 302) y para hacer girar a continuación la caja de control hasta que el fotodetector detecte la luz solar a través de la otra abertura, en el que la circuitería de control está configurada para ser sensible a la dirección de rotación de manera que, cuando el fotodetector detecte la luz solar a través de la otra abertura, la circuitería de control determine si el sistema de seguimiento solar se encuentra situado en el hemisferio norte o el hemisferio sur, y en el que la circuitería de control

está configurada para establecer la dirección de rotación de la caja de control de acuerdo con la posición del sistema de seguimiento solar.

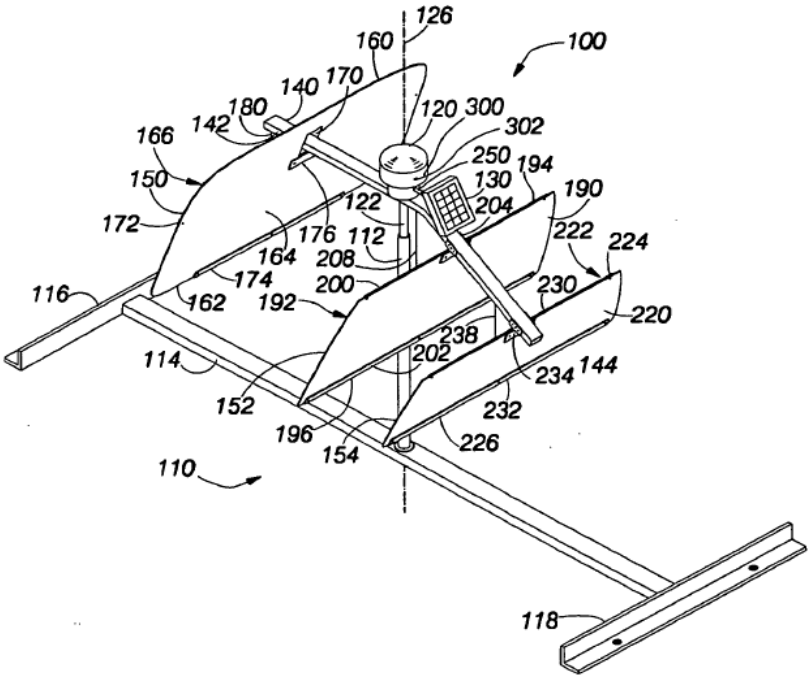
126
160
100
140
170
180
120
300
142
302
166
250
194
150
130
190
122
204
172
176
112
222
224
164
208
174
200
230
116
162
192
220
238
202
114
234
144
152
232
196
226
154
110
118

FIG. 1

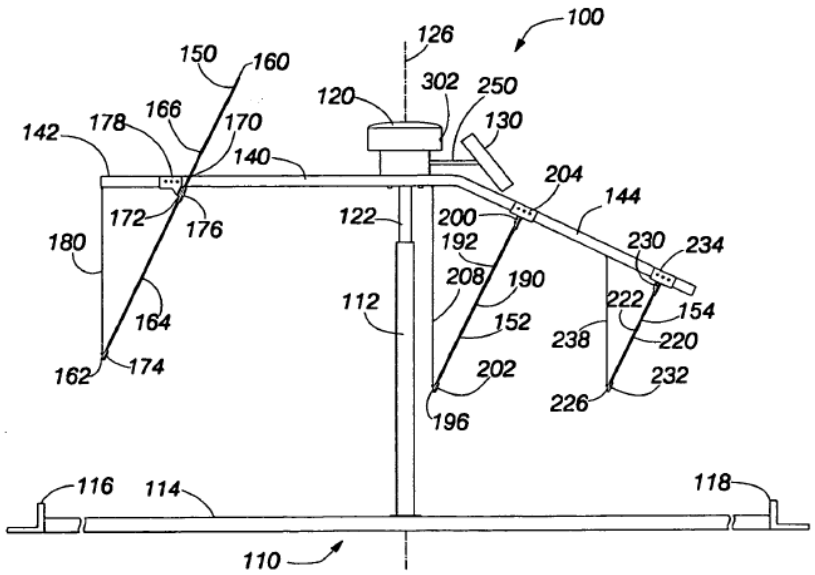
100
126
150
160
120
302
250
130
142
178
166
170
140
204
144
172
176
122
200
192
230
234
180
208
190
222
154
164
112
152
238
220
162
174
202
232
226
196
116
114
118
110

FIG. 2

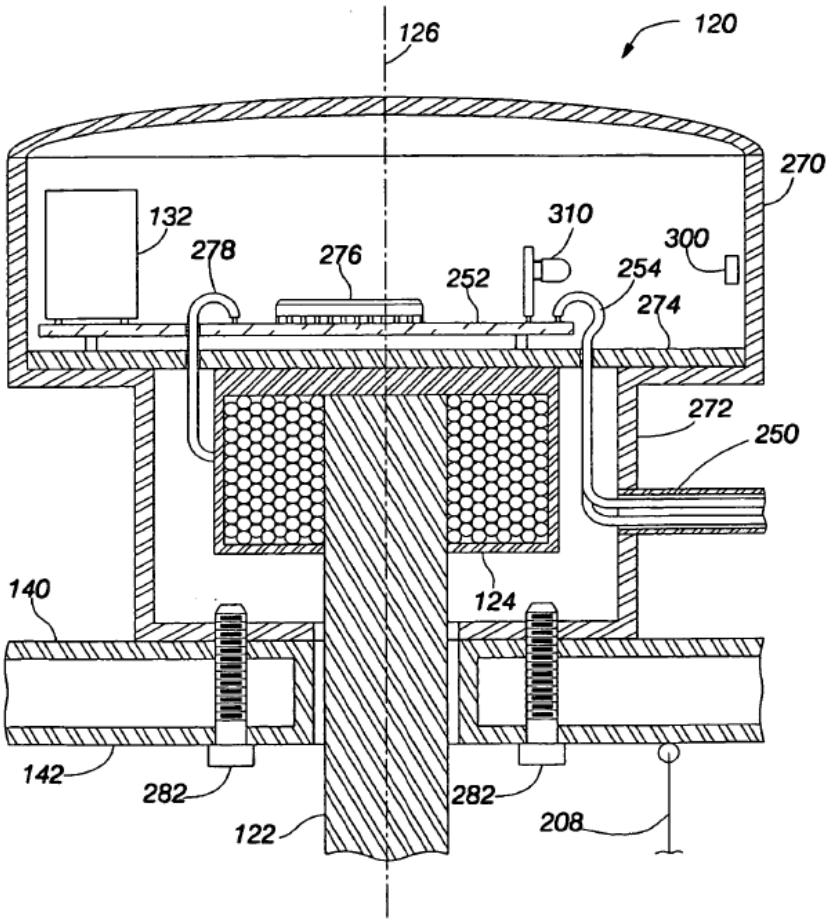
126
120
270
132
310
300
278
276
252
254
274
272
250
140
124
142
282
282
122
208

FIG. 3

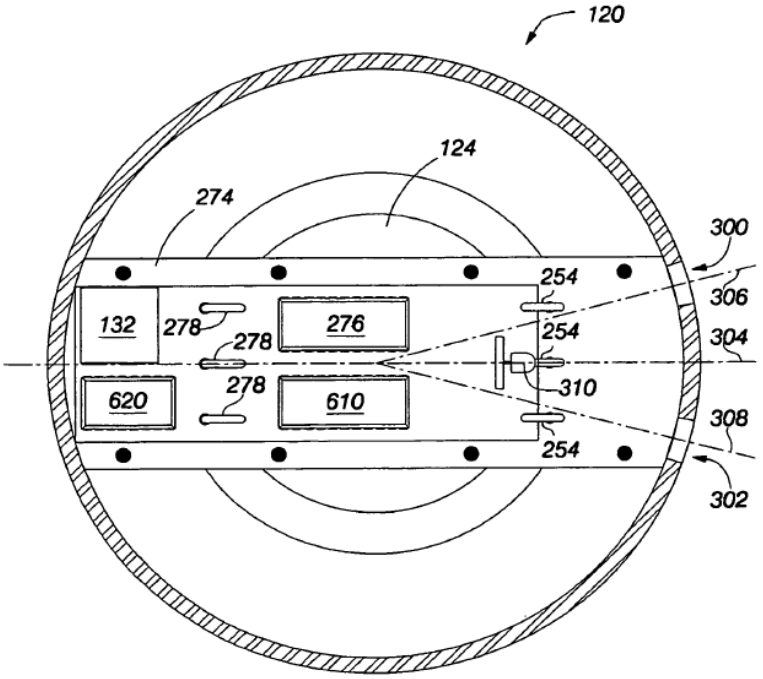
120
124
274
300
306
304
308
302
254
254
254
132
278
278
276
278
620
610
310

