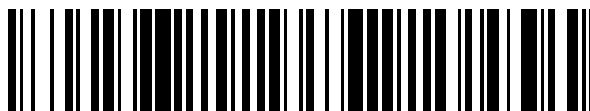


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 451 368**

51 Int. Cl.:

H02J 3/00 (2006.01)

H02J 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2011** **E 11305260 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2013** **EP 2498363**

54 Título: **Mejora de red eléctrica de distribución para vehículos eléctricos enchufables**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.03.2014

73 Titular/es:

ACCENTURE GLOBAL SERVICES LIMITED
(100.0%)
3 Grand Canal Plaza Grand Canal Street Upper
Dublin 4, IE

72 Inventor/es:

SENART, ALINE;
SOUCHE, CHRISTIAN y
KURTH, SCOTT

74 Agente/Representante:

BALLESTER CAÑIZARES, Rosalía

ES 2 451 368 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

Mejora de red eléctrica de distribución para vehículos eléctricos enchufables

Antecedentes

1. Campo técnico

- 5 **[0001]** Esta publicación hace referencia a un sistema para mejorar las redes de distribución eléctrica para vehículos eléctricos enchufables ("PEV").

2. Técnica relacionada

- 10 **[0002]** Las empresas y los gobiernos se enfrentan a presiones desde un punto de vista empresarial y desde un punto de vista político para reducir las emisiones de carbono, asegurar la independencia energética, y apoyar la industria automotriz para conseguir medios de transporte más respetuosos con el medio ambiente. Muchas empresas y gobiernos consideran que los PEVs son una tecnología a medio plazo para conseguir estos objetivos. Los estudios muestran que colocar los PEVs en la carretera podría reducir las emisiones de gas invernadero estadounidenses hasta 500 millones de toneladas métricas al año a partir del 2050. Desde el punto de vista tecnológico, el desarrollo de baterías y cargadores más eficientes permiten a los fabricantes de automóviles producir PEVs más eficientes y asequibles. A medida que aumentan los problemas medioambientales, se estima que los precios del combustible aumentarán globalmente, los consumidores también se interesan más por los PEVs, lo que conduce a un aumento de la previsión del número de PEVs en la carretera.

- 20 **[0003]** El creciente número de PEVs en la carretera y de estaciones de recarga asociadas generaría una carga adicional que se extendería de manera dinámica sobre las redes de distribución eléctrica (EDN) existentes geográficamente en ese momento. Los estudios han demostrado que incluso una pequeña entrada de los PEVs sobrecargaría una EDN local y acortaría la vida útil del equipo energético, teniendo que cambiar equipos, transformadores y reguladores. Sin embargo, es necesario hacer más para conseguir el uso extendido de PEVs.

[0004] Por lo tanto, existe la necesidad de abordar los problemas arriba citados y otros anteriormente sufridos.

- 25 **[0005]** La solicitud de patente PCT WO 2008/073453 hace referencia a un sistema de acumulación de potencia en el que un servicio establece interconexiones individuales con numerosos recursos eléctricos conectados de manera intermitente a la red eléctrica, como los vehículos eléctricos.

SUMARIO

- 30 **[0006]** Un sistema de mejora ("sistema") de la red de distribución eléctrica ("EDN") permite a un operador de una EDN simular de manera eficaz y precisa el impacto de los PEVs, modificar de manera dinámica la configuración de la EDN para justificar diferentes escenarios de carga, determinar programas para mejorar la EDN para las PEVs. El sistema además permite aplicar las medidas de mejora a la EDN.

- 35 **[0007]** Un método de mejora de la red de distribución eléctrica que incluye recibir una entrada de usuario, donde la entrada de usuario comprende una red de distribución eléctrica (EDN), información de configuración, información demográfica e información de carga y el almacenamiento de entrada de usuario en una base de datos. El método también incluye representar una simulación principal utilizando un simulador basado al menos en la información de configuración de EDN, la información demográfica o la información de carga almacenada en la base de datos para obtener un primer resultado de simulación, analizar el primer resultado de simulación utilizando un motor de análisis para obtener un primer resultado de la interpretación, actualizar al menos una de entre la información de configuración de la EDN, la información demográfica o la información de carga, realizar una segunda simulación utilizando el simulador basado en la actualizada al menos información de configuración de la EDN, información demográfica o información de carga para obtener un segundo resultado de simulación y analizar el segundo resultado de la simulación utilizando el motor de análisis para obtener un segundo resultado de la interpretación.

- 45 **[0008]** El método también puede incluir determinar al menos un programa de mejora basado en al menos el primer resultado de la interpretación o el segundo resultado de la interpretación, actualizar la información de configuración de EDN basada en el programa de mejora determinado, realizar una simulación del programa de mejora utilizando el simulador basado en la información de configuración de la EDN actualizada y aplicar el determinado al menos un programa de mejora sobre una EDN.

[0009] Otros sistemas, métodos y características serán, o se volverán, evidentes para alguien experto en la técnica tras el análisis de las siguientes figuras y la descripción detallada. Se entiende que todos los sistemas, métodos y características adicionales incluidos en esta descripción se encuentran dentro del alcance de la divulgación y está protegidos por las siguientes reivindicaciones.

5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0010] El sistema puede entenderse mejor con referencia a los siguientes dibujos y descripción. Los componentes en las figuras no están necesariamente a escala, teniendo en su lugar el énfasis en la ilustración de los principios de la publicación. Además, en las figuras, los numerales similares designan partes correspondientes a lo largo de las diferentes vistas.

10 **[0011]** La figura 1 muestra una red de distribución eléctrica ("EDN").

