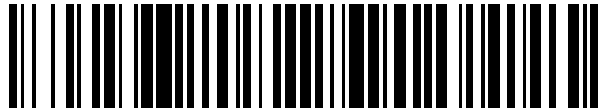


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 544 271**

51 Int. Cl.:

G06Q 50/06 (2012.01)

H02J 3/14 (2006.01)

H02J 3/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2011 E 11170474 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2015 EP 2408082**

54 Título: **Respuesta de demanda integrada para utilización de energía**

30 Prioridad:

30.06.2010 US 359897 P
16.06.2011 US 201113161730

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.08.2015

73 Titular/es:

SIEMENS CORPORATION (100.0%)
170 Wood Avenue South
Iselin, NJ 08830, US

72 Inventor/es:

LO, GEORGE;
GRUENEWALD, THOMAS y
MUENZEL, GEORG

74 Agente/Representante:

PÉREZ BARQUÍN, Eliana

ES 2 544 271 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).

RESPUESTA DE DEMANDA INTEGRADA PARA UTILIZACIÓN DE ENERGÍA**DESCRIPCIÓN****5 Referencia cruzada a la solicitud relacionada**

La presente solicitud se basa en la solicitud provisional con nº de serie 61/359.897, presentada el 30 de junio de 2011.

10 Antecedentes a la solicitud relacionada**1. Campo técnico**

15 La presente divulgación se refiere a utilización de energía y, más específicamente, a una respuesta de demanda integrada para utilización de energía.

2. Discusión de la técnica relacionada

20 Las instalaciones de gran tamaño tales como edificios de oficinas en rascacielos y plantas industriales tienden a consumir grandes cantidades de energía procedente de una variedad de fuentes diferentes. Las fuentes de energía incluyen electricidad de la red de distribución, combustibles fósiles líquidos y gaseosos y fuentes renovables tales como energía solar y eólica. Las diversas fuentes de energía diferentes pueden tener cada una diferentes ventajas, desventajas y precios. Los precios relativos para fuentes de energía pueden fluctuar dependiendo del momento del día, el uso actual u otros diversos factores de mercado.

25 El consumo de energía eléctrica dentro de instalaciones de gran tamaño puede ser el resultado de sistemas de control de climatización, iluminación, maquinaria industrial, etc.

30 Además de recibir y consumir energía eléctrica, las instalaciones también pueden estar equipadas con la capacidad para almacenar temporalmente energía eléctrica o los efectos deseables de dispositivos que usan energía eléctrica tales como baterías, condensadores, células de combustible, depósitos de agua caliente, depósitos de gas y petróleo, y similares.

35 El control de estos diversos sistemas se realiza generalmente de manera manual e independiente y, por consiguiente, a menudo se dirigen recursos energéticos vitales y capital de una manera inferior a la óptima.

40 El uso ineficiente de energía tiene consecuencias tanto económicas como medioambientales. Además, la demanda pico para electricidad sobrecarga la red de distribución y fuerza a los proveedores de energía eléctrica a construir centrales eléctricas adicionales que puede que sólo se usen durante unas pocas horas al año. Por ejemplo, en los EE.UU., más del 10% de los costes de infraestructuras de electricidad se gastan para cumplir la demanda pico que se produce menos del 1% del tiempo.

45 El documento US2009/0240381 dio a conocer el control del consumo de energía en una instalación, o un grupo de instalaciones, usando precios de energía actuales y futuros, e información estacional y medioambiental para controlar un esquema de deslastre de carga.

Sumario

50 Un método para gestionar el consumo de energía eléctrica dentro de una instalación incluye recibir una petición para reducir un nivel total de consumo de energía eléctrica dentro de la instalación una medida predeterminada. Se recibe una pluralidad de parámetros de funcionamiento indicativos de cuánta energía eléctrica está consumiéndose por parte de cada uno de una pluralidad de sistemas de la instalación. Se determina un coste correspondiente asociado con una reducción de potencia marginal para cada uno de la pluralidad de sistemas de la instalación usando la pluralidad de parámetros de funcionamiento recibidos. Se reduce de manera incremental una asignación de potencia al sistema de la instalación de la pluralidad de sistemas de la instalación que se determina que tiene el coste marginal más bajo de reducción de potencia. Las etapas de determinar un coste correspondiente y reducir de manera incremental la potencia se repiten hasta que el nivel total de consumo de energía eléctrica dentro de la instalación se ha reducido la medida predeterminada.

60 Determinar un coste correspondiente asociado con una reducción de potencia marginal para cada uno de la pluralidad de sistemas de la instalación puede incluir estimar el consumo de energía basándose en la pluralidad de parámetros de funcionamiento recibidos. La pluralidad de parámetros de funcionamiento recibidos puede incluir diversas lecturas de sensor obtenidas de una red de sensores distribuidos por toda la instalación. La pluralidad de parámetros de funcionamiento recibidos puede incluir datos relacionados con condiciones de funcionamiento futuras estimadas de la instalación. Las condiciones de funcionamiento futuras estimadas de la instalación pueden incluir una previsión meteorológica.

5 La petición para reducir un nivel total de consumo de energía eléctrica dentro de la instalación una medida predeterminada puede incluir una petición para reducir un nivel máximo de potencia instantánea extraída de una red de distribución. La petición para reducir un nivel total de consumo de energía eléctrica dentro de la instalación una medida predeterminada puede incluir una petición para reducir un nivel total de potencia extraída de una red de distribución durante un periodo de tiempo particular.

10 Determinar el coste correspondiente asociado con la reducción de potencia marginal para cada uno de la pluralidad de sistemas de la instalación puede incluir utilizar un sistema de inteligencia artificial. El sistema de inteligencia artificial puede utilizar una base de datos de reglas o algoritmos heurísticos. El sistema de inteligencia artificial puede utilizar uno o más algoritmos heurísticos.

15 Además de reducir de manera incremental una asignación de potencia al sistema de la instalación de la pluralidad de sistemas de la instalación que se determina que tiene el coste marginal más bajo de reducción de potencia, la reducción del nivel total de consumo de energía eléctrica dentro de la instalación puede conseguirse mediante reasignación de potencia entre múltiples sistemas de la instalación de la pluralidad de sistemas de la instalación.

20 Además de reducir de manera incremental una asignación de potencia al sistema de la instalación de la pluralidad de sistemas de la instalación que se determina que tiene el coste marginal más bajo de reducción de potencia, la reducción del nivel total de consumo de energía eléctrica dentro de la instalación puede conseguirse volviendo a programar una operación de uno o más de la pluralidad de sistemas de la instalación.

25 Un método para gestionar la demanda de energía eléctrica de una fuente de energía eléctrica particular dentro de una instalación incluye recibir una petición para reducir un nivel total de energía eléctrica demandada de la fuente de energía eléctrica particular dentro de la instalación una medida predeterminada. Se recibe una programación de necesidades de energía eléctrica para cada uno de una pluralidad de sistemas de la instalación. Se determina un coste correspondiente asociado con una reducción de potencia marginal para cada uno de la pluralidad de sistemas de la instalación usando la pluralidad de parámetros de funcionamiento recibidos. Se determina un coste asociado con aumentar la generación de potencia marginal. La demanda de energía eléctrica de la fuente de energía eléctrica particular se reduce de manera incremental al tiempo que se satisface la programación recibida de necesidades de energía eléctrica para cada uno de la pluralidad de sistemas de la instalación realizando uno de reducir de manera marginal la potencia para uno de la pluralidad de sistemas de la instalación y aumentar de manera marginal la generación de potencia según el coste más bajo determinado. Las etapas de determinar un coste correspondiente asociado con una reducción de potencia marginal para cada uno de la pluralidad de sistemas de la instalación, determinar un coste asociado con aumentar la generación de potencia marginal y reducir de manera incremental la demanda de energía eléctrica se repiten hasta que el nivel total de energía eléctrica demandada de la energía eléctrica particular dentro de la instalación se ha reducido la medida predeterminada.