FIG. 4

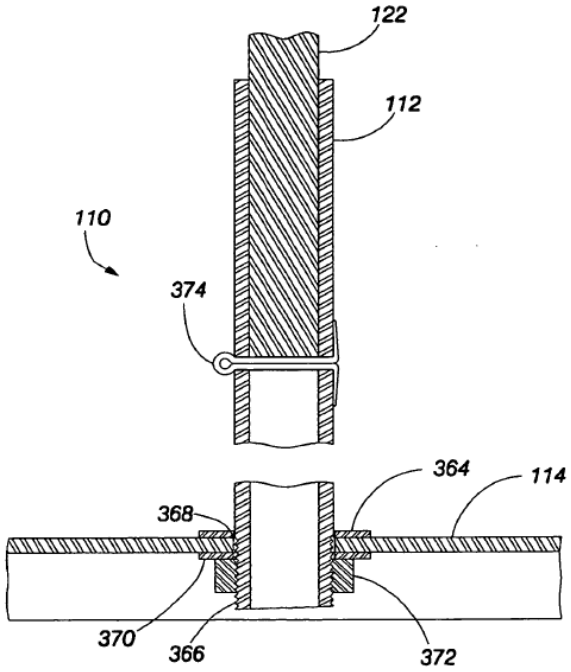

FIG. 5

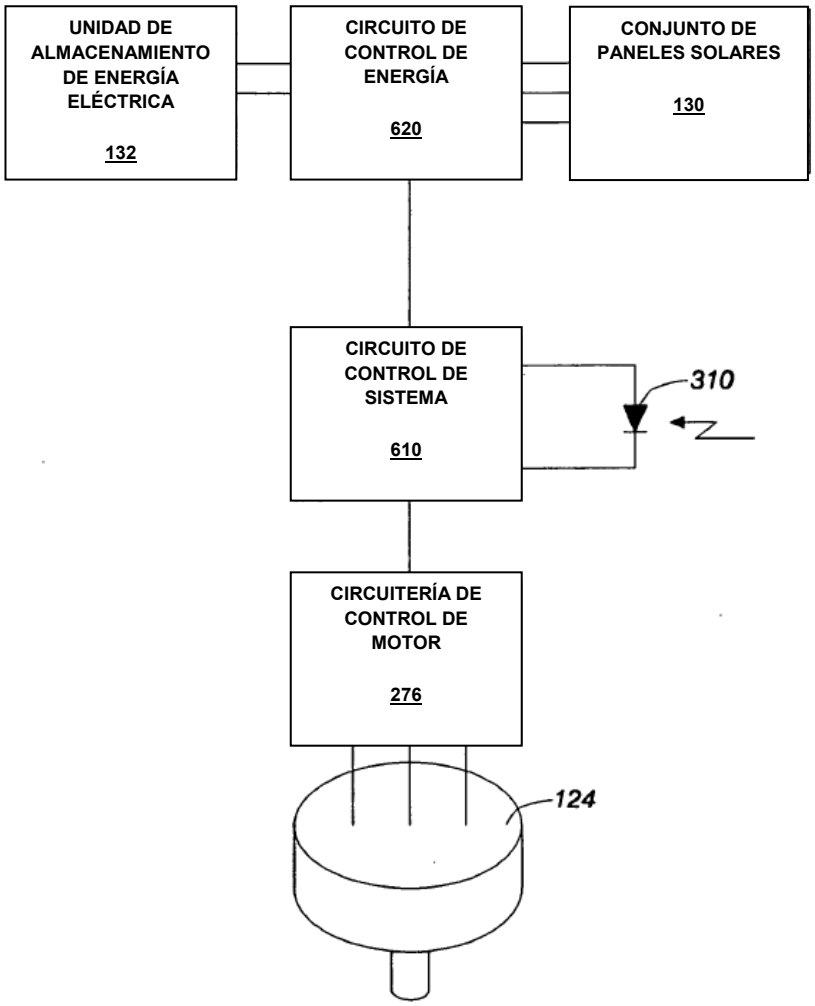
UNIDAD DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
132
CIRCUITO DE CONTROL DE ENERGÍA
620
CONJUNTO DE PANELES SOLARES
130
CIRCUITO DE CONTROL DE SISTEMA
610
310
CIRCUITERÍA DE CONTROL DE MOTOR
276
124

FIG. 6

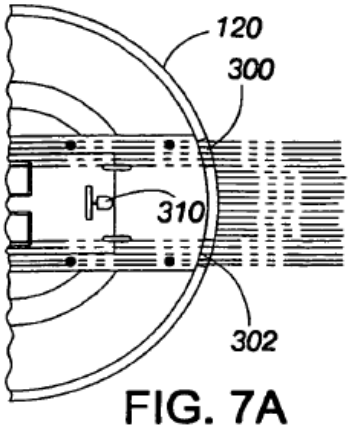

FIG. 7A

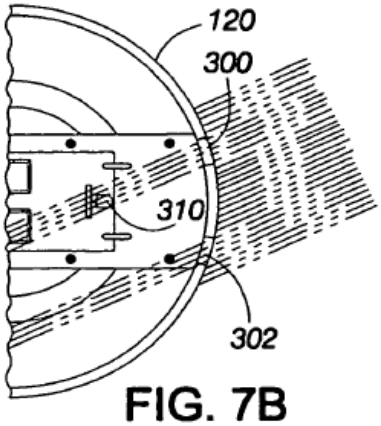

FIG. 7B

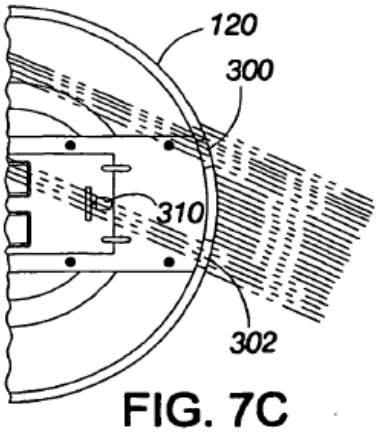

FIG. 7C

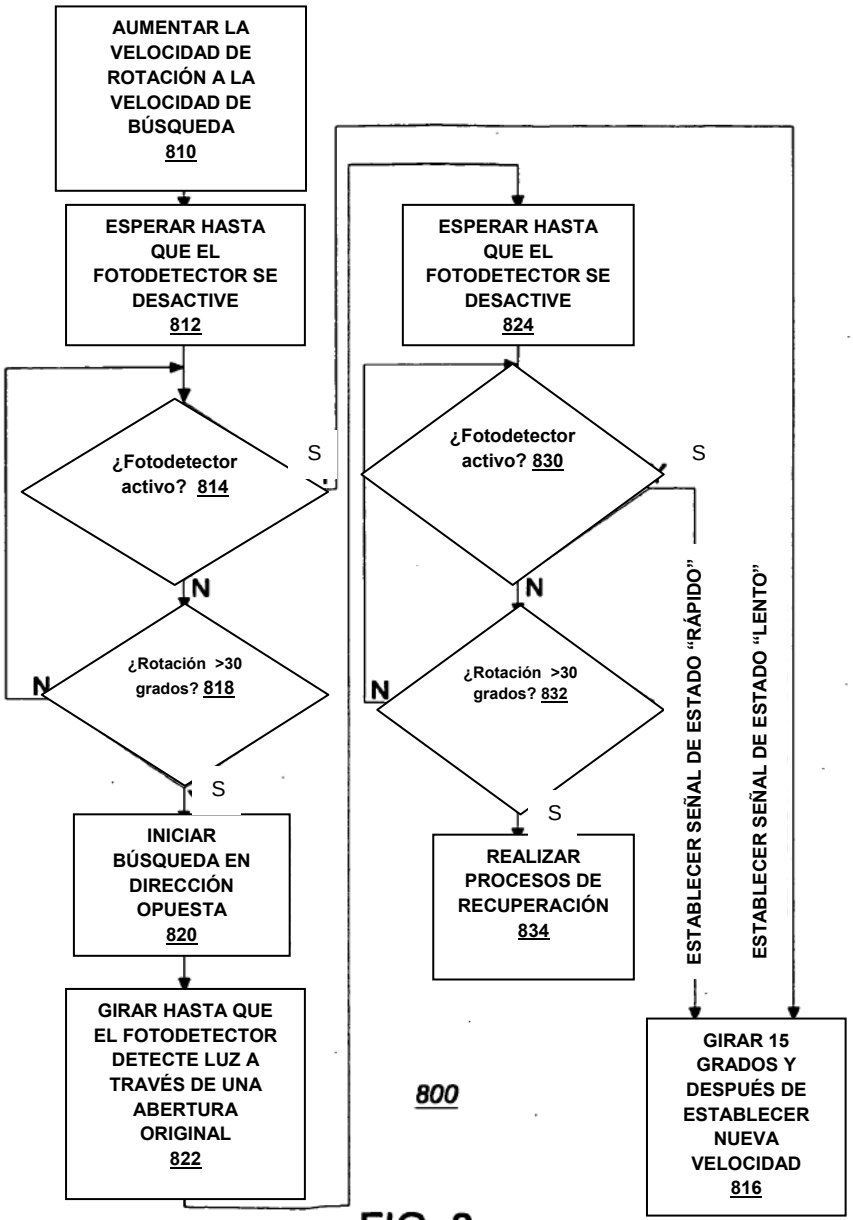
AUMENTAR LA VELOCIDAD DE ROTACIÓN A LA VELOCIDAD DE BÚSQUEDA 810
ESPERAR HASTA QUE EL FOTODETECTOR SE DESACTIVE 812
¿Fotodetector activo? 814
S
N
¿Rotación >30 grados? 818
N
S
INICIAR BÚSQUEDA EN DIRECCIÓN OPUESTA 820
GIRAR HASTA QUE EL FOTODETECTOR DETECTE LUZ A TRAVÉS DE UNA ABERTURA ORIGINAL 822
ESPERAR HASTA QUE EL FOTODETECTOR SE DESACTIVE 824
¿Fotodetector activo? 830
S
N
¿Rotación >30 grados? 832
N
S
REALIZAR PROCESOS DE RECUPERACIÓN 834
ESTABLECER SEÑAL DE ESTADO "RÁPIDO"
ESTABLECER SEÑAL DE ESTADO "LENTO"
GIRAR 15 GRADOS Y DESPUÉS DE ESTABLECER NUEVA VELOCIDAD 816
800