[0012] La figura 2 muestra un diagrama del sistema de mejora de la red de distribución eléctrica ("sistema").

[0013] La figura 3 muestra una vista detallada del sistema.

[0014] La figura 4 muestra una vista del sistema integrado con la EDN.

[0015] La figura 5 muestra una primera parte del diagrama de flujo de la lógica que el sistema sigue.

15 **[0016]** La figura 6 muestra una segunda parte del diagrama de flujo de la lógica que el sistema sigue.

[0017] La figura 7 muestra un diagrama secuencial de la lógica que el sistema sigue.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

20 **[0018]** La figura 1 muestra un diagrama 100 de una red de distribución eléctrica ("EDN"). La EDN puede ser una red inteligente que incorpora tecnologías de información y comunicación a todos los niveles de transmisión y distribución de electricidad. La red inteligente puede combinar hardware de potencia tradicional con tecnología de detección y seguimiento, tecnología de información y comunicaciones para mejorar el rendimiento de la red eléctrica y soportar servicios adicionales de los consumidores. Una red inteligente puede controlar la demanda de energía eléctrica hasta el nivel residencial, conectar la generación de potencia distribuida a pequeña escala con los dispositivos de almacenaje, comunicar la información de los estados y necesidades de funcionamiento, recoger información de las los precios y condiciones de la red, y mover la red más allá del control central hacia una red de colaboración.

25 **[0019]** La EDN puede incluir una o más fuentes de generación energética como una planta energética 102, una red de transmisión 104, una red de distribución 110, y un local de cliente 114. La red de transmisión 104 puede incluir torres de transmisión 106 para transmitir electricidad hacia la subestación de transmisión 108 dentro de la red de transmisión. La subestación de transmisión 108 puede transmitir electricidad a varias redes de distribución como la red de distribución 110. La red de distribución 110 puede incluir las subestaciones de distribución como la subestación 112a y 112b que a su vez distribuye electricidad a varios nudos en un local de cliente 114. El local de cliente puede incluir uno o más contadores 118 para contar la electricidad que fluye hacia varios nudos 118-124. Los nudos pueden ser, por ejemplo, un nudo de fábrica 118, nudo de hogar 120, un nudo de carga PEV 122 y otros tipos de nudos 124.

30 **[0020]** La EDN también puede incluir un centro de operación de la EDN 128. El centro de operación de la EDN 128 puede comunicarse a través de una red 126 con varios aspectos de la EDN para controlar la configuración y operación de la EDN. Por ejemplo, el centro de operación de la EDN 128 puede comunicar con la subestación de la transmisión 108, subestaciones de la distribución 112a, y 112b, el contador 116 y varios nudos 118-124 para controlar y cambiar la operación y configuración de parte o todas las EDN. Por ejemplo, el centro de operación de la EDN 128 puede alterar los modelos de distribución eléctrica entre las diferentes subestaciones de distribución 112a y 112b, ajustar los ritmos dependiendo del tipo de nudo o el momento del día, o identificar cualquier mantenimiento de hardware que pueda requerirse. El centro de operación de la EDN 128 puede incluir el sistema 202, un sistema de respuesta a la demanda 130 y el sistema de control de la EDN 132.

40 **[0021]** El sistema de respuesta a la demanda 130 puede controlar cargas en uno o más nudos, así como reducir la potencia utilizada o implementar las características del vehículo enchufable a la red ("V2G"). El V2G se analizará con más detalle en adelante. El sistema de control de la EDN 132 puede recibir instrucciones del sistema 202, del sistema de respuesta a la demanda 130, o de un operador para controlar la EDN.

[0022] La figura 2 muestra un diagrama 200 del sistema 202. El sistema 202 puede integrarse en el centro de

operación de la EDN 128, o puede implementarse como un sistema separado que puede comunicar con la EDN. El sistema puede incluir un extremo frontal 204, un motor de análisis 206, una base de datos 208, y un simulador 210.

[0023] El extremo frontal 204 puede actuar como una interfaz para que los usuarios interactúen con el sistema 202. El extremo frontal 204 puede ser, por ejemplo, una página web, una aplicación que funciona con un smart phone o una tablet, que pueden utilizar los operadores de la EDN. El extremo frontal 204 puede utilizarse para interactuar con los usuarios a un nivel alto. La interacción puede realizarse a través de pantallas. Las pantallas pueden explicar brevemente términos clave como red inteligente y PEVs y también describir el problema al usuario. Las pantallas también pueden permitir al usuario especificar un conjunto de parámetros que se usarán para estimular una EDN específica. Los valores especificados por el usuario pueden situarse en una tabla específica de la base de datos e identificarse mediante un identificador de simulación, que se analizará con más detalle en adelante. Las pantallas también pueden mostrar una vista gráfica de la red y destacar los puntos y momentos de fallo. Además, las pantallas pueden mostrar resultados estadísticos sobre un conjunto de simulaciones que se han llevado a cabo. Las pantallas también pueden permitir al usuario aplicar uno de los programas de mejora establecidos para ayudar a la EDN a tratar su nueva carga y visualizar los efectos de los programas. Los programas de mejora pueden incluir programas para mejorar, mejorar de manera gradual u optimizar la operación de la EDN.

[0024] El motor de análisis 206 puede interactuar con el extremo frontal 204, la base de datos 208 y el simulador 210. El motor de análisis 206 puede recibir desde el borde frontal 204 un identificador de simulación. El identificador de simulación puede utilizarse para obtener, a partir de la base de datos 208, detalles sobre las simulaciones que el sistema 202 debe realizar. Esos detalles pueden almacenarse en la base de datos 208 a través del extremo frontal 204. De manera alternativa, los detalles de las simulaciones pueden cargarse directamente en la base de datos 208. El motor de análisis 206 también puede enviar alertas al extremo frontal 204 cuando finaliza un conjunto de simulaciones para que los resultados puedan destacarse en una vista gráfica mostrada al usuario.