40 Aumentar la generación de potencia puede incluir generar potencia para su utilización por parte de la pluralidad de sistemas de la instalación mediante la combustión de combustibles fósiles. Aumentar la generación de potencia puede incluir generar potencia para su utilización por parte de la pluralidad de sistemas de la instalación aprovechando energía eléctrica solar o eólica. Aumentar la generación de potencia incluye generar potencia para su utilización por parte de la pluralidad de sistemas de la instalación aprovechando energía eléctrica almacenada previamente.

45 Puede determinarse el grado en el que la petición para reducir un nivel total de energía eléctrica demandada de la fuente de energía eléctrica particular puede satisfacerse aprovechando energía eléctrica solar o eólica y reducir de manera incremental la demanda de energía eléctrica de la fuente de energía eléctrica particular puede incluir aprovechar energía eléctrica solar o eólica disponible antes de reducir de manera marginal la potencia para uno de la pluralidad de sistemas de la instalación y aumentar de manera marginal la generación de potencia según el coste más bajo determinado.

50 Un sistema para gestionar el consumo de energía eléctrica dentro de una instalación incluye una base de datos de reglas que incluye reglas que dictan cómo generar, almacenar, recuperar, adquirir y asignar energía eléctrica disponible entre una pluralidad de sistemas de la instalación que incluyen dispositivos que consumen energía eléctrica, dispositivos de generación de energía eléctrica y dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica. Un coordinador recibe una pluralidad de parámetros como entradas, lee las reglas de la base de datos de reglas y genera una pluralidad de señales de control para controlar la generación, almacenamiento, recuperación, adquisición y asignación de la energía eléctrica disponible entre la pluralidad de sistemas de la instalación. Una pluralidad de sensores y medidores ubicados por toda la instalación generan al menos algunos de la pluralidad de parámetros y envían los parámetros generados al coordinador.

60 Los dispositivos que consumen energía eléctrica pueden incluir un sistema de control de la temperatura del aire o sistemas de fabricación. Los dispositivos de generación de energía eléctrica pueden incluir un generador accionado por combustible fósil o un generador de energía renovable.

El sistema puede incluir de manera adicional una conexión a Internet para proporcionar parámetros al coordinador mediante suscripción.

Breve descripción de los dibujos

5 Se obtendrá una apreciación más completa de la presente divulgación y muchos de los aspectos que la acompañan, así como se entenderán mejor los mismos mediante la referencia a la siguiente descripción detallada considerada junto con los dibujos adjuntos, en los que:

10 la figura 1 es un diagrama que ilustra un sistema para proporcionar una respuesta de demanda integrada (IDR) según una realización a modo de ejemplo de la presente invención;

la figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de proporcionar una respuesta de demanda integrada (IDR) según una realización a modo de ejemplo de la presente invención;

15 la figura 3 es un diagrama que ilustra una descripción general del funcionamiento de un coordinador de DR según una realización a modo de ejemplo de la presente invención;

20 la figura 4 es un diagrama que ilustra planificación y replanificación de inteligencia artificial según una realización a modo de ejemplo de la presente invención; y

la figura 5 muestra un ejemplo de un sistema informático que puede implementar el método y el aparato según las realizaciones de la presente divulgación.

25 Descripción detallada de los dibujos

A la hora de describir realizaciones a modo de ejemplo de la presente divulgación ilustradas en los dibujos, se emplea una terminología específica por motivos de claridad. Sin embargo, no se pretende limitar la presente divulgación a la terminología específica así seleccionada y ha de entenderse que cada elemento específico incluye todos los equivalentes técnicos que funcionan de una manera similar.

30 Realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención hacen referencia a métodos y dispositivos para la gestión holística eficiente de recursos y demandas de energía dentro de instalaciones de gran tamaño tales como edificios de oficinas y plantas industriales. Además, realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención pueden dotar a tales instalaciones de la capacidad para implementar de manera eficiente una petición de reducción de carga de energía específica. Por ejemplo, además de la gestión eficiente de suministro de energía eléctrica, almacenamiento de energía eléctrica y consumo de energía eléctrica, realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención pueden recibir una orden para reducir el consumo de energía eléctrica global un número de unidades particular y después ejecutar de manera eficiente la orden de una manera que es la más acorde a los diversos intereses de la instalación.

40 Además, realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención pueden proporcionar métodos y dispositivos para distribuir de manera más uniforme el uso de energía en el tiempo para solucionar problemas asociados con utilización de electricidad pico que puede contribuir a la sobrecarga de las redes de distribución. Estos objetivos pueden lograrse implementando herramientas para optimizar la utilización de energía a lo largo de toda una instalación. Según un enfoque de la presente invención, la respuesta de demanda integrada (IDR) proporciona un modo para observar la respuesta de demanda donde silos de consumo de electricidad, almacenamiento y generación en el sitio pasan a formar parte de un sistema integrado. Coordinar el sistema holísticamente de esta manera puede permitir una mayor oportunidad de maximizar una reducción de demanda pico al tiempo que se cumplen otras limitaciones (por ejemplo rendimiento global y confort). Coordinar actividades a través de planificación y replanificación automatizadas puede permitir al sistema lograr objetivos específicos, incluso a medida que cambian los parámetros.

55 La figura 1 es un diagrama que ilustra un sistema para proporcionar una respuesta de demanda integrada (IDR) según una realización a modo de ejemplo de la presente invención. Una instalación 100 que puede ser, por ejemplo, una instalación comercial o industrial de gran tamaño, puede estar conectada a una red 110 de distribución y una o más fuentes 120 de combustible fósil líquido o gaseoso tal como petróleo o gas. La instalación 100 puede incluir uno o más dispositivos 130 de generación de energía eléctrica, por ejemplo, un generador quemador de gas, uno o más dispositivos 140 de generación de energía renovable tal como células fotovoltaicas o turbinas eólicas y uno o más dispositivos 150 de almacenamiento de energía eléctrica, tal como baterías o condensadores. El generador 140 puede usarse, por ejemplo, para convertir la fuente 120 de combustible fósil en energía eléctrica. Los dispositivos 150 de almacenamiento de energía eléctrica pueden usarse, por ejemplo, para almacenar la electricidad generada por las células solares o turbinas 140 eólicas para su uso cuando haya recursos de luz o viento disponibles insuficientes. Sin embargo, pueden usarse muchos otros dispositivos de generación y de almacenamiento de energía eléctrica y estos dispositivos pueden usarse e interconectarse de muchas maneras diferentes. La configuración mostrada se ofrece como ejemplo simplificado de una instalación con fuentes de energía eléctrica y

dispositivos de almacenamiento representativos.

La gestión de energía eléctrica holística puede controlarse mediante un coordinador 160 de respuesta de demanda (DR), que puede implementarse como un programa de instrucciones que se ejecuta en uno o más sistemas informáticos. El coordinador de DR puede tener la capacidad para gestionar de manera inteligente el consumo de energía tal como sistemas 170 de calefacción y refrigeración de edificios y operaciones 180 de fabricación, gestionar la adquisición de energía tal como extraer potencia de la red 110 de distribución y generar electricidad usando los generadores 130 y fuentes 140 renovables y gestionar el almacenamiento y la recuperación de energía tal como almacenando electricidad en baterías 150, almacenando agua calentada en depósitos aislados, o liberando la energía almacenada. El coordinador 160 de DR puede controlar todas estas funciones y otras funciones relacionadas basándose en diversos parámetros 161 tal como entradas fijas, entradas variables, entradas predictivas y preferencias.