FIG. 8

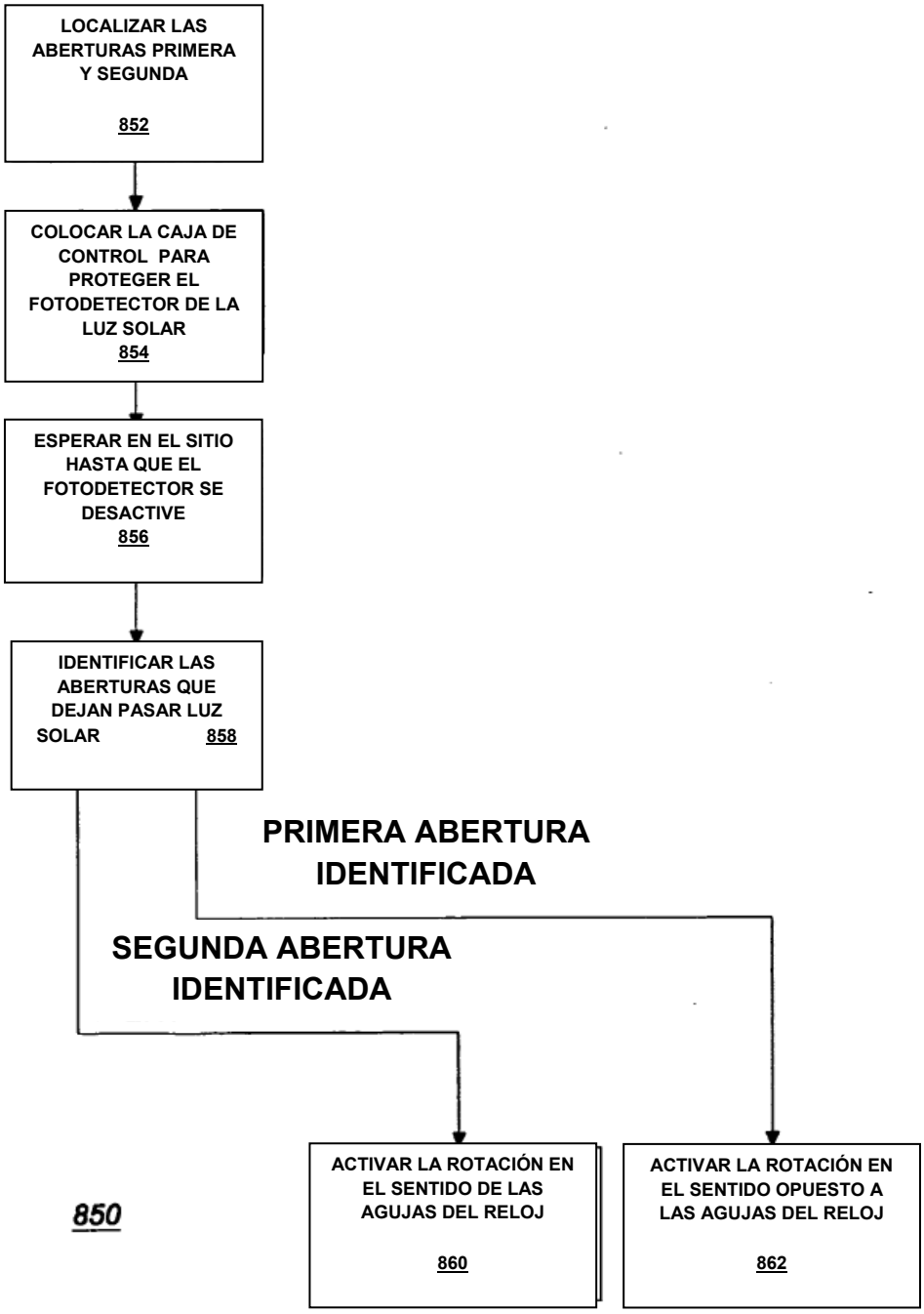
LOCALIZAR LAS ABERTURAS PRIMERA Y SEGUNDA
852
COLOCAR LA CAJA DE CONTROL PARA PROTEGER EL FOTODETECTOR DE LA LUZ SOLAR
854
ESPERAR EN EL SITIO HASTA QUE EL FOTODETECTOR SE DESACTIVE
856
IDENTIFICAR LAS ABERTURAS QUE DEJAN PASAR LUZ SOLAR
858
PRIMERA ABERTURA IDENTIFICADA
SEGUNDA ABERTURA IDENTIFICADA
850
ACTIVAR LA ROTACIÓN EN EL SENTIDO DE LAS AGUJAS DEL RELOJ
860
ACTIVAR LA ROTACIÓN EN EL SENTIDO OPUESTO A LAS AGUJAS DEL RELOJ
862

FIG. 9

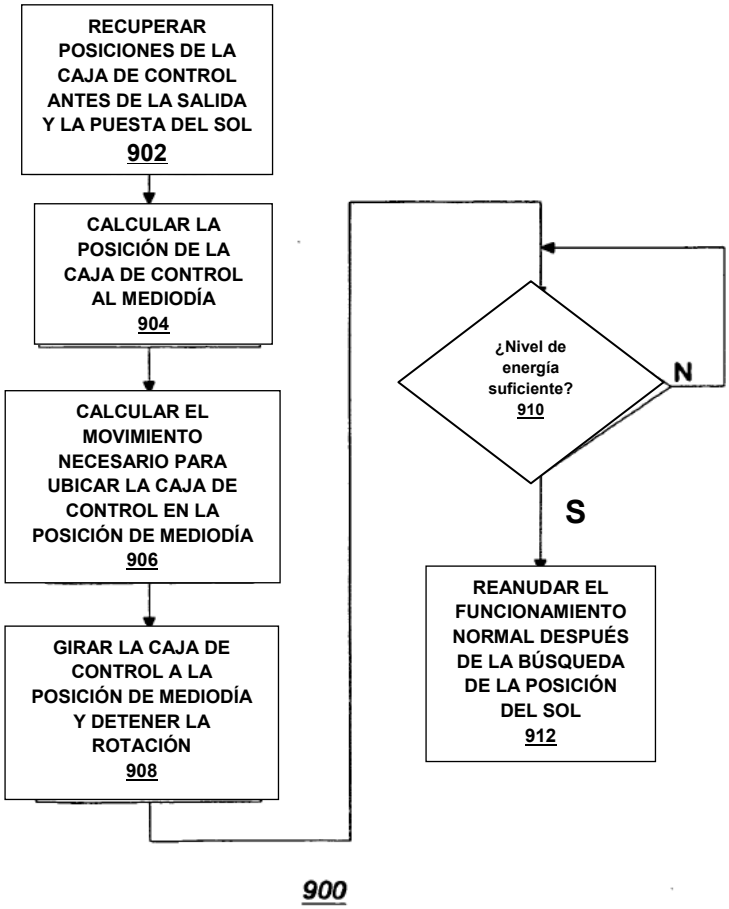
RECUPERAR POSICIONES DE LA CAJA DE CONTROL ANTES DE LA SALIDA Y LA PUESTA DEL SOL
902
CALCULAR LA POSICIÓN DE LA CAJA DE CONTROL AL MEDIODÍA
904
CALCULAR EL MOVIMIENTO NECESARIO PARA UBICAR LA CAJA DE CONTROL EN LA POSICIÓN DE MEDIODÍA
906
GIRAR LA CAJA DE CONTROL A LA POSICIÓN DE MEDIODÍA Y DETENER LA ROTACIÓN
908
¿Nivel de energía suficiente?
910
N
S
REANUDAR EL FUNCIONAMIENTO NORMAL DESPUÉS DE LA BÚSQUEDA DE LA POSICIÓN DEL SOL
912
900

FIG. 10

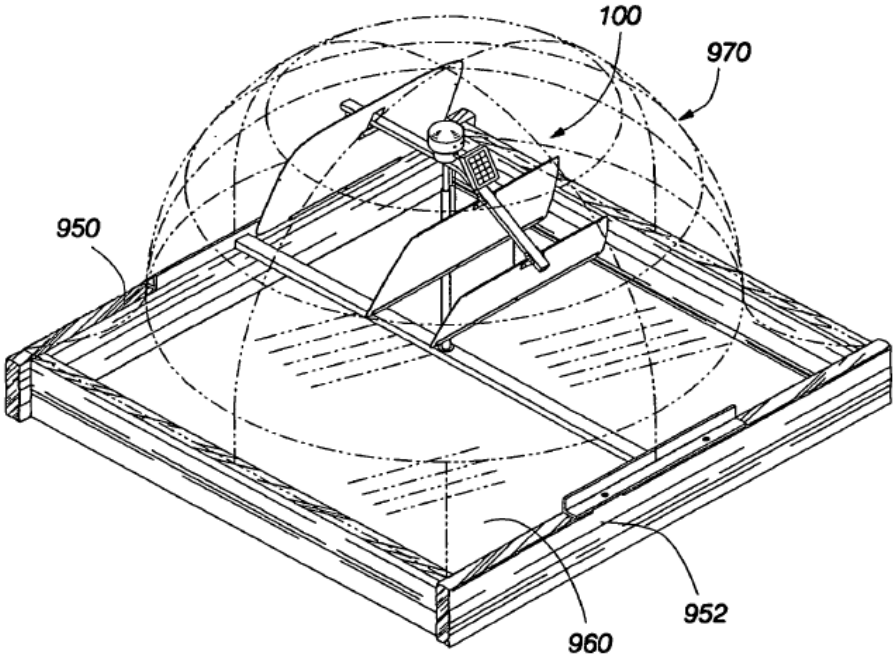

FIG. 11

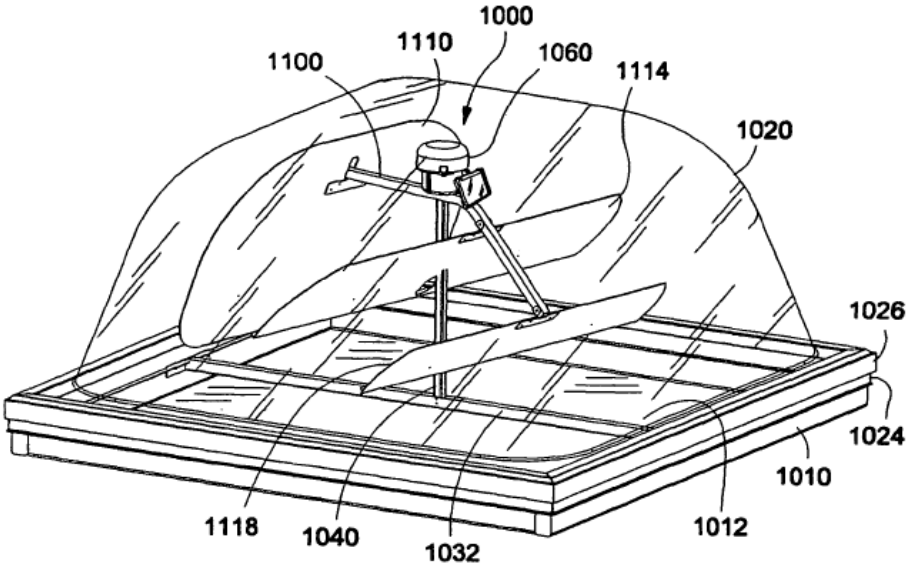
1000
1110
1100
1060
1114
1020
1026
1024
1010
1012
1118
1040
1032