[0025] El motor de análisis 206 puede interactuar con la base de datos 208 para almacenar la descripción de una EDN que se simulará. El motor de análisis 206 puede analizar la carga PEV para la EDN (accediendo a un modelo de carga PEV 212, según se analiza abajo). El análisis puede conducir a una o más mejoras de la EDN (como cambios o mejoras en la estructura de, configuración de, o dispositivos en la EDN, o similares como cambios y mejoras en el funcionamiento de la EDN, incluyendo seleccionar uno o más nudos para una respuesta a la demanda). Basándose en los análisis, el motor de análisis 206 también puede generar un plan de mejora para actualizar automáticamente los activos de la EDN y/o cambiar las características de operación de los activos en los momentos determinados por el motor de análisis. El motor de análisis 206 también puede utilizar el análisis, junto con los datos históricos de la EDN (como, por ejemplo, información anterior de la carga de activos de la EDN) para generar un plan que anime a los usuarios de la EDN a utilizar diferentes nudos en diferentes momentos basándose en una futura carga de información pronosticada en los nudos. Basándose en este plan, el motor de análisis 206 puede modificar automáticamente los activos de la EDN o cambiar los comportamientos de operación del activo para animar a los usuarios de la EDN a utilizar la EDN de acuerdo con el plan. Dicha modificación o cambio puede ser, por ejemplo, apagar uno o más nudos en ciertos momentos y limitar la salida de energía en uno o más nudos en ciertos momentos. El análisis de la EDN, utilizando el motor de análisis 206, puede hacerse en el futuro con tal de hacer cambios futuros a parte de toda la EDN (como actualizar el hardware en la EDN). O, el análisis de la EDN, utilizando el motor de análisis 206, puede llevarse a cabo a tiempo real con tal de hacer cambios en parte de toda la EDN (como aplicar una respuesta a la demanda en parte de la EDN).

[0026] Entre una simulación y otra, la EDN simulada puede tener una configuración diferente en lo que respecta a las características y cargas de activos. Las modificaciones de una configuración a otra pueden llevarse a cabo mediante el motor de análisis 206 utilizando parámetros de entrada de usuario y un modelo como el modelo PEV 212 definiendo el aumento de carga de una fecha a la otra. El modelo PEV 212 puede almacenarse en y extraerse de la base de datos 208, o puede incorporarse en el motor de análisis 206.

[0027] Los datos de simulación pueden proporcionarse al simulador 210 para efectuar la simulación. Dichos datos pueden incluir, por ejemplo, la configuración de la EDN, la información de carga PEV y la información demográfica. La información de carga PEV puede calcularse con el motor de análisis 206 utilizando el modelo de carga PEV 212. Estos datos pueden proporcionarse al simulador 210 desde la base de datos 208. La simulación puede realizar un cálculo de flujo de carga para simular la carga recibida en varios activos de la EDN. El simulador 210 puede implementarse, por ejemplo, utilizando GridLab-D, o OpenDSS. El simulador 210 también puede implementarse, por ejemplo, utilizando el método de barrido hacia atrás. Los datos de simulación pueden transferirse al simulador 210 en una variedad de maneras, por ejemplo, como una llamada de proceso, una llamada a método, o un fichero script. Si los datos se envían como un fichero script, el motor de análisis 206 puede generar el fichero script basado en los datos almacenados en la base de datos 208. Tras la simulación,

se puede acceder a los resultados también en una variedad de formas, por ejemplo, como una llamada de proceso, una llamada de método, o generando un fichero de resultado.

[0028] En un modo de realización, antes de cada simulación, el motor de análisis puede generar, a partir de la base de datos, un fichero script describiendo la configuración de la EDN, y lo transfiere al simulador 210. El simulador 210 a su vez efectúa la simulación para simular la operación de la EDN durante un periodo de tiempo específico de acuerdo con el fichero script y genera ficheros de resultado. Los ficheros de resultado pueden incluir información sobre varios aspectos de la EDN, como corrientes, voltajes y valores de potencia de los activos en la EDN.

[0029] Después de cada simulación, los resultados pueden almacenarse en la base de datos 208. Entonces, el motor de análisis 206 puede interpretar los resultados y almacenar la interpretación en la base de datos 208. La interpretación puede detectar varios problemas en la EDN como, por ejemplo, cortes (por ejemplo debido al exceso de capacidad) y un fallo en la línea.

[0030] El motor de análisis 206 puede llamar al simulador 210 en cualquier momento para efectuar una configuración específica de una EDN. En un modo de realización, en esa llamada, el motor de análisis 206 puede transferir al simulador 210 una descripción de la EDN para simular. Esa descripción puede tener un formato compatible con el simulador 210. Tras la simulación, el motor de análisis 206 puede acceder a los ficheros de resultados generados por el simulador 210. El motor de análisis 206 puede analizar los ficheros de resultado y almacenar los valores de resultado en la base de datos 208.

[0031] La base de datos 208 puede almacenar información sobre las EDNs simuladas y el propio proceso de simulación. Un modelo de datos de una EDN clásica puede definirse en la base de datos 208. Este modelo puede incluir tablas de base de datos conteniendo las características de cada activo de la EDN y las relaciones entre los activos. Recibir los datos de simulación del usuario como entrada de usuario y almacenarlos en la base de datos permite al sistema 202 simular dinámicamente las EDNs con diversas configuraciones. La base de datos 208 también puede almacenar datos PEV como carga PEV, esperanza de vida del vehículo o número de ventas de coches. Además, al almacenar la información de carga como el modelo de carga PEV 212 y al proporcionársela al simulador 210, el sistema 202 puede simular dinámicamente una cierta configuración EDN con una carga que varía y una información demográfica.