Las entradas fijas son aquellos parámetros que no cambian a menudo. Un ejemplo de una entrada fija es una calificación de eficiencia para un sistema de la instalación tal como cuánta energía se requiere para fabricar una cantidad determinada de productos. Las entradas fijas pueden cambiar cada cierto tiempo, pero a diferencia de las entradas variables, las entradas fijas requieren generalmente algún catalizador para cambiar. Por ejemplo, instalar un nuevo sistema de aire acondicionado puede cambiar el parámetro de eficiencia de refrigeración. Las entradas fijas puede cambiarlas manualmente un usuario según sea necesario.

Las entradas variables son aquellos parámetros que están cambiando constantemente y deben monitorizarse de manera continua o periódica. La monitorización de entradas variables también puede controlarse mediante el coordinador de DR. Los ejemplos de entradas variables incluyen la temperatura actual en una sala o sector de planta particular. Otro ejemplo de una variable que puede introducirse es la utilización de energía, que puede indicar una cantidad de energía consumida por toda la instalación o una parte de la misma o bien durante un periodo de tiempo predeterminado o bien un nivel de energía que está consumiéndose en un momento dado.

Las entradas predictivas son aquellos parámetros que se prevén con antelación. Por ejemplo, el informe meteorológico para mañana puede usarse como entrada predictiva. El coordinador de DR puede controlar la adquisición y actualización de entradas predictivas, por ejemplo, mediante suscripción a una fuente RSS o mediante un sondeo periódico de diversas fuentes de información.

Las preferencias son aquellos parámetros que se establecen según necesidades de la instalación y el confort del usuario. Por ejemplo, una preferencia puede ser una temperatura ambiente deseada o una tasa de rendimiento global de fabricación. Las preferencias pueden suministrarse por el usuario y actualizarse manualmente según sea necesario. Las preferencias pueden expresarse, por ejemplo, como un nivel óptimo junto con una medida de elasticidad que pretende expresar con qué intensidad se prefiere el nivel óptimo. Por ejemplo, cuando la temperatura ambiente deseada tiene un nivel óptimo de 68°F, la medida de elasticidad puede indicar que una desviación de la temperatura óptima de más o menos 4°F puede tolerarse bien mientras que una desviación de la temperatura óptima de más o menos 8°F puede tolerarse mal y una desviación de la temperatura óptima de más o menos 12°F puede ser aceptable sólo durante momentos en los que la instalación está deshabitada.

Es posible que el coordinador de DR pueda adquirir todos los parámetros de uno o más modos de entrada/salida, tales como, un terminal 191 de administrador en el que un usuario puede introducir parámetros manualmente, una red 192 de sensores ubicados por toda la instalación que están en comunicación con el coordinador de DR, por ejemplo, por medio de conexiones dedicadas o por una intranet u otra red de área local, una conexión 193 a Internet y/o recibiendo diversas formas de documentos y archivos electrónicos.

El coordinador de DR puede emplear entonces la lógica para interpretar los parámetros y generar diversas señales de control para controlar uno o más sistemas de la instalación. Los sistemas de la instalación controlados por el coordinador de DR pueden incluir, por ejemplo, sistemas de calefacción y refrigeración, activación y desactivación de diversas fuentes de energía eléctrica, contención y liberación de energía eléctrica almacenada, generación de energía eléctrica, condiciones ambientales de fabricación, tales como filtración de aire de sala blanca, velocidad de línea de montaje, etc. Las señales controladas generadas por el coordinador de DR pueden controlar directa y automáticamente sistemas de la instalación y/o el coordinador de DR puede emitir directrices y/o proporcionar señales de modo que los usuarios humanos puedan actuar según las directrices o señales. Por ejemplo, el coordinador de DR puede emitir una directriz generando automáticamente correos electrónicos a personal diverso proporcionándoles instrucciones de cómo hacer funcionar sistemas de la instalación y/o ejecutar tareas productivas de planta. Según una realización a modo de ejemplo de la presente invención, el coordinador de DR puede controlar un conjunto de luces 181 de señal que sirven para informar al personal de qué tarea ocuparse.

De manera adicional, el coordinador de DR puede estar vinculado a sistemas de gestión de bases de datos de modo que pueda proseguirse automáticamente con las tareas de fabricación, por ejemplo, puede cambiarse la lista de materiales, pedirse piezas, requerirse tareas, etc.

La lógica del coordinador de DR puede basarse en la ejecución de una base de datos de reglas y/o toma de

decisiones heurística. La lógica puede incluir una capacidad de inteligencia artificial que evalúa costes y beneficios asociados con cada señal de control de cuyo suministro es responsable el coordinador de DR y la lógica puede cambiar una señal de control cuando la relación coste/beneficio se cambia considerablemente mediante consulta de los parámetros. De este modo, un cambio en la señal de control puede conseguirse o bien cuando los parámetros que dictan la decisión cambian o bien cuando la lógica que dicta la decisión cambia, por ejemplo, mediante cambios realizados a la base 162 de datos de reglas y/o cambios realizados a la heurística de inteligencia artificial. De manera adicional, el cambio en la señal de control puede deberse a la acumulación de conocimiento experimental adquirido por el coordinador de DR que puede dictar que puede ser preferente un nuevo enfoque con respecto a un enfoque existente. De este modo, un cambio en las señales de control puede ser el resultado de un aprendizaje de máquina adicional, que puede producirse incluso cuando todos los parámetros y reglas permanecen inalterados.

La base 162 de datos de reglas puede incluir reglas que dictan cómo controlar diversos sistemas de la instalación cuando se reciben diversos parámetros. Por ejemplo, una regla puede establecer que cuando se prevé un día caluroso, la temperatura de la instalación puede disminuirse hasta un nivel inferior antes del comienzo del día caluroso y permitirse que aumente gradualmente hasta una temperatura más cálida de lo normal más tarde en el día de modo que las demandas de energía eléctrica puedan reducirse durante las horas de pico.

De manera adicional, un subconjunto de reglas pueden referirse específicamente a un deslastre de carga, o reparto de carga, que puede definirse como una instrucción para reducir el consumo de energía total o instantáneo a lo largo de la instalación. Estas reglas pueden conocerse como peticiones de deslastre de carga. Una petición de deslastre de carga puede usarse para dar una instrucción al coordinador de DR de imponer una reducción de demanda de carga de potencia, por ejemplo, la demanda de carga eléctrica, de una magnitud predeterminada. Por ejemplo, el coordinador de DR puede recibir una petición de deslastre de carga para reducir la carga eléctrica, por ejemplo, una cantidad total de electricidad demandada de la red de distribución municipal dentro de un determinado periodo de tiempo, o bien un número deseado de kilovatios hora (KWH) o bien un porcentaje deseado y/o limitar una demanda de carga eléctrica máxima a un nivel predeterminado de kilovatios, por ejemplo, para disminuir la carga en la red 110 de distribución eléctrica asociada con la demanda pico.