FIG. 12

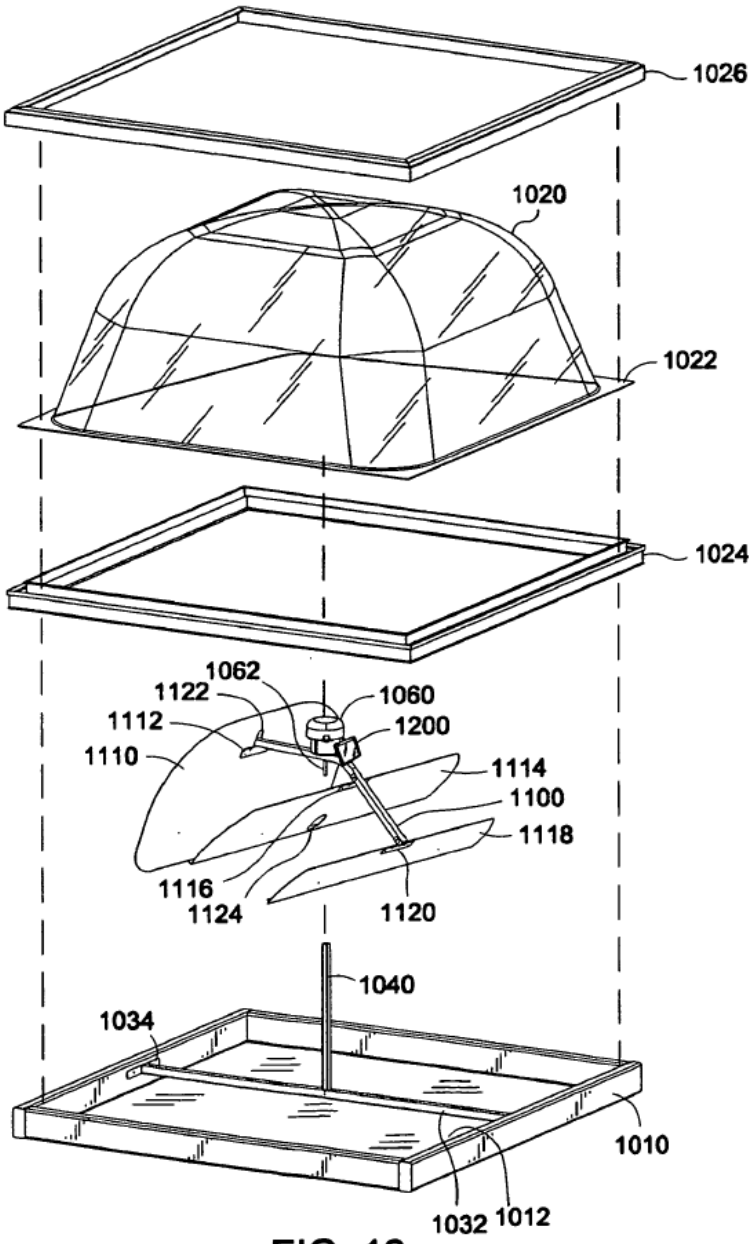
1026
1020
1022
1024
1062
1122
1060
1112
1200
1110
1114
1100
1118
1116
1124
1120
1040
1034
1010
1032
1012

FIG. 13

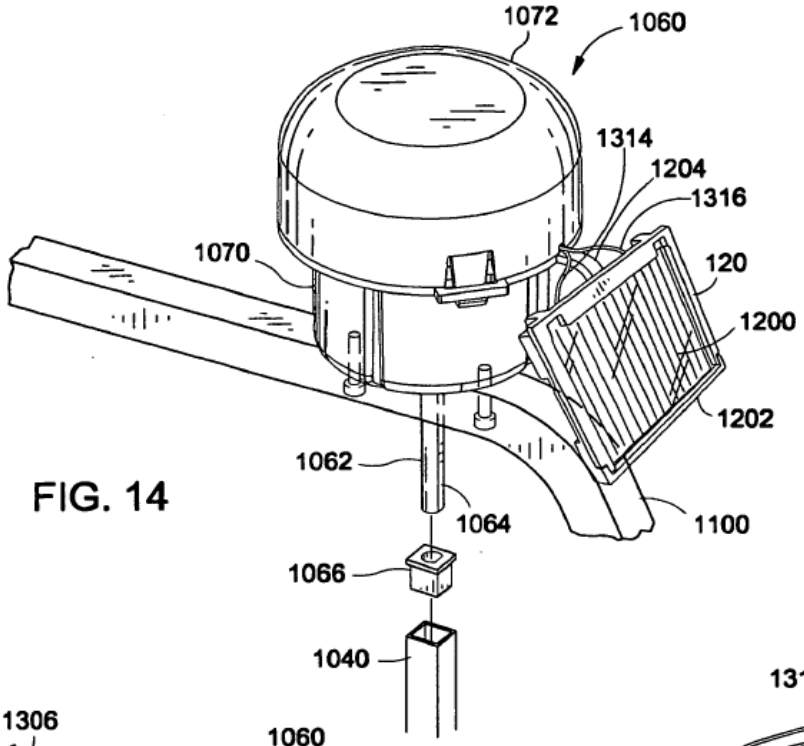
1072
1060
1314
1204
1316
1070
120
1200
1202
1062
1064
1100
1066
1040

FIG. 14

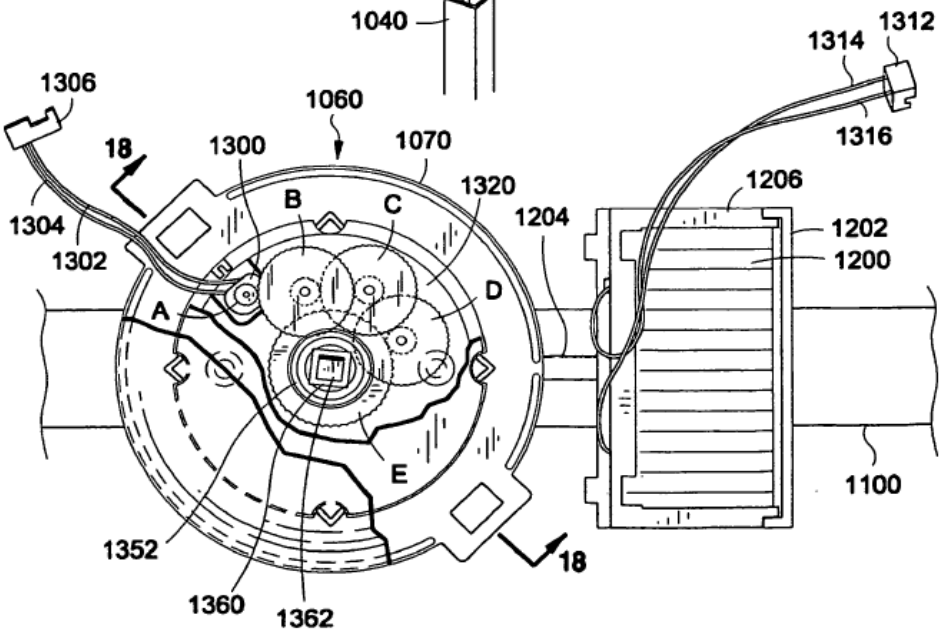
1312
1314
1306
1060
1316
18
1300
1070
1206
1320
B
C
1204
1202
1304
1200
1302
D
A
E
1100
1352
18
1360
1362

FIG. 15

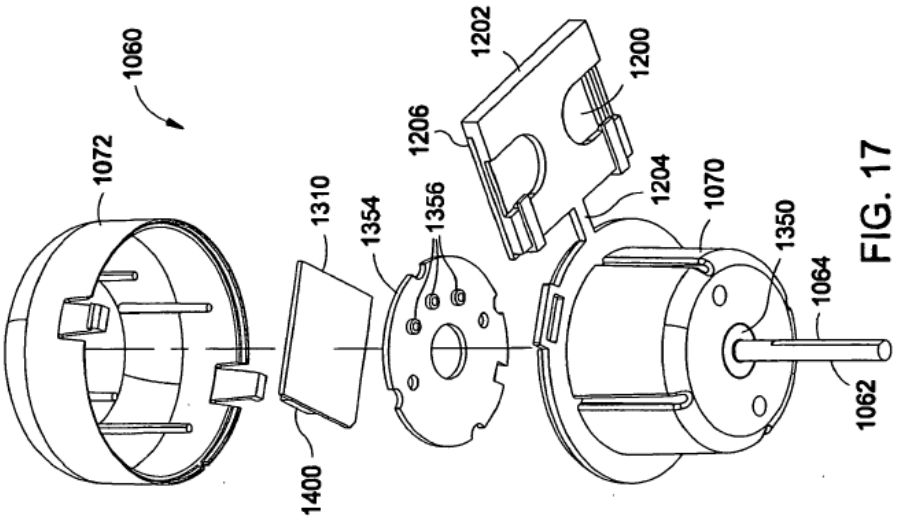
1060
1072
1310
1400
1354
1356
1206
1202
1200
1204
1070
1350
1064
1062