[0032] Por lo tanto, el simulador 210 puede recibir datos de simulación describiendo una configuración específica de la EDN, información demográfica y de carga que puede adaptarse de manera eficiente para necesidades específicas. Además, el simulador 210 puede simular la EDN durante un intervalo de tiempo específico y proporcionar resultados. Los resultados puede utilizarlos el motor de análisis 206 para ingresar los datos en la base de datos 208 con los resultados de la simulación.

[0033] Según se ha analizado anteriormente, el modelo de carga PEV 212 puede utilizarse para calcular la información de carga inicial o cuando se modifica una configuración de una EDN para reflejar cargas adicionales. La carga PEV y la carga que viene desde otras fuentes como el crecimiento de población o el aumento de potencia individual necesita incluirse en este modelo de carga.

[0034] El modelo de carga PEV 212 puede considerar factores como, por ejemplo, el consumo de energía de un PEV, el perfil de carga de las baterías utilizado y el comportamiento de conducción de los conductores. La carga en cada nudo y para cada simulación puede calcularse con un conjunto de fórmulas. Estas fórmulas pueden asumir que la carga demográfica y de base son conocidas por cada nudo en los datos de inicio. En esas fórmulas, "n" representa la fecha de simulación e "i" representa un nudo cargado. Esas fórmulas pueden utilizarse en el orden que se lista abajo.

[0035] El primer parámetro que se calcula es el PesoDemográfico. Representa el peso de cada nudo en lo que respecta a la demografía. La demografía de un nudo es el número de personas que recibe su energía eléctrica desde ese nudo. La fórmula también utiliza el AumentodePoblaciónAnual correspondiente a los datos de simulación. El último elemento utilizado por la fórmula es la InfluenciadeActividadsobredemografía. Es un coeficiente entre 0 y 1, y representa la influencia que tiene la actividad en una región sobre su demografía. Por ejemplo, cuatro regiones pueden definirse como comercial, residencial, agrícola e industrial.

$$\text{PesoDemográfico}_i(n) = \frac{\text{Carga}_i(\text{FechaInicial})}{\sum_{i=0}^N \text{Carga}_i(\text{FechaInicial})} \cdot (1 + \text{AumentoPoblaciónAnual})^n \cdot \text{InfluenciaActividadenDemografía}_i(n)$$

Ecuación 1

[0036] Dado el parámetro anterior, la demografía total en la fecha inicial y el AumentoPoblaciónAnual, puede calcularse la demografía en cada nudo de acuerdo con la Ecuación 2.

$$\text{Demografía}_i(n) = \frac{\text{PesoDemográfico}_i(n)}{\sum_{i=0}^N \text{PesoDemográfico}_i(n)} \cdot \text{Demografía}(\text{FechaInicial}) \cdot (1 + \text{AumentoPoblaciónAnual})^n$$

Ecuación 2

[0037] El PesoPEV, calculado mediante la ecuación 3, representa la probabilidad de que cada nudo maneje algunos PEVs. Esto puede calcularse utilizando la demografía en cada nudo cargado y la InfluenciaActividadsobrepEV, que es un coeficiente entre 0 y 1, representando la influencia que tiene la actividad en una región sobre el número de PEVs utilizados en una región.

$$\text{PesoPEV}_i(n) = \frac{\text{Demografía}_i(n)}{\sum_{i=0}^N \text{Demografía}_i(n)} \cdot \text{InfluenciaActividadsobrepEV}_i(n)$$

Ecuación 3

[0038] La ecuación 4 calcula el número de PEVs que se reciclarán durante el año que corresponde con la fecha de simulación. Utiliza la esperanza de vida de cada PEV y el número de coches vendidos durante el número de años que corresponde con la esperanza de vida antes del año de simulación.

$$\begin{aligned} \text{PEVaReciclar}(n) &= \text{Si } ((n - \text{EsperanzadeVida}) \geq \text{FechaInicial}) \\ &\quad \text{entonces NúmerodeCochesVendidos}(n - \text{EsperanzadeVida}) \text{ diferente a } 0 \\ &\quad \text{donde NúmerodeCochesVendidos}(n) = \text{NúmerodeCochesVendidos}(\text{FechaInicial}) \cdot (1 + \text{AumentoPoblaciónAnual})^n \end{aligned}$$

Ecuación 4

[0039] La ecuación 5 calcula el número de PEVs para la fecha de simulación actual. Esa ecuación utiliza el número de PEVs de la simulación anterior, el número de PEVs para reciclar, la penetración PEV, el número de coches vendidos en la fecha inicial y el correspondiente AumentoPoblaciónAnual.

$$\begin{aligned} \text{NúmeroPEV}(n) &= (\text{NúmeroPEV}(n-1) - \text{PEVaReciclar}(n) \\ &\quad + \text{PenetraciónPEV}(n) \cdot \text{NúmerodeCochesVendidos}(\text{FechaInicial}) \cdot (1 + \text{AumentoPoblaciónAnual})^n \end{aligned}$$

Ecuación 5

[0040] El parámetro NúmeroPEV(n) utilizado con PesoPEV en cada nudo ayuda a calcular el número de PEVs en cada nudo para la fecha de simulación de acuerdo con la Ecuación 6.

$$\text{NúmeroPEV}_i(n) = \frac{\text{PesoPEV}_i(n)}{\sum_{i=0}^N \text{PesoPEV}_i(n)} \cdot \text{NúmeroPEV}(n)$$