Cuando se recibe una petición de deslastre de carga, el coordinador de DR puede consultar los parámetros y preferencias para determinar cómo conseguir el objetivo deseado al tiempo que se minimiza un nivel de dificultad. El nivel de dificultad puede medirse en cualquier unidad deseada; sin embargo, el nivel de dificultad puede medirse en términos monetarios, por ejemplo, dólares. Ante tal enfoque, el coordinador de DR contempla todo medio posible de reducción del consumo de energía eléctrica a disposición del coordinador de DR y el coste de reducir cada unidad marginal de energía eléctrica se calcula para cada medio posible. Entonces, se ahorra una unidad de energía eléctrica de la fuente menos costosa y se calcula el siguiente coste marginal de reducción de potencia hasta que se cumple el deslastre de carga de potencia. A la hora de implementar tal enfoque, la elasticidad de los parámetros comentada anteriormente puede incluir un coste en dólares asociado con la desviación del entorno óptimo. Por ejemplo, deberá estimarse un coste en dólares asociado con la desaprobación de los ocupantes de la instalación para la desviación del nivel de temperatura óptima de 68°F. De este modo, el coordinador de DR puede saber cómo equilibrar el coste de reducir, por ejemplo, el rendimiento de fabricación con el aumento de la temperatura de la instalación a la hora de cumplir la petición de deslastre de carga. El coste asociado con reducir el rendimiento de fabricación puede estimarse mediante el beneficio perdido asociado con la incapacidad para producir los productos marginales, pero el coste en dólares asociado con una temperatura de la instalación incómoda puede ser más arbitrario y subjetivo. Las realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención pueden incluir de este modo el uso del coordinador de DR que compara costes subjetivos y/o costes objetivos para determinar cuál es la mejor forma de reducir el consumo de energía eléctrica hasta un nivel deseado al tiempo que se minimiza el coste global, independientemente de la unidad de coste seleccionada con este fin.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, el coordinador de DR estará comparando un coste estimado de la reducción de un sistema de la instalación productivo con un coste estimado de la reducción de otro sistema de la instalación productivo y la comparación puede ser altamente objetiva y significativa.

A la hora de calcular el coste asociado con una reducción marginal de un nivel de energía eléctrica consumida por un sistema de la instalación en particular, pueden consultarse diversos datos de mercado en tiempo real. Estos datos, al igual que con otros datos de factores externos considerados por el coordinador de DR, pueden recibirse por medio de la conexión 193 a Internet, o bien de fuentes disponibles gratuitamente o bien mediante suscripción a diversas fuentes de información y bases de datos.

Por ejemplo, cuando la reducción del rendimiento global de producción de un primer producto se equilibra frente a la reducción del rendimiento global de producción de un segundo producto, puede considerarse el conocimiento del precio de mercado actual de ambos productos. En casos en los que puede haber un largo tiempo entre cuando comienza la producción de un producto en particular y cuando termina la producción, pueden usarse predicciones económicas y/o contratos futuros (cuando estén disponibles) para ayudar al coordinador de DR a colocar un valor en dólares al coste marginal de reducir el rendimiento global.

En otro ejemplo de atribuir un valor en dólares a la reducción marginal en el coste asociado con cada sistema de la

instalación, los costes en dólares asociados con reducir caudal de aire de sala blanca en el margen pueden medirse en la reducción del rendimiento de fabricación y el beneficio perdido asociado con esa reducción de rendimiento. Datos tales como, en este ejemplo, la relación entre la reducción marginal de capacidad de rendimiento asociada con la reducción marginal de flujo de aire de sala blanca puede suministrarse por el usuario o estimarse por el coordinador de DR basándose en datos recopilados anteriormente obtenidos durante el uso. Según algunas realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención, el coordinador de DR puede incluir, o puede estar conectado con, un sistema de simulación para realizar simulaciones por ordenador para estimar costes marginales asociados con reducciones de potencia en diversos sistemas de la instalación.

Es posible que el coordinador de DR, o bien a través de control directo o bien a través de generación de señales y órdenes, pueda gestionar todos los aspectos de la gestión de energía eléctrica de la instalación así como las programaciones de producción para fabricación y/o procesamiento que consumen energía. En el nivel más directo, el coordinador de DR puede generar una señal de control para controlar un sistema de HVAC y después enviar la señal de control al sistema de HVAC en el que se usa para controlar directamente la temperatura de la instalación. Sin embargo, como se describió anteriormente, el coordinador de DR no se limita a controlar directamente sistemas de la instalación, el coordinador de DR puede, de manera adicional o alternativa, controlar un conjunto de señales 181 que pueden usarse para informar al personal de la instalación de diversas tareas que han de realizarse. Estas señales 181 pueden incorporarse como una serie de claves luminosas tales como indicadores a modo de semáforo situados en las proximidades de diversos espacios de trabajo o como un servidor de generación de correos electrónicos automático que envía correos electrónicos destinados al personal apropiado para informarles de tareas seleccionadas asociadas con el nivel deseado de utilización de energía. Por ejemplo, puede dirigirse al personal a que produzca un primer producto en lugar de un segundo producto o realice un primer proceso en lugar de realizar un segundo proceso. De manera adicional, el coordinador de DR puede usarse para influir en o generar programaciones y/u hojas de servicio de personal para garantizar que el personal apropiado está disponible en momentos apropiados para realizar las tareas deseadas que implican los recursos de utilización de energía.

Por ejemplo, durante momentos en los que hay disponible más energía eléctrica tal como debido a que el brillo del sol puede suministrar grandes cantidades de energía eléctrica solar, el coordinador de DR puede programar procesos intensivos en cuanto a energía e implementar automáticamente cambios necesarios en hojas de servicio para garantizar que las personas apropiadas están en el sitio para realizar las tareas seleccionadas. Sin embargo, durante momentos de suministro eléctrico restringido, el coordinador de DR puede realizar una acción apropiada. Dado que el coordinador de DR puede hacer uso de parámetros previstos, pueden implementarse cambios en la programación de ahorro de energía por adelantado con respecto a las condiciones previstas. En tales circunstancias en las que hay potencial para que las condiciones reales no coincidan con las condiciones previstas, puede no conseguirse una eficiencia energética óptima en ese caso; sin embargo, con el tiempo, pueden realizarse ahorros de energía significativos teniendo en cuenta condiciones previstas que son a menudo más correctas que incorrectas.

La figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de proporcionar una respuesta de demanda integrada (IDR) según una realización a modo de ejemplo de la presente invención. En primer lugar, el coordinador de DR puede recibir un conjunto de parámetros de funcionamiento (etapa S21). Como se describió anteriormente, los parámetros de funcionamiento pueden incluir datos de sensor de diversos sensores y/o medidores ubicados por toda la instalación tal como sensores de temperatura, presión, humedad, etc. o medidores de consumo de energía eléctrica. Los parámetros de funcionamiento también pueden incluir entradas fijas, entradas variables, entradas predictivas y preferencias, como se describió anteriormente. A continuación, el coordinador de DR puede emplear inteligencia artificial para generar una o más señales de control basándose en los parámetros recibidos (etapa S22). Las señales de control pueden gestionar la aceptación de energía, almacenamiento y recuperación de energía, generación de energía y utilización de energía. La aceptación de energía puede incluir, por ejemplo, extraer electricidad de la red de distribución. La generación de energía puede incluir hacer funcionar generadores accionados por combustible fósil y/o aprovechar energía de fuentes renovables tales como fuentes solares y eólicas. El almacenamiento y la recuperación de energía pueden incluir almacenar temporalmente energía almacenada de fuentes renovables en baterías y/o calentar agua para un uso posterior y después una utilización posterior de la energía almacenada. La utilización de energía puede incluir, por ejemplo, determinar cuánta energía eléctrica, si la hubiera, asignar a diversos sistemas de la instalación que consumen energía, incluyendo sistemas de HVAC, operaciones de fabricación, ejecución de procesos, iluminación y cualquier otro sistema dentro de la instalación que requiera energía eléctrica para funcionar.