FIG. 17

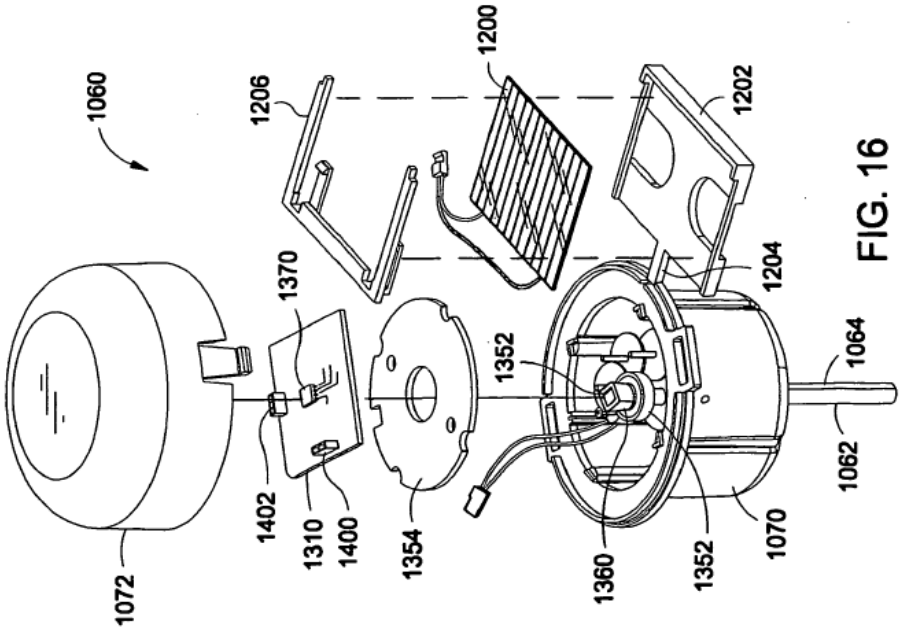
1060
1072
1402
1310
1400
1370
1354
1206
1200
1352
1360
1352
1202
1204
1070
1064
1062

FIG. 16

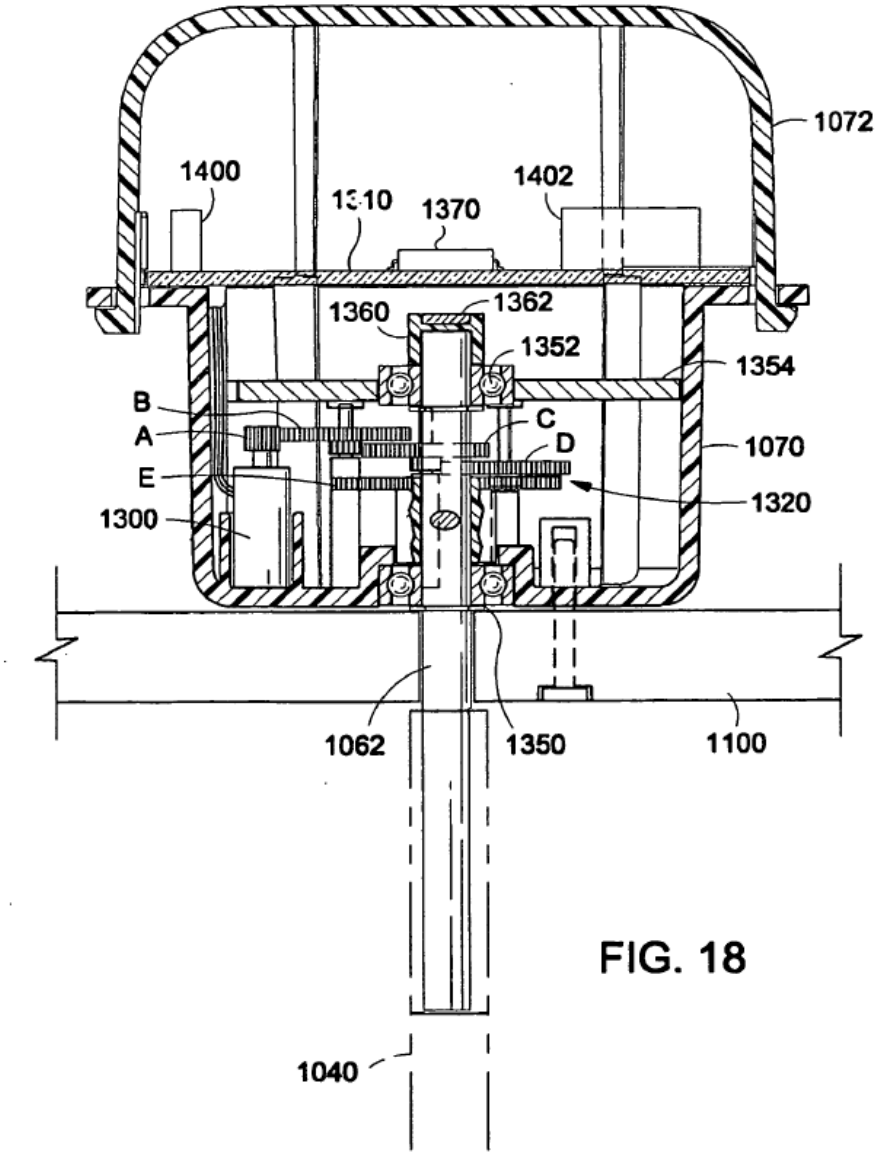
1072
1400
1402
1310
1370
1360
1362
1352
1354
B
A
C
D
E
1070
1320
1300
1062
1350
1100
1040

FIG. 18

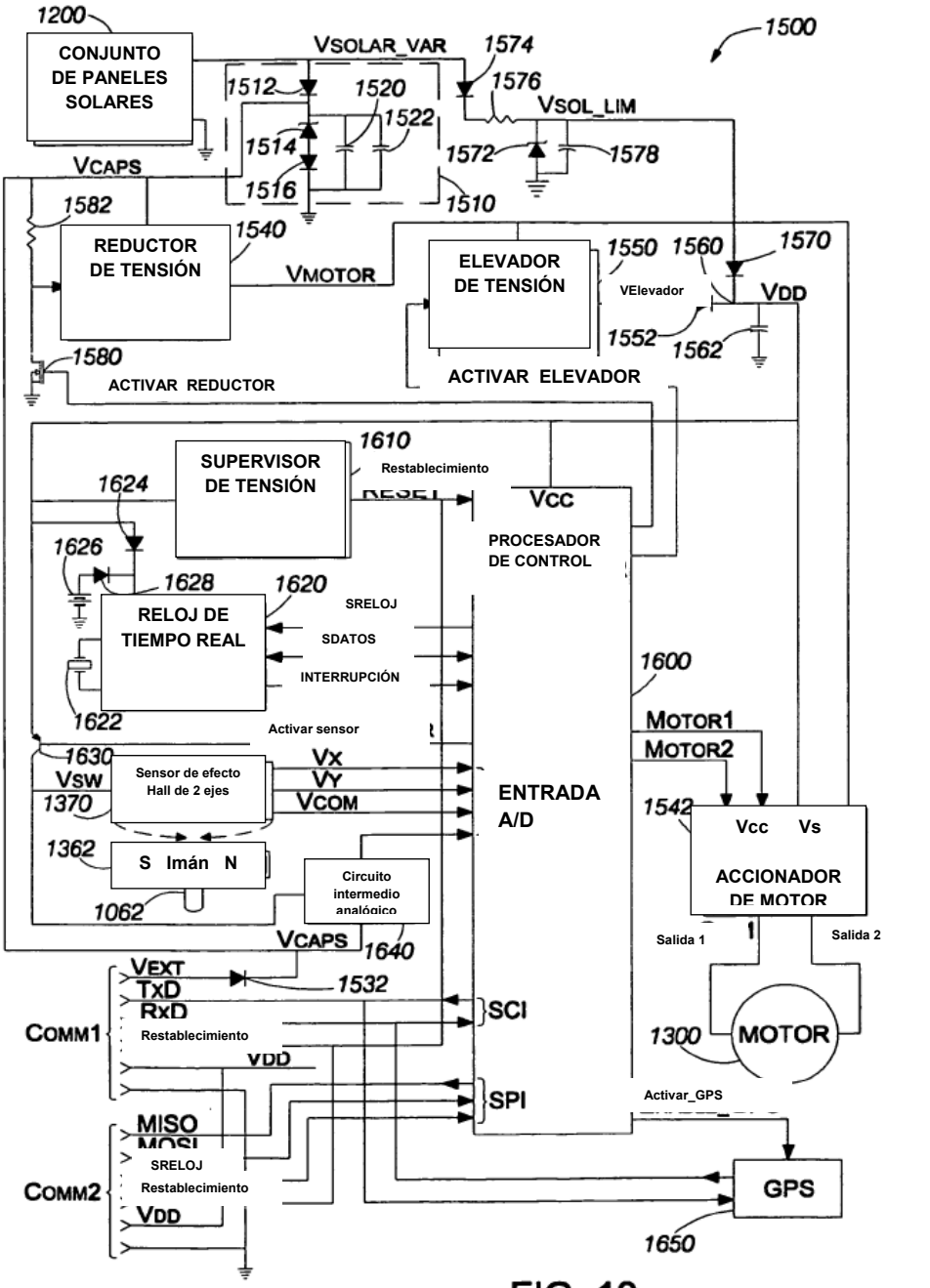
1200
CONJUNTO DE PANELES SOLARES
VSOLAR_VAR
1574
1500
1512
1520
1576
VSOL_LIM
1522
1514
1572
1578
VCAPS
1516
1510
1582
REDUCTOR DE TENSIÓN
1540
VMOTOR
ELEVADOR DE TENSIÓN
1550
1560
1570
VElevador
VDD
1552
1562
1580
ACTIVAR REDUCTOR
ACTIVAR ELEVADOR
1610
SUPERVISOR DE TENSIÓN
Restablecimiento
1624
VCC
PROCESADOR DE CONTROL
1626
1628
1620
RELOJ DE TIEMPO REAL
SRELOJ
SDATOS
INTERRUPCIÓN
1600
1622
Activar sensor
MOTOR1
MOTOR2
1630
Sensor de efecto Hall de 2 ejes
VX
VY
VCOM
VSW
1370
ENTRADA A/D
1542
Vcc
Vs
1362
S Imán N
Circuito intermedio analógico
ACCIONADOR DE MOTOR
1062
VCAPS
1640
Salida 1
Salida 2
VEXT
TxD
1532
RxD
SCI
COMM1
Restablecimiento
1300
MOTOR
VDD
SPI
Activar_GPS
MISO
MOSI
SRELOJ
COMM2
Restablecimiento
GPS
VDD
1650