Ecuación 6

[0041] Utilizando las Ecuaciones 1-6, todos los parámetros para calcular la carga en cada nudo de acuerdo con la Ecuación 7 pueden obtenerse. La CargaPEV representa el promedio de energía utilizado por un PEV.

$$\text{Carga}_i(n) = \text{Carga}_i(\text{FechaInicial} \cdot (1 + \text{AumentoCargaAnual})^n \cdot (1 + \text{AumentoPoblaciónAnual})^n + \text{NúmeroPEV}_i(n) \cdot \text{CargaPEV}$$

Ecuación 7

5

[0042] La figura 3 muestra una vista detallada 300 del sistema 202. El extremo frontal 204 puede configurarse para recibir la entrada de usuario 302 y almacenar la entrada de usuario en la base de datos 208. Por ejemplo, la entrada de usuario 302 puede almacenarse en una tabla de entrada_usuario en la base de datos 208 y puede utilizarse para realizar el conjunto de simulaciones para las fechas específicas. Las tablas 1-4 ilustran las

10

Tabla 1: Entrada para la configuración de simulación:

Constante	Descripción
SimulD	Clave principal de la tabla.
FechaInicial	Año en el que la simulación comienza (p.ej., 2010)
FechaFinal	Año en el que la simulación acaba (p.ej., 2060)
Frecuencia	Frecuencia de simulación Frecuencia ∈ [Anual, trimestral, mensual]
Red ID	Nombre del fichero de la EDN a usar para la simulación

Tabla 2: Entrada en las estimaciones PEV

Constante	Descripción
Índice de Penetración Final PEV	El índice de penetración PEV estimado en FechaFinal (p.ej., 50% en 2060)
Índice de Evolución PEV	La aceleración estimada de la penetración PEV
Fecha Inflexión	La fecha estimada cuando la aceleración de la penetración PEV está en su máximo
Carga PEV	Promedio de energía consumida para cargar un PEV (p.ej., 24 kWh)
Esperanza de Vida	La esperanza de vida media de un vehículo (eléctrico o no) en años (p.ej., 13)
Aumento de Carga Anual	El porcentaje estimado del aumento de carga cada año independientemente de la ocupación PEV (p.ej., 0,03)
Número Ventas de Coches	El número total de vehículos vendidos en la FechaInicial (incluyendo vehículos tradicionales)

15

Tabla 3: Entrada en la red de distribución

Constante	Descripción
N	El número total de nudos
Carga Inicial i	La carga inicial sobre el nudo i en la FechaInicial

Tabla 4: Entrada en el área geográfica

Constante	Descripción
PoblaciónTotal	La población total del área geográfica
AumentodePoblaciónAnual	El porcentaje estimado del aumento de población cada año (p.ej., 0,02)

[0043] SimulID: la clave principal de la tabla. Cuando el extremo frontal 204 llama al motor de análisis 206, transfiere la SimulID correspondiente al conjunto de simulaciones a realizar.

5 [0044] FechaInicial: la fecha de la primera simulación.

[0045] FechaFinal: la fecha de la última simulación.

[0046] Frecuencia: Es la frecuencia de simulación. La frecuencia puede ser "Anual", "Trimestral" o "Mensual".

10 [0047] RedID: es el nombre del fichero de la EDN a usar para el conjunto de simulaciones. Utilizando esta ID, otras simulaciones que utilizan la misma configuración EDN pueden funcionar más tarde sin tener que proporcionar la descripción completa de la EDN de nuevo.

[0048] Índice de Penetración PEVFinal: El índice de penetración PEV estimado en la Fecha Final. Un valor típico usado puede ser 50% en 2060.

[0049] Índice de Evolución PEV: La aceleración estimada de la penetración PEV.

[0050] FechaInflexión: La fecha estimada cuando la aceleración de la penetración PEV está en su máximo.

15 [0051] Los tres criterios anteriores pueden utilizarse para deducir el índice de penetración de acuerdo con la fecha de simulación. Puede utilizarse la ecuación 8:

$$\text{PenetraciónPEV}(n) = \frac{\text{TasadePenetraciónPEVfinal}}{1 + ((\text{Fecha de Inflexión} - n) \cdot \text{TasadeEvoluciónPEV})}$$

Con $n \in [\text{FechaInicial}, \text{FechaFinal}]$

20 Ecuación 8

[0052] Además, también pueden proporcionarse las siguientes entradas de usuario 302:

[0053] NúmeroVentasdeCoches: Número de coches vendidos en la Fecha Inicial.

[0054] EsperanzaVida: Esperanza de vida de los PEVs. El valor estándar ha sido estimado en 13 años.

25 [0055] CargaPEV: Energía media consumida por PEV. Un valor estándar de CargaPEV puede ser 400 W.

[0056] AumentoPobAnual: Aumento de población anual utilizado para el conjunto de simulaciones. Un valor típico es un 2%.

[0057] AumentodeCargaAnual: Aumento de carga anual utilizado para el conjunto de simulaciones. Ese parámetro representa el aumento en necesidades individuales de energía. Un valor típico es 3%.

30 [0058] CargaPorHogar: Promedio de carga utilizado por hogar. Un valor estándar de 1,3 kW puede utilizarse.

[0059] MiembrosPorHogar: Número de miembros en un hogar. Un valor típico es 4.

35 [0060] El motor de análisis 206 puede incluir un procesador 304 en comunicación con una memoria 306 que puede almacenar varias lógicas para efectuar el sistema 202 cuando el procesador 304 lo ejecuta. La memoria 306 puede incluir un programa principal 308 que controla la operación principal del motor de análisis 206. La memoria 306 puede incluir además un gestor de la base de datos 310, un gestor de la configuración de red 312,

un generador de script 314, un analizador del resultado de simulación 316, y un intérprete de resultados 318. Estos pueden implementarse como clases de software de programación de ordenador accesibles a través del programa principal 308.