La inteligencia artificial puede hacer uso de la heurística y/o un conjunto de reglas predeterminadas a la hora de determinar cómo asignar recursos de energía disponibles. Si en cualquier punto se recibe una petición de deslastre de carga (Sí, etapa S23), entonces el coordinador de DR puede realizar una determinación de cuál es la mejor manera de reducir la energía aceptada de la red de distribución una medida deseada (etapa S24). A la hora de realizar esta determinación, el coordinador de DR puede ponderar costes relativos asociados con restringir la energía eléctrica a diversos sistemas de la instalación y/o potenciar las capacidades de generación de energía eléctrica y después coordinar un plan programado para la utilización de energía que satisfaga la instrucción de deslastre de carga recibida de la manera menos costosa disponible. El coordinador de DR puede entonces ejecutar el plan de programación (etapa S25) o bien mediante un control automático directo de sistemas de la instalación y/o bien visualizando diversas señales y/o haciendo circular instrucciones que ha de seguir el personal de la instalación.

La figura 3 es un diagrama que ilustra una descripción general del funcionamiento de un coordinador de DR según una realización a modo de ejemplo de la presente invención. El coordinador de respuesta de demanda (DR) recibe diversas entradas tales como previsiones meteorológicas, eventos/programación de precio de señales de DR, uso de electricidad, programaciones de consumo, programaciones de generación desde fuentes renovables, capacidad del almacenamiento y reserva, y produce diversas salidas tales como límites de demanda y control de carga (etapa S31). Un sistema de gestión del edificio recibe límites de demanda del coordinador de DR, proporciona programaciones de consumo al coordinador de DR, implementa estrategias de programación de referencia, refrigeración previa, calefacción previa, almacenamiento térmico y/o mantenimiento (etapa S32). Un sistema de ejecución de fabricación recibe límites de demanda del coordinador de DR, proporciona programaciones de consumo al coordinador de DR, genera estrategias de programación de producción y/o mantenimiento, estrategias de tratamiento de agua y/o residuos, y/o estrategias de carga para dispositivos de almacenamiento de electricidad (etapa S33). Un sistema de gestión de generación distribuida recibe estrategias de carga, energía eléctrica de reserva para emergencias, energía eléctrica renovable y proporciona esta capacidad energética al coordinador de DR (etapa S34). Un sistema de medición auxiliar recibe órdenes de control de carga del coordinador de DR y proporciona un uso eléctrico al coordinador de DR (etapa S35).

De este modo, el coordinador de respuesta de demanda (DR) puede servir como pasarela entre los sistemas de automatización de la instalación y el suministro público. Puede convertir señales de DR, generación en el sitio y capacidad de almacenamiento en límites de demanda. Los límites de demanda pueden establecer límites en el uso de electricidad dentro de cada dominio en la instalación (por ejemplo edificio, fabricación). El Sistema de Gestión del Edificio (BMS) y el Sistema de Ejecución de Fabricación (MES) pueden proporcionar programaciones de consumo al coordinador de DR. La Gestión de Generación Distribuida (DGM) puede proporcionar la programación de generación de las renovables y la reserva de capacidad de almacenamiento que puede usarse para compensar algunos de los límites de demanda.

La integración con el sistema de medición auxiliar de la instalación puede permitir la generación de alarmas y desencadenar estrategias de funcionamiento parcial en el caso de que no se respeten límites de demanda.

En cada uno de los subsistemas (BMS, MES, DGM) puede usarse una inteligencia artificial (AI) para evaluar los costes y beneficios, coordina actividades interdependientes y garantiza que la utilización de energía eléctrica total nunca supera los límites de demanda y permite la replanificación de manera dinámica cuando algo cambia o va mal (por ejemplo se rompe una maquinaria). La figura 4 es un diagrama que ilustra la planificación y replanificación de inteligencia artificial según una realización a modo de ejemplo de la presente invención. El subsistema puede planificar el funcionamiento (etapa S41). El coordinador de DR puede proporcionar límites de demanda (etapa S42). También pueden proporcionarse factores ambientales al subsistema (etapa S43). Entonces puede realizarse la descomposición de tareas para determinar el coste asociado con diversas tareas dados los límites de demanda, factores ambientales y el plan para el funcionamiento de la planta (etapa S44). A partir de ahí, puede construirse un plan de actividad óptima (etapa S45). A continuación, puede ejecutarse el plan construido (etapa S46). En cualquier punto, cambios en los diversos factores pueden dar como resultado una replanificación (etapa S47) y puede ejecutarse un nuevo plan (etapa S46).

La figura 5 muestra un ejemplo de un sistema informático que puede implementar un método y un sistema de la presente divulgación. El sistema y el método de la presente divulgación pueden implementarse en forma de una aplicación de software que se ejecuta en un sistema informático, por ejemplo, un ordenador central, ordenador personal (PC), ordenador portátil, servidor, etc. La aplicación de software puede estar almacenada en un medio de grabación accesible localmente por el sistema informático y accesible por medio de una conexión inalámbrica o por cable a una red, por ejemplo, una red de área local, o Internet.

El sistema informático denominado generalmente sistema 1000 puede incluir, por ejemplo, una unidad 1001 de procesamiento central (CPU), una memoria 1004 de acceso aleatorio (RAM), una interfaz 1010 de impresora, una unidad 1011 de visualización, un controlador 1005 de transmisión de datos de red de área local (LAN), una interfaz 1006 de LAN, un controlador 1003 de red, un bus 1002 interno y uno o más dispositivos 1009 de entrada, por ejemplo, un teclado, ratón etc. Tal como se muestra, el sistema 1000 puede estar conectado a un dispositivo de almacenamiento de datos, por ejemplo, un disco 1008 duro, por medio de un enlace 1007.