FIG. 19

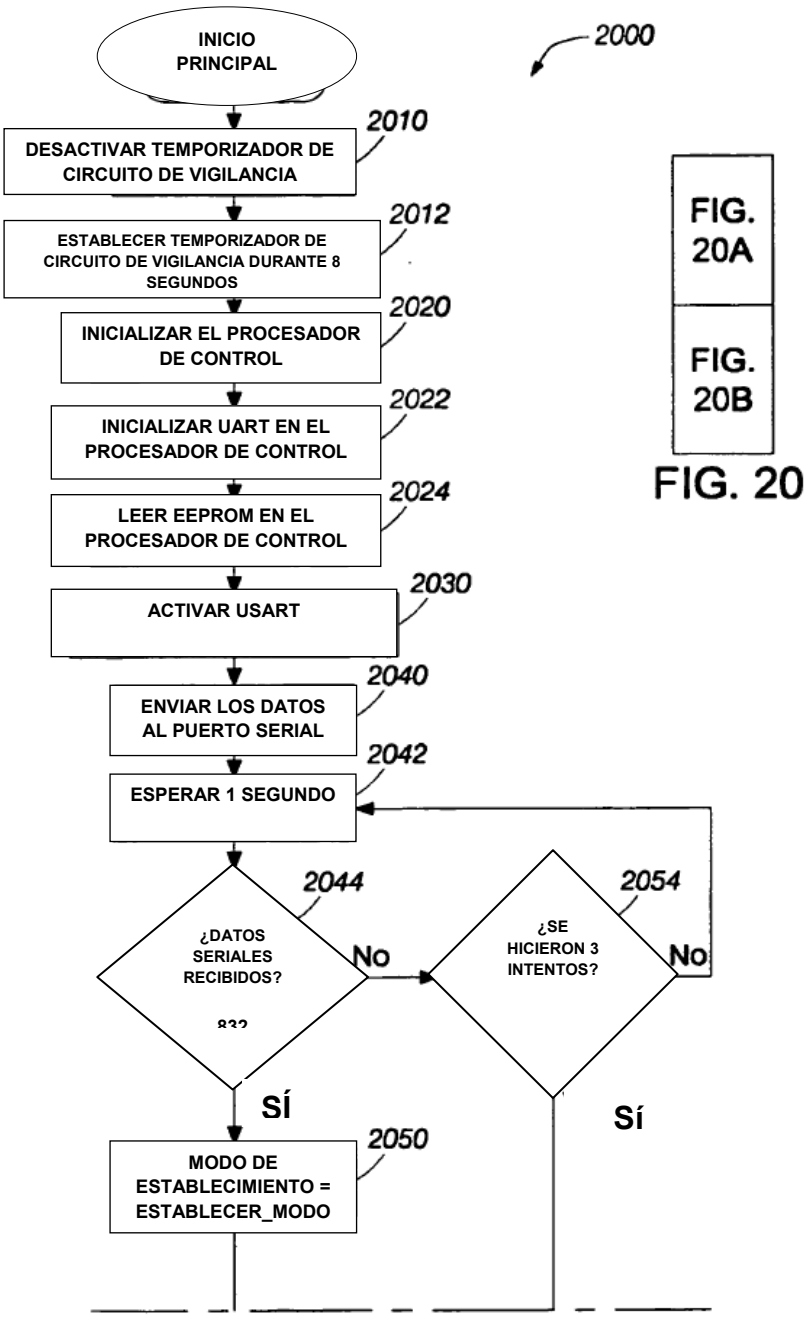

FIG. 20A

FIG. 20A

FIG. 20B

FIG. 20

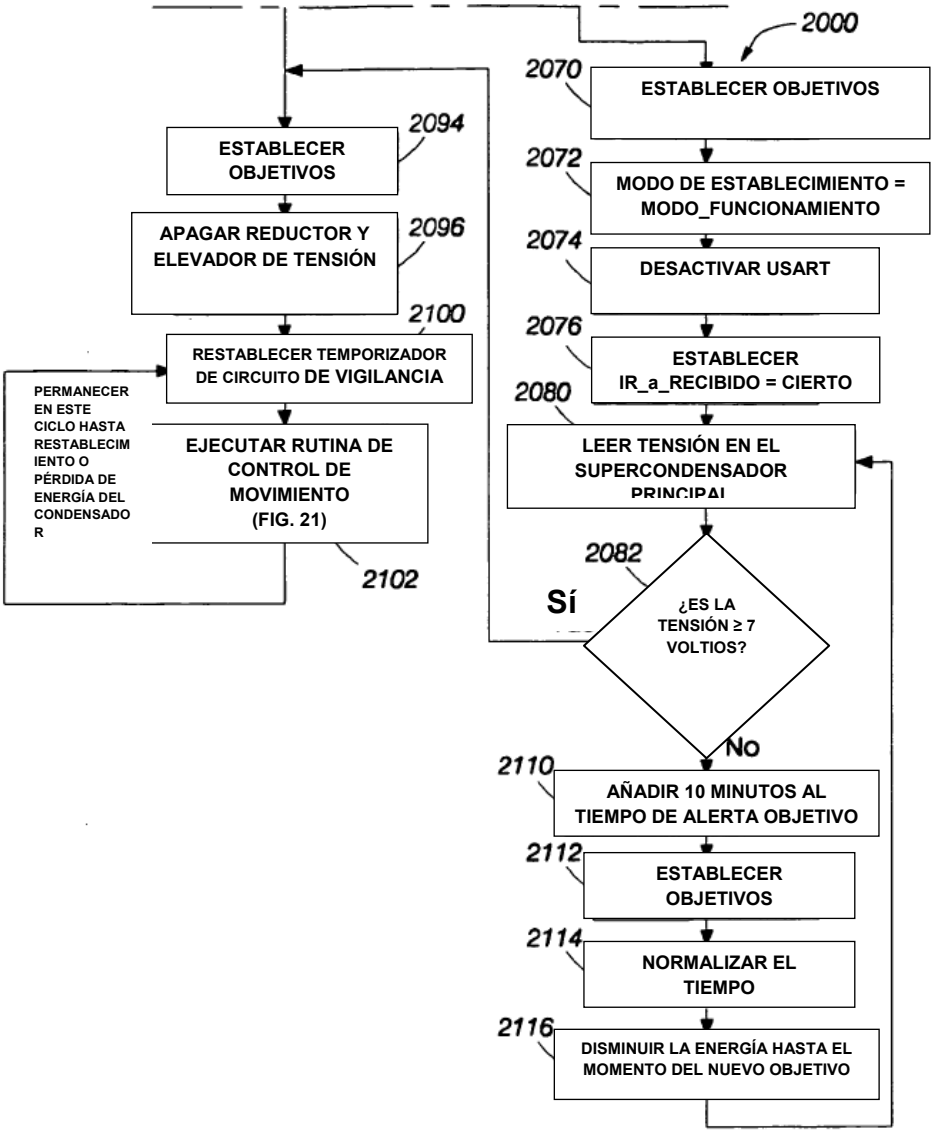
2000
2070
ESTABLECER OBJETIVOS
2072
MODO DE ESTABLECIMIENTO = MODO_FUNCIONAMIENTO
2074
DESACTIVAR USART
2076
ESTABLECER IR_a_RECIBIDO = CIERTO
2080
LEER TENSIÓN EN EL SUPERCONDENSADOR PRINCIPAL
2082
¿ES LA TENSIÓN ≥ 7 VOLTIOS?
Sí
No
2110
AÑADIR 10 MINUTOS AL TIEMPO DE ALERTA OBJETIVO
2112
ESTABLECER OBJETIVOS
2114
NORMALIZAR EL TIEMPO
2116
DISMINUIR LA ENERGÍA HASTA EL MOMENTO DEL NUEVO OBJETIVO
2094
ESTABLECER OBJETIVOS
2096
APAGAR REDUCTOR Y ELEVADOR DE TENSIÓN
2100
RESTABLECER TEMPORIZADOR DE CIRCUITO DE VIGILANCIA
PERMANECER EN ESTE CICLO HASTA RESTABLECIMIENTO O PÉRDIDA DE ENERGÍA DEL CONDENSADOR
EJECUTAR RUTINA DE CONTROL DE MOVIMIENTO (FIG. 21)
2102