5 **[0061]** El gestor de la base de datos 310 puede utilizarse al principio de cada conjunto de simulaciones. Accede a la base de datos 208. Un servicio web que expone el contenido de la base de datos puede utilizarse para acceder a la base de datos 208. El gestor de la base de datos puede implementarse como una clase de programación informática.

10 **[0062]** El gestor de configuración de red 312 puede utilizarse para poner en la base de datos 208 la descripción de la EDN a utilizar con un conjunto específico de simulaciones. El gestor de configuración de red 312 puede interactuar con la base de datos 208, analizar la descripción EDN activo por activo y poner las características del activo en las tablas correspondientes de la base de datos 208. Acceder a la base de datos 208 puede realizarse a través de un servicio web. La fecha de simulación también puede añadirse en las tablas como parte de la clave principal de cada tabla.

15 **[0063]** En una simulación de carga inicial, si se proporciona un fichero XML describiendo la demografía de todos los nudos de la EDN, puede utilizarse el gestor de configuración de red 312 para rellenar el parámetro demográfico de las tablas representando los objetos de nudo en la base de datos 208. En un modo de realización, puede utilizarse un servicio web para interactuar con la base de datos 208.

20 **[0064]** Si dicho fichero XML no se proporciona, el gestor de configuración de red 312 puede calcular la demografía de cada nudo de la EDN, asumiendo que la descripción de la EDN se ha dado con la correspondiente carga en cada nudo. Por lo tanto, se muestran más adelante varias opciones para calcular la demografía:

[0065] La primera opción consiste en usar la población total para la entrada de EDN simulada por el usuario a través del extremo frontal 204. En este caso, la población se extiende sobre la EDN de acuerdo con la carga que cada nudo soporta.

25 **[0066]** La segunda opción consiste en deducir la población a partir de las cargas asignadas a cada nudo. Esta opción puede utilizar los parámetros CargaPorHogar y MiembrosPorHogar arriba descritos.

30 **[0067]** Antes de realizar cada simulación, puede utilizarse el gestor de configuración de red 312 para definir una nueva configuración o actualizar una simulación anterior de la EDN. Puede definirse una configuración inicial o una configuración previa actualizada para realizar una simulación para una fecha específica entre la fecha inicial y final. Efectuar la simulación inicial, actualizar la configuración y volver a efectuar la configuración puede iterarse automáticamente. Este proceso puede iterarse en base a los criterios predefinidos. Los criterios predefinidos pueden ser, por ejemplo, la ecuación 15 arriba analizada.

35 **[0068]** Además, el fichero de configuración de red 312 puede utilizarse para calcular la carga correspondiente a la fecha de simulación actual y poner esa carga en las tablas correspondientes de la base de datos 208. El gestor de configuración de red 312 puede utilizar el modelo de carga PEV 212 arriba analizado para calcular la carga.

40 **[0069]** En un modo de realización, la memoria 306 también puede incluir un generador de script 314 que puede utilizarse para generar un fichero script describiendo una configuración de la EDN que está siendo simulada. El generador script 314 puede implementarse en una clase de lenguaje de programación informática y puede implementar una función llamada Generar (), que puede acceder a la base de datos 208 a través del servicio web, y que revisa tabla por tabla para anotar la configuración de activos que corresponde con la fecha de simulación. El fichero script generado puede transferirse al simulador 210 y efectuarse.

45 **[0070]** Después de efectuar una simulación, en un modo de realización, el simulador 210 puede proporcionar los resultados generando ficheros de resultado. Cuando los ficheros de resultado se generan, esos ficheros pueden analizarse para obtener valores de resultado que pueden registrarse en los lugares correspondientes en la base de datos 208. La memoria 306 también puede incluir un análisis de resultado de la simulación 316 que puede implementar una llamada a método de Análisis() que puede analizar los ficheros de resultado, el acceso a la base de datos 208 y registrar en los resultados de una simulación. Los ficheros de resultado pueden ser ficheros con un valor separado por coma (CSV), y el análisis del resultado de simulación 316 puede adaptarse para analizar los archivos CSV. El análisis de resultado de simulación puede integrarse con el intérprete de resultados 318, que se describirá abajo.

[0071] Según se menciona antes, en otro modo de realización, los datos de simulación como la información de configuración EDN puede proporcionarse al simulador 210 como una llamada a método llamada de proceso.

También puede accederse al resultado del simulador 210 mediante una llamada a método o de proceso al simulador 210.

[0072] Los resultados que se han introducido en la base de datos 208 pueden interpretarse para determinar si la EDN funcionó correctamente o no para la carga (a partir de la población y los PEVs) que ha sido aplicada. El intérprete de resultados 318 puede interpretar los resultados. Dependiendo de los modos de realización arriba descritos, el intérprete de resultados 318 puede analizar los ficheros del resultado de simulación o llamar al simulador 210 para obtener los resultados de la simulación. El intérprete de resultados 318 también puede utilizar los resultados analizados por el analizador de resultados de simulación 316. El intérprete de resultados 316 puede implementar un método llamado Interpretar() para realizar la interpretación. Puede utilizarse para la interpretación una aproximación que se centra en los activos de fusible y transformador. Los transformadores tienen varias propiedades, como la potencia nominal y la potencia. La potencia nominal de un transformador representa la energía que puede soportar de manera indefinida sin problemas. Normalmente, el transformador puede operar al 100% de su capacidad durante años; sin embargo, cuanto más potencia soporta el transformador, más rápido envejece. Por ejemplo, un transformador puede soportar un 150% de su capacidad durante algunas horas. A continuación mostramos las ecuaciones que pueden utilizarse al interpretar los resultados. Las cargas aplicadas al transformador son valores promedio que los transformadores deben soportar durante un periodo largo de hasta un año.