Las realizaciones a modo de ejemplo descritas en el presente documento son ilustrativas. Por ejemplo, los elementos y/o características de diferentes realizaciones a modo de ejemplo pueden combinarse entre sí y/o sustituirse unos por otros dentro del alcance de esta divulgación y las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método para gestionar el consumo de energía eléctrica dentro de una instalación (100), comprendiendo el método:
 - 5 recibir (S23) una petición para reducir un nivel total de consumo de energía eléctrica dentro de la instalación una medida predeterminada;
 - 10 recibir (S21) una pluralidad de parámetros de funcionamiento indicativos de cuánta energía eléctrica está consumiéndose por parte de cada uno de una pluralidad de sistemas de la instalación;
 - 15 determinar (S24) un coste correspondiente asociado con una reducción de potencia marginal para cada uno de la pluralidad de sistemas de la instalación usando la pluralidad de parámetros de funcionamiento recibidos;
 - 20 reducir de manera incremental una asignación de potencia al sistema (100) de la instalación de la pluralidad de sistemas de la instalación que se determina que tiene el coste marginal más bajo de reducción de potencia; y
 - 25 repetir las etapas de determinar un coste correspondiente y reducir de manera incremental la potencia hasta que el nivel total de consumo de energía eléctrica dentro de la instalación (100) se ha reducido la medida predeterminada.
2. Método según la reivindicación 1, en el que determinar (S24) un coste correspondiente asociado con una reducción de potencia marginal para cada uno de la pluralidad de sistemas de la instalación incluye estimar el consumo de energía basándose en la pluralidad de parámetros de funcionamiento recibidos.
3. Método según la reivindicación 2, en el que la pluralidad de parámetros de funcionamiento recibidos incluye diversas lecturas de sensor obtenidas de una red de sensores distribuidos por toda la instalación (100).
4. Método según la reivindicación 2, en el que la pluralidad de parámetros de funcionamiento recibidos incluye datos relacionados con condiciones de funcionamiento futuras estimadas de la instalación (100).
5. Método según la reivindicación 4, en el que las condiciones de funcionamiento futuras estimadas de la instalación (100) incluyen una previsión meteorológica.
6. Método según la reivindicación 1, en el que la petición para reducir un nivel total de consumo de energía eléctrica dentro de la instalación (100) una medida predeterminada incluye una petición para reducir un nivel máximo de potencia instantánea extraída de una red (110) de distribución.
7. Método según la reivindicación 1, en el que la petición para reducir un nivel total de consumo de energía eléctrica dentro de la instalación (100) una medida predeterminada incluye una petición para reducir un nivel total de potencia extraída de una red (110) de distribución durante un periodo de tiempo particular.
8. Método según la reivindicación 1, en el que determinar el coste correspondiente asociado con la reducción de potencia marginal para cada uno de la pluralidad de sistemas de la instalación incluye utilizar un sistema de inteligencia artificial.
9. Método según la reivindicación 8, en el que el sistema de inteligencia artificial utiliza una base (162) de datos de reglas o algoritmos heurísticos.
10. Método según la reivindicación 8, en el que el sistema de inteligencia artificial utiliza uno o más algoritmos heurísticos.
11. Método según la reivindicación 1, en el que además de reducir de manera incremental una asignación de potencia al sistema (100) de la instalación de la pluralidad de sistemas de la instalación que se determina que tiene el coste marginal más bajo de reducción de potencia, se consigue una reducción del nivel total de consumo de energía eléctrica dentro de la instalación (100) mediante reasignación de potencia entre múltiples sistemas de la instalación de la pluralidad de sistemas de la instalación.
12. Método según la reivindicación 1, en el que además de reducir de manera incremental una asignación de potencia al sistema (100) de la instalación de la pluralidad de sistemas de la instalación que se determina que tiene el coste marginal más bajo de reducción de potencia, se consigue una reducción del nivel total de consumo de energía eléctrica dentro de la instalación (100) volviendo a programar una operación de uno o más de la pluralidad de sistemas de la instalación.

13. Método para gestionar la demanda de energía eléctrica de una fuente (130, 140, 150) de energía eléctrica particular dentro de una instalación (100), comprendiendo el método:
- 5 recibir una petición para reducir un nivel total de energía eléctrica demandada de la fuente (130, 140, 150) de energía eléctrica particular dentro de la instalación (100) una medida predeterminada;
- recibir (S31, S32) una programación de necesidades de energía eléctrica para cada uno de una pluralidad de sistemas de la instalación;
- 10 determinar un coste correspondiente asociado con una reducción de potencia marginal para cada uno de la pluralidad de sistemas de la instalación usando la pluralidad de parámetros de funcionamiento recibidos;
- determinar un coste asociado con aumentar la generación de potencia marginal;
- 15 reducir de manera incremental la demanda de energía eléctrica de la fuente de energía eléctrica particular al tiempo que se satisface la programación recibida de necesidades de energía eléctrica para cada uno de la pluralidad de sistemas de la instalación realizando uno de reducir de manera marginal la potencia para uno de la pluralidad de sistemas de la instalación y aumentar de manera marginal la generación de potencia según el coste más bajo determinado; y
- 20 repetir las etapas de determinar un coste correspondiente asociado con una reducción de potencia marginal para cada uno de la pluralidad de sistemas de la instalación, determinar un coste asociado con aumentar la generación de potencia marginal y reducir de manera incremental la demanda de energía eléctrica hasta que el nivel total de energía eléctrica demandada de la fuente (130, 140, 150) de energía eléctrica particular dentro de la instalación (100) se ha reducido la medida predeterminada.
- 25
14. Método según la reivindicación 13, en el que aumentar la generación de potencia incluye generar potencia para su utilización por parte de la pluralidad de sistemas de la instalación mediante la combustión de combustibles fósiles.
- 30
15. Método según la reivindicación 13, en el que aumentar la generación de potencia incluye generar potencia para su utilización por parte de la pluralidad de sistemas de la instalación aprovechando energía eléctrica solar o eólica.
- 35
16. Método según la reivindicación 15, en el que se determina el grado en el que la petición para reducir un nivel total de energía eléctrica demandada de la fuente de energía eléctrica particular puede satisfacerse aprovechando energía eléctrica solar o eólica, y reducir de manera incremental la demanda de energía eléctrica de la fuente de energía eléctrica particular incluye aprovechar energía eléctrica solar o eólica disponible antes de reducir de manera marginal la potencia para uno de la pluralidad de sistemas de la instalación y aumentar de manera marginal la generación de potencia según el coste más bajo determinado.
- 40
17. Método según la reivindicación 13, en el que aumentar la generación de potencia incluye generar potencia para su utilización por parte de la pluralidad de sistemas de la instalación aprovechando energía eléctrica almacenada previamente.
- 45
18. Sistema para gestionar el consumo de energía eléctrica dentro de una instalación (100), comprendiendo el sistema:
- 50 una base (162) de datos de reglas que incluye reglas que dictan cómo generar, almacenar, recuperar, adquirir y asignar energía eléctrica disponible entre una pluralidad de sistemas de la instalación incluyendo dispositivos (170, 180) que consumen energía eléctrica, dispositivos (130, 140) de generación de energía eléctrica y dispositivos (150) de almacenamiento de energía eléctrica;
- 55 un coordinador (160) para recibir una petición para reducir un nivel total de consumo de energía eléctrica dentro de la instalación una medida predeterminada y recibir una pluralidad de parámetros (161), indicativos de cuánta energía eléctrica está consumiéndose por parte de cada uno de una pluralidad de sistemas de la instalación, como entradas, leer las reglas de la base (162) de datos de reglas, determinar un coste correspondiente asociado con cada una de la pluralidad de señales de control usando la pluralidad de parámetros (161) de funcionamiento recibidos, reducir de manera incremental una asignación de potencia al sistema de la instalación de la pluralidad de sistemas de la instalación que se determina que tiene el coste marginal más bajo de reducción de potencia, repetir las etapas de determinar un coste correspondiente y reducir de manera incremental la potencia hasta que el nivel total de consumo de energía eléctrica dentro de la instalación se ha reducido la medida predeterminada y generar una pluralidad de señales de control para controlar la generación, almacenamiento, recuperación, adquisición y asignación de la energía eléctrica disponible entre la pluralidad de sistemas de la instalación; y
- 60
- 65

una pluralidad de sensores (192) y medidores ubicados por toda la instalación para generar al menos algunos de la pluralidad de parámetros (161) y enviar los parámetros (161) generados al coordinador (160).

- 5 19. Sistema según la reivindicación 18, en el que los dispositivos que consumen energía eléctrica incluyen un sistema (170) de control de la temperatura del aire o sistemas (180) de fabricación.
20. Sistema según la reivindicación 18, en el que los dispositivos de generación de energía eléctrica incluyen un generador accionado por combustible fósil o un generador de energía renovable.
- 10 21. Sistema según la reivindicación 18, que incluye adicionalmente una conexión a Internet para proporcionar parámetros al coordinador (160) mediante suscripción.