FIG. 20B

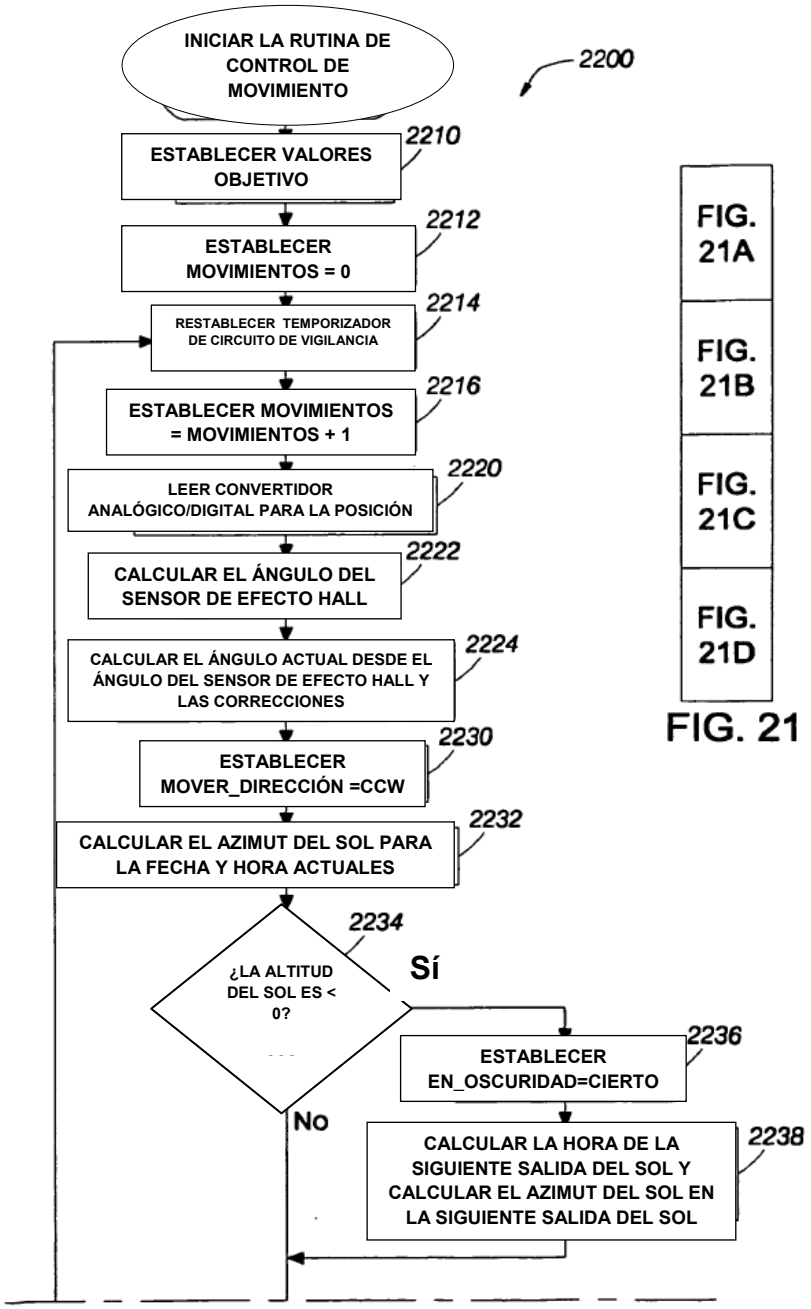

FIG. 21A

FIG. 21B

FIG. 21C

FIG. 21D

FIG. 21

FIG. 21A

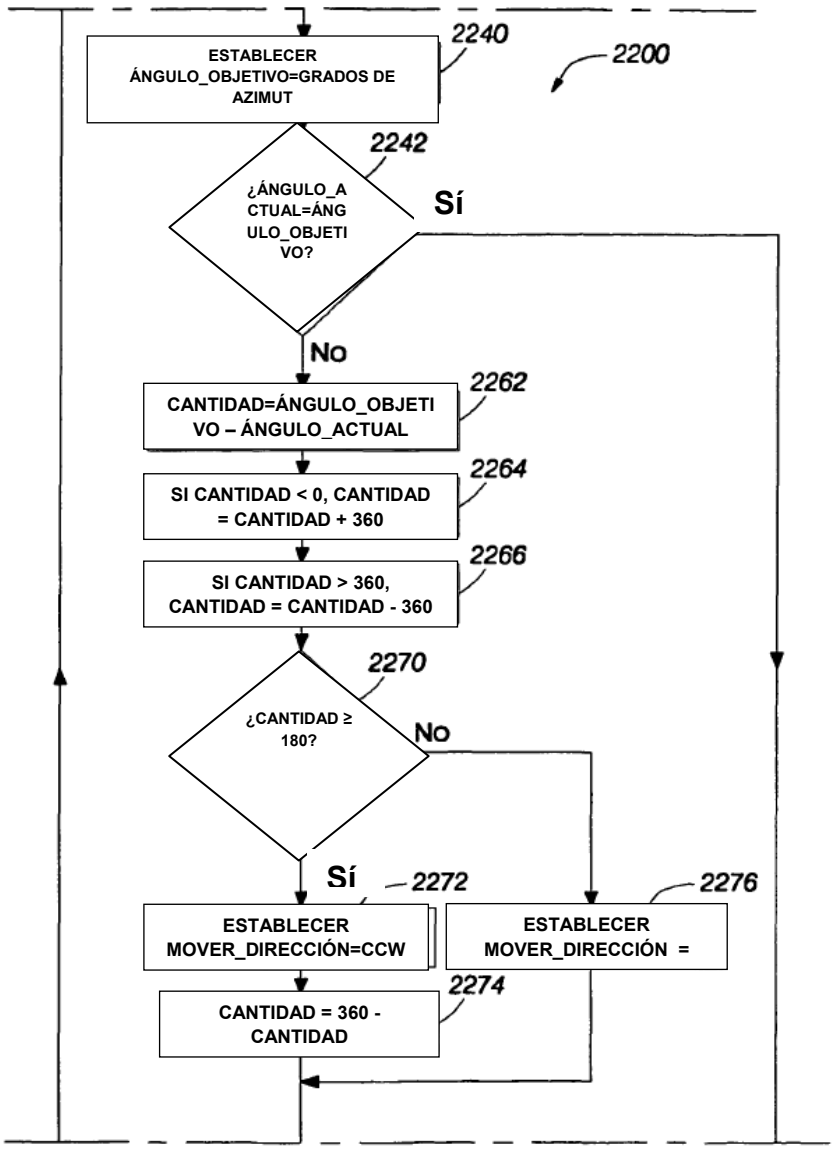
2200
2240
ESTABLECER ÁNGULO_OBJETIVO=GRADOS DE AZIMUT
2242
¿ÁNGULO_ACTUAL=ÁNGULO_OBJETIVO?
Sí
No
2262
CANTIDAD=ÁNGULO_OBJETIVO – ÁNGULO_ACTUAL
2264
SI CANTIDAD < 0, CANTIDAD = CANTIDAD + 360
2266
SI CANTIDAD > 360, CANTIDAD = CANTIDAD - 360
2270
¿CANTIDAD ≥ 180?
No
Sí
2272
ESTABLECER MOVER_DIRECCIÓN=CCW
2276
ESTABLECER MOVER_DIRECCIÓN =
2274
CANTIDAD = 360 - CANTIDAD

FIG. 21B

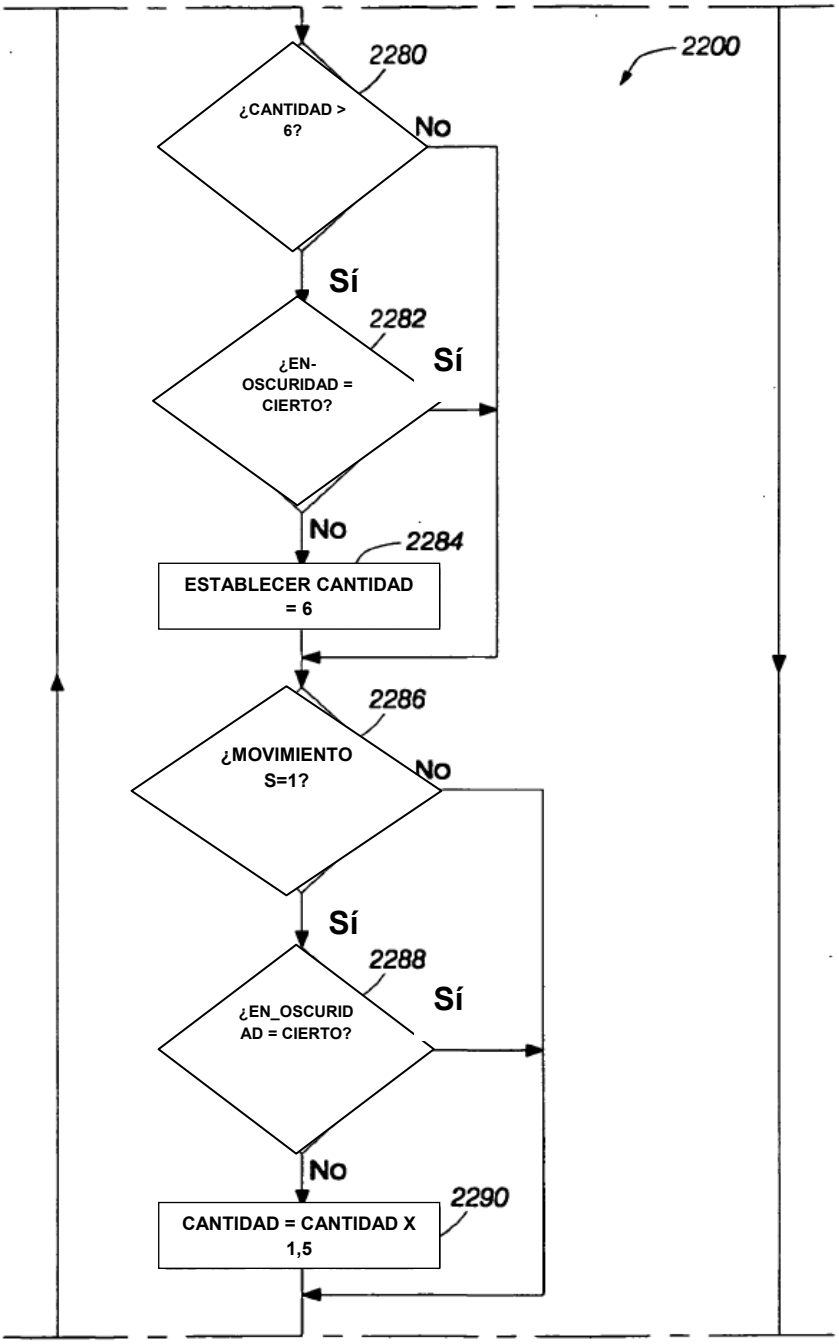
2200
2280
¿CANTIDAD > 6?
No
Sí
2282
¿EN-OSCURIDAD = CIERTO?
Sí
No
2284
ESTABLECER CANTIDAD = 6
2286
¿MOVIMIENTO S=1?
No
Sí
2288
¿EN_OSCURIDAD = CIERTO?
Sí
No
2290
CANTIDAD = CANTIDAD X 1,5