[0073] Si $\text{potencia} \leq \text{potencia_nominal}$, el transformador trabaja por debajo de su capacidad. Ecuación 9

[0074] Si $\text{potencia_nominal} < \text{potencia} \leq 1,5 * \text{potencia_nominal}$, el transformador funciona a su máximo y envejece más rápido.

Ecuación 10

[0075] Si $\text{potencia} > 1,5 * \text{potencia_nominal}$, el transformador está sobrecargado y finalmente fallará. Se necesita planear una actualización (p.ej., reemplazar un transformador de 160kVA por un transformador de 250kVA) Ecuación 11

[0076] Cuando ocurre un fallo en el sistema de distribución, se interrumpe y desactiva mediante un fusible, reconector, o disyuntor facilitado. La corriente se compara con el límite_corriente para detectar un error en un fusible. Esto se utiliza para verificar si los aumentos de corriente no son demasiado altos en una línea. Si la corriente es demasiado alta, la línea puede actualizarse. Las siguientes ecuaciones pueden utilizarse para interpretar resultados del fusible.

[0077] Si $\text{corriente} \leq 0,8 \text{ límite_corriente}$, el fusible funciona por debajo de su capacidad. Ecuación 12

[0078] Si $\text{límite_corriente} * 0,8 \leq \text{corriente} \leq 1,0 \text{ límite_corriente}$, el fusible funciona a su máximo y envejece más rápido. Ecuación 13

[0079] Si $\text{corriente} > 1,0 * \text{límite_corriente}$, el fusible está sobrecargado y finalmente fallará. Ecuación 14

[0080] El programa principal 308 dirige la operación del motor de análisis 206. Al principio el programa principal 308 puede recibir desde el extremo frontal 204 el identificador de simulación. El identificador de simulación puede ser la clave principal de la tabla entrada_usuario, que puede almacenar la entrada del usuario 302 para el conjunto de simulaciones a realizar. Utilizando el identificador de simulación, el programa principal 308 puede iniciar la simulación y la mejora de una EDN. Los detalles en el programa principal 308 se analizarán abajo con referencia a las figuras 5 y 6.

[0081] La figura 4 muestra el sistema 202 integrado con la EDN. En un modo de realización, la EDN debería ser una red inteligente y el sistema 202 puede integrarse dentro del centro de operación de la EDN 128 y en comunicación con el resto de la EDN a través de la red 126. Varios activos de la EDN como la subestación de transmisión 108, las subestaciones de distribución 112a y 112b, el contador 116 puede estar en comunicación con el centro de operación de la EDN 128 a través de la red 126 y puede ser operable para cambiar los comportamientos de operación de acuerdo con la comunicación con el centro de operación EDN. El sistema 202 también puede implementarse como un sistema individual separado de la EDN y en comunicación con esta. En otro modo de realización, solo el extremo frontal puede integrarse con el centro de operación de la EDN 128, y el extremo frontal puede estar en comunicación remota con la base de datos 208 y el motor de análisis 206.

[0082] Después de completar todas las simulaciones y de que el motor de análisis 206 interprete los resultados, el motor de análisis puede determinar, basándose en los resultados, uno o más programas de mejora que puedan dirigir los problemas identificados o mejorar el funcionamiento de la EDN. El uno o más programas de mejora pueden dirigirse a uno o más objetivos, como minimizar la pérdida de potencia, la caída de tensión y

evitar la sobrecarga de activo dentro de la EDN. Dicho programa de mejora puede incluir:

[0083] 1. La actualización de los activos para soportar la carga adicional: priorizando las inversiones de activo para actualizar los transformadores y los conductores cuando los activos operan por encima de su capacidad o añadiendo baterías de condensadores cuando existe una pérdida de voltaje.

5 **[0084]** 2. La reducción del impacto cambiando el comportamiento del conductor: ejecutando diferentes controles de carga - tarifa diurna/nocturna, tarifa de consumo a tiempo real o precio programado.

[0085] 3. El asesoramiento de nuevas localizaciones de carga basado en patrones de viaje, lugares de interés, localizaciones por potencial de compradores y capacidad de red.

10 **[0086]** El programa de mejora también puede dirigirse para ayudar al plan de servicios para las características del vehículo enchufable a la red ("V2G") y maximizar sus beneficios a la vez que se retiene suficiente energía en los PEVs para las necesidades del conductor. El uso de V2G permite a la EDN extraer energía almacenada en los PEVs si es necesario, permitiendo un uso más eficaz y flexible de la energía eléctrica. Los programas de mejora pueden dirigirse a mejorar el uso eficiente de la característica V2G. Dichos programas de mejora puede incluir:

15 **[0087]** 4. Actualizar topología y activos de red para minimizar el uso de plantas de generación.

[0088] 5. Maximizar los beneficios cambiando el comportamiento del conductor anima a los conductores PEV a permanecer conectados a la red al aparcar, incluso si el vehículo no necesita recargarse. Pueden utilizarse tarifas de suministro para implementar esta característica.

20 **[0089]** 6. Envío de vehículos: ritmo y control del V2G para ajustarse a las necesidades del sistema - extrayendo electricidad de las flotas con un uso programado (desde una ubicación fija), y sincronizando la carga con fuentes renovables.