Fig. 1

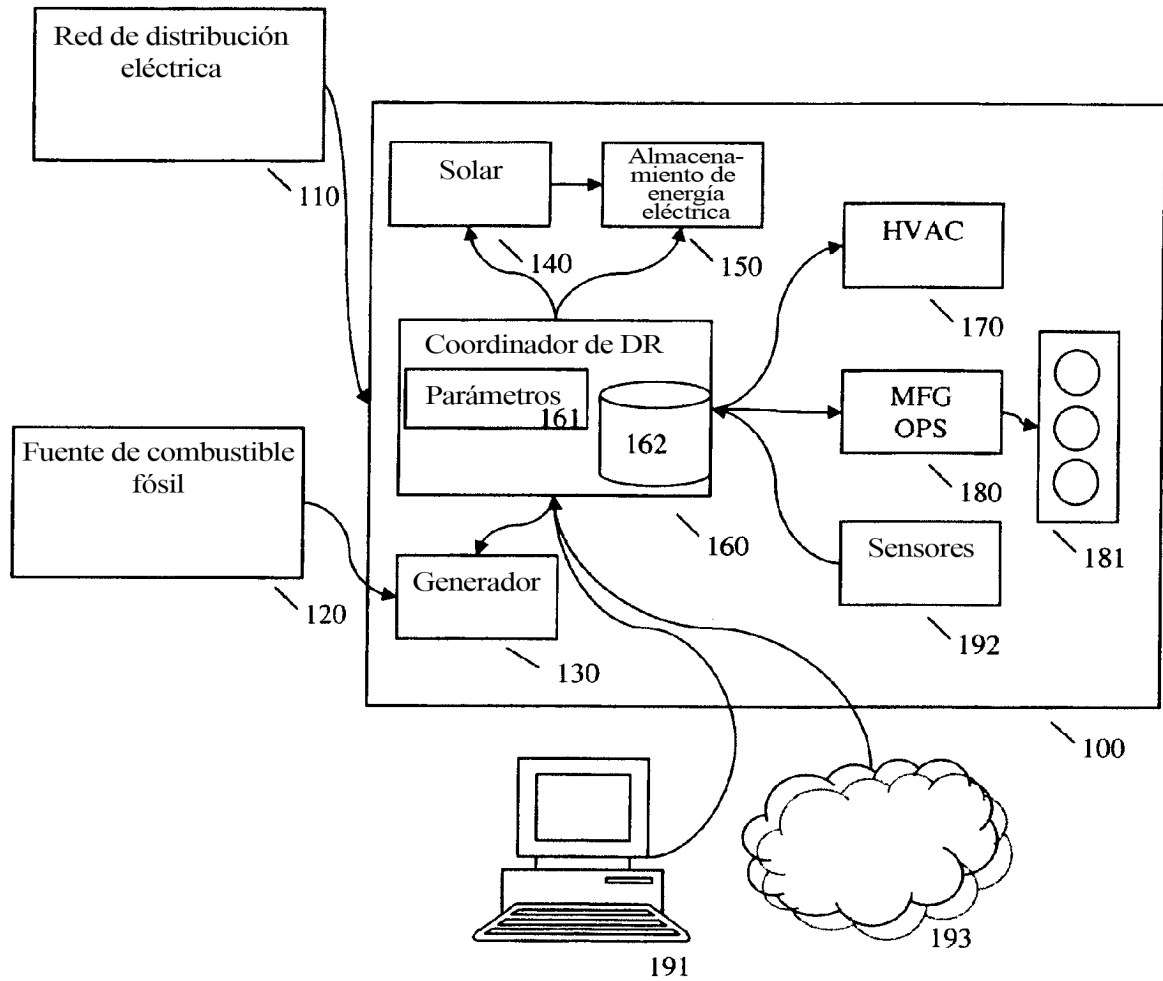


Fig. 2

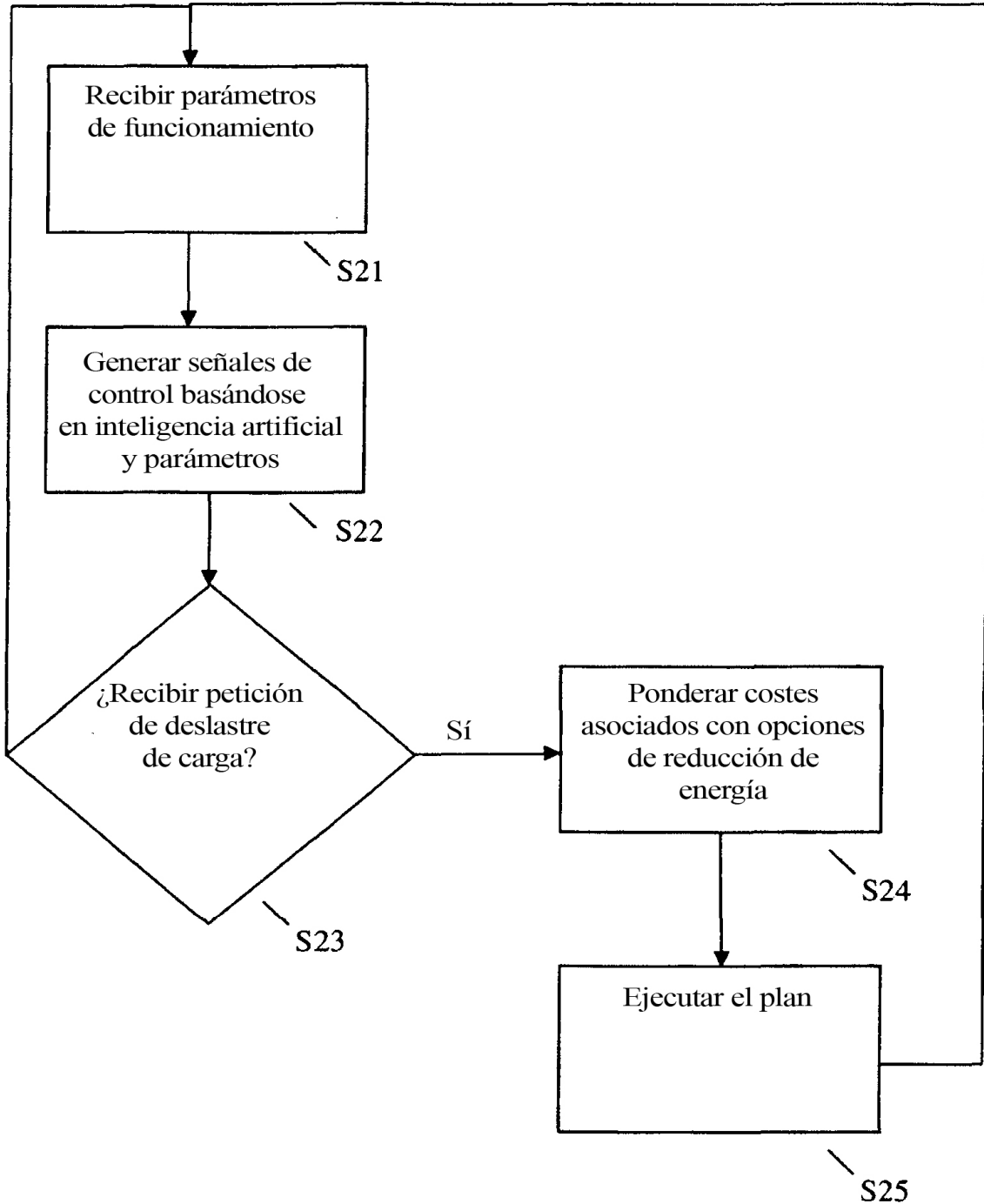