FIG. 21C

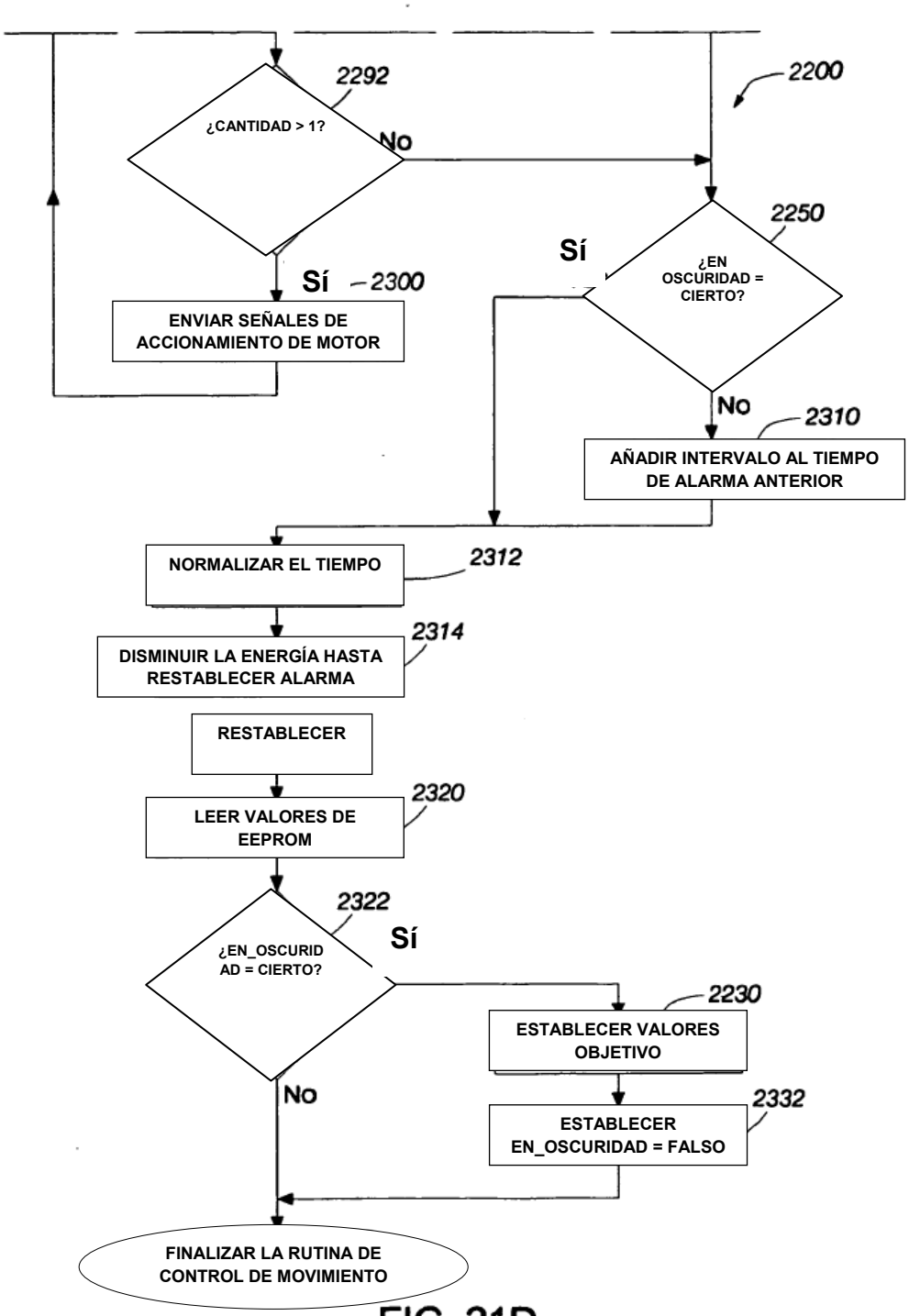
2200
2292
¿CANTIDAD > 1?
No
Sí
2300
ENVIAR SEÑALES DE ACCIONAMIENTO DE MOTOR
2250
Sí
¿EN OSCURIDAD = CIERTO?
No
2310
AÑADIR INTERVALO AL TIEMPO DE ALARMA ANTERIOR
NORMALIZAR EL TIEMPO
2312
DISMINUIR LA ENERGÍA HASTA RESTABLECER ALARMA
2314
RESTABLECER
LEER VALORES DE EEPROM
2320
2322
¿EN_OSCURIDAD = CIERTO?
Sí
2230
ESTABLECER VALORES OBJETIVO
No
2332
ESTABLECER EN_OSCURIDAD = FALSO
FINALIZAR LA RUTINA DE CONTROL DE MOVIMIENTO

FIG. 21D

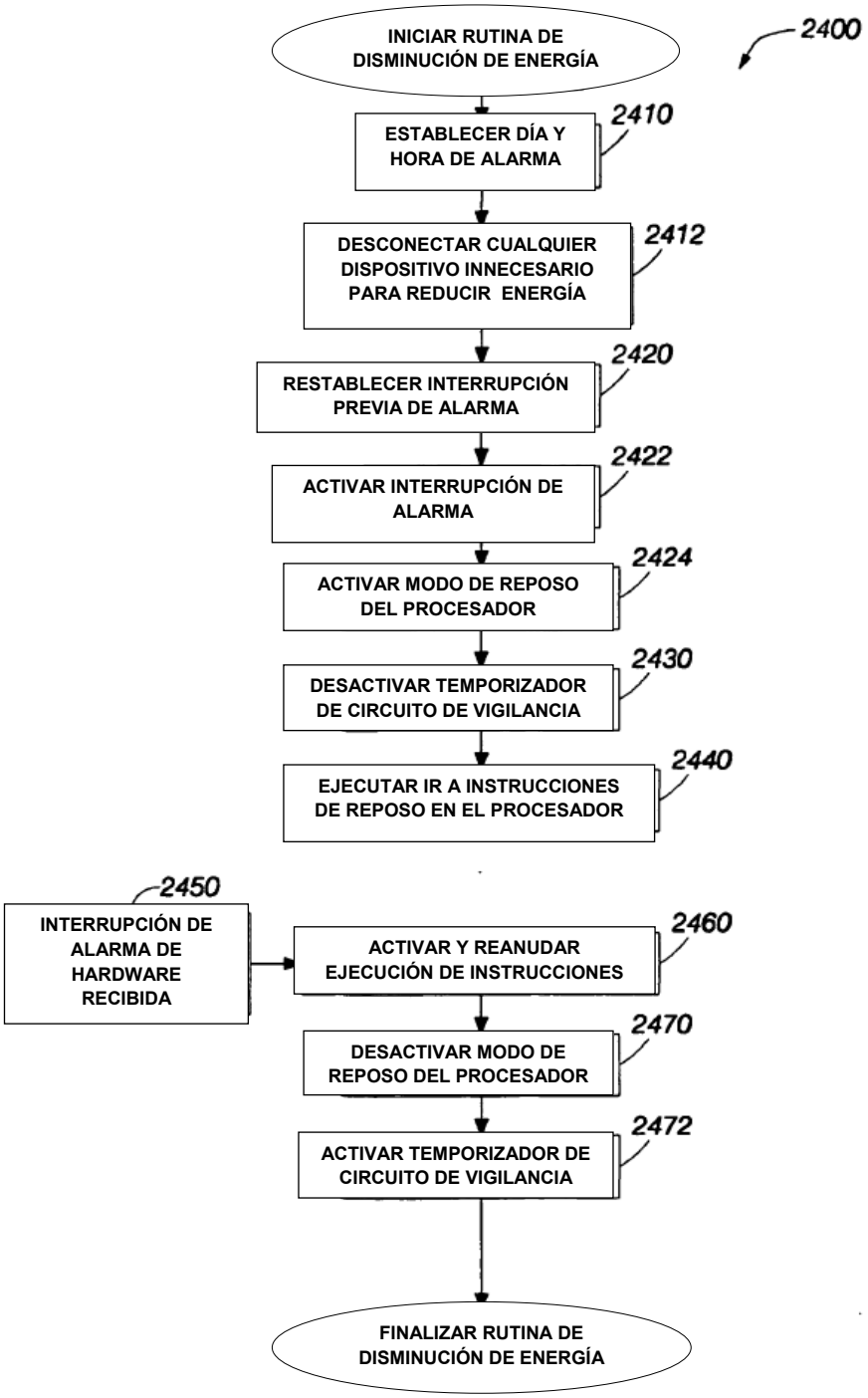
2400
INICIAR RUTINA DE DISMINUCIÓN DE ENERGÍA
2410
ESTABLECER DÍA Y HORA DE ALARMA
2412
DESCONECTAR CUALQUIER DISPOSITIVO INNECESARIO PARA REDUCIR ENERGÍA
2420
RESTABLECER INTERRUPCIÓN PREVIA DE ALARMA
2422
ACTIVAR INTERRUPCIÓN DE ALARMA
2424
ACTIVAR MODO DE REPOSO DEL PROCESADOR
2430
DESACTIVAR TEMPORIZADOR DE CIRCUITO DE VIGILANCIA
2440
EJECUTAR IR A INSTRUCCIONES DE REPOSO EN EL PROCESADOR
2450
INTERRUPCIÓN DE ALARMA DE HARDWARE RECIBIDA
2460
ACTIVAR Y REANUDAR EJECUCIÓN DE INSTRUCCIONES
2470
DESACTIVAR MODO DE REPOSO DEL PROCESADOR
2472
ACTIVAR TEMPORIZADOR DE CIRCUITO DE VIGILANCIA
FINALIZAR RUTINA DE DISMINUCIÓN DE ENERGÍA

FIG. 22