Fig. 3

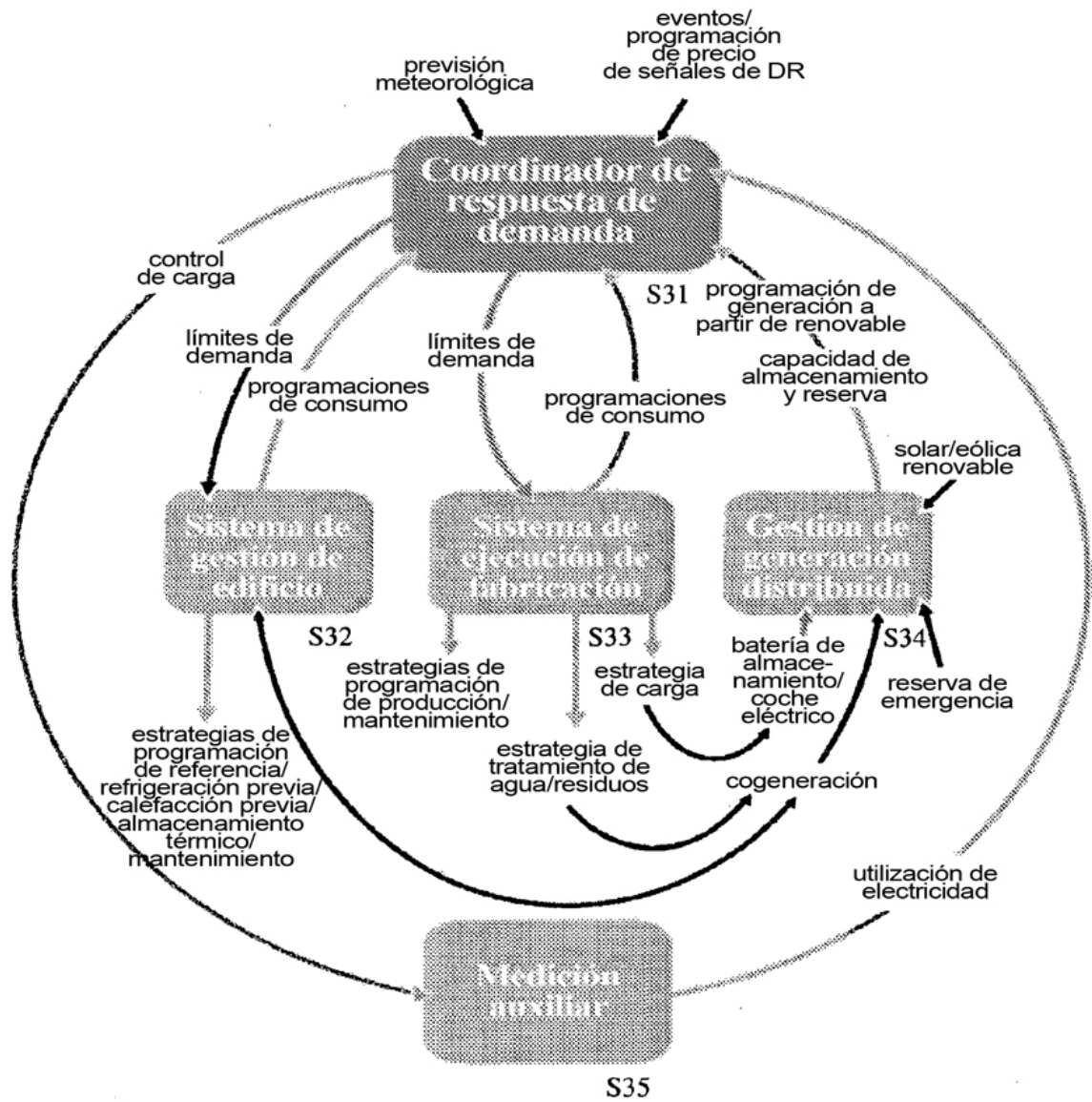


Fig. 4

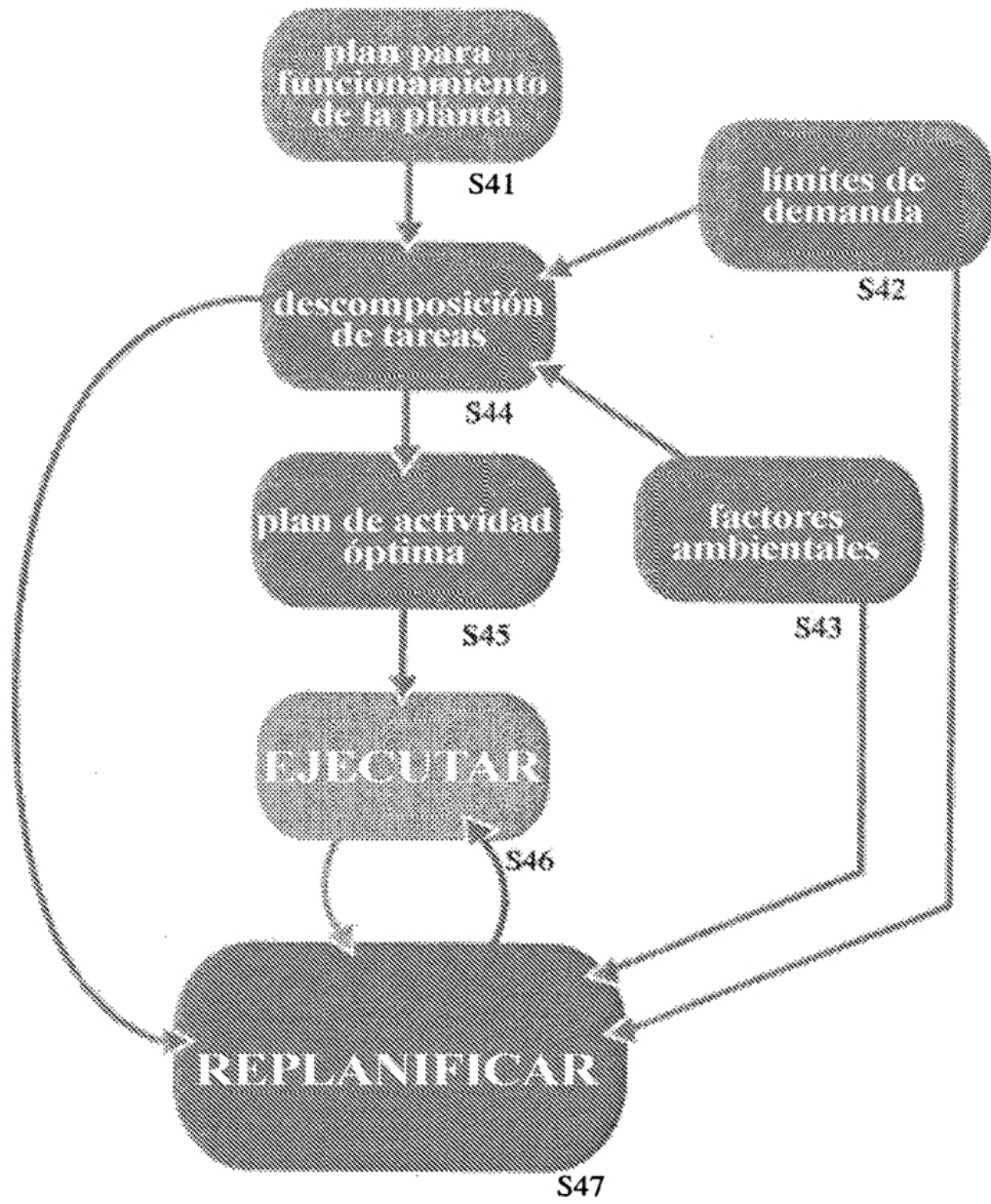


Fig. 5