[0090] El motor de análisis 206 puede generar un plan para implementar automáticamente los programas de mejora mencionados arriba y puede ser operable para comunicarse con la EDN a través de la red 126 para modificar automáticamente los activos EDN de acuerdo con el plan. Por ejemplo, basándose en los resultados de la simulación, el motor de análisis 206 puede determinar que ciertos activos pueden sobrecargarse en cierto momento, tanto en la actualidad como en el futuro. Basándose en esta determinación, el motor de análisis 206 puede generar un plan de mejora para aplicar el programa de mejora 1 en un momento determinado, tanto en la actualidad como en el futuro. Pueden incluirse en el plan programas de mejora adicionales del 1 al 6 u otros programas de mejora para aplicarlos en varios momentos determinados por el motor de análisis 206. Basándose en este plan de mejora, cuando llega el momento de aplicar el programa de mejora relevante, el motor de análisis 206 puede aplicar el programa automáticamente a la EDN. El motor de análisis 206 también puede realizar de manera iterativa nuevas simulaciones teniendo en cuenta el plan de mejora y generar planes adicionales de mejora basados en las nuevas simulaciones, realiza los cambios necesarios a la EDN de acuerdo con los nuevos planes de mejora.

35 **[0091]** Además, el programa de mejora puede incluir el uso del sistema de respuesta a la demanda 130 para determinar las asignaciones del consumo de electricidad en ciertos nudos y controlar el flujo de electricidad a los nudos basándose en las asignaciones. El sistema de respuesta a la demanda 130 también puede controlar el estado de la EDN y asignar de manera dinámica los recursos eléctricos para mantener los usos de electricidad de conformidad con las asignaciones determinadas.

40 **[0092]** Los programas de mejora anteriores son ejemplares y pueden desarrollarse o implementarse más o diferentes programas de mejora. Después de que el motor de análisis 206 determine uno o más programas de mejora, el motor de análisis 206 puede iterarse a lo largo del proceso. Por ejemplo, el motor de análisis 206 puede actualizar los ficheros de configuración de la EDN para reflejar la EDN mejorada y realizar la simulación de nuevo con la configuración de la EDN mejorada. Una vez que se interpretan los resultados, el motor de análisis 206 puede determinar si el programa de mejora se implementará en la EDN actual. Si el motor de análisis 206 determina que el programa de mejora se implementará, las instrucciones pueden comunicarse al centro de operación de la EDN 128, y el sistema de control de la EDN 132 en el centro de operación de la EDN puede comunicar a los diferentes activos dentro de la EDN que implementen el programa de mejora. En un modo de realización, al determinar un programa de mejora y determinar si se aplica el programa a la EDN, el sistema 202 también puede recibir una decisión del usuario en lugar de una decisión tomada por el motor de análisis 206.

[0093] La Figura 5 muestra un diagrama de flujo 500 de la primera parte de la lógica que el motor de análisis 206 puede seguir durante una operación típica. El extremo frontal 204 puede recibir una o más entradas de usuario 302 (502). Entonces, las entradas de usuario recibidas pueden almacenarse en la base de datos 208 (504). Por

ejemplo, la una o más entradas de usuario 302 pueden almacenarse en la tabla de entrada_usuario en la base de datos 208. El programa principal 308 puede acceder entonces a la tabla entrada_usuario en la base de datos 208 y recuperar los detalles de la entrada de usuario.

[0094] La entrada de usuario 302 arriba mencionada puede incluir la información de configuración EDN y la información demográfica asociada a la configuración de la EDN. La información de configuración de la EDN puede procesarse por el gestor de configuración de red 312 y situarse en la base de datos 208 para que pueda proporcionarse al simulador 210 (506). En un modo de realización, la información de configuración de la EDN puede proporcionarse en un fichero de configuración EDN que el gestor de configuración de red 312 puede analizar y almacenar la configuración en la base de datos 208. Dicho fichero de configuración EDN puede tener un formato Gln o xml.

[0095] El gestor de red también puede procesar la información demográfica asociada a la configuración EDN y almacenar la información procesada en la base de datos 208 a proporcionar al simulador 210 (508). En un modo de realización la información demográfica puede proporcionarse en un fichero XML, y ese fichero puede analizarse mediante el gestor de configuración de red 312 y situarse en la base de datos 208. Si no se proporciona un fichero XML, el gestor de configuración de red 312 puede calcular la demografía inicial de cada nudo de la EDN y registrarlo en la base de datos 208.

[0096] Después, los datos de simulación se proporcionan al simulador 210 (510). Los datos de simulación pueden incluir toda o parte de la entrada 302 arriba descrita. Los datos de simulación también incluyen la información de configuración de la EDN y la información demográfica anteriormente mencionada. Los datos de simulación pueden incluir información de carga adicional. La información de carga puede calcularse utilizando las entradas de usuario 302 y el modelo de carga PEV 212. La información de carga también puede proporcionarse por la información de configuración EDN o la información demográfica. En un modo de realización, la información de carga a utilizar para una primera simulación puede ser una información de carga base que describe la carga en la EDN sin ningún PEV. Las simulaciones posteriores pueden utilizar la información de carga calculada utilizada el modelo de carga PEV 212.

[0097] En un modo de realización, el generador de script 314 puede generar un fichero script para transferirlo al simulador 210 basándose en los datos almacenados en la base de datos 208 y/o entrada 302 y proporcionar el fichero script y los datos de simulación. En otro modo de realización, los datos de simulación pueden pasar al simulador 210 a través de la llamada a método o de proceso.

[0098] A continuación, basándose en los datos de simulación, la simulación se realiza con el simulador 210, que puede generar los resultados (512). Pueden utilizarse soluciones, por ejemplo GridLab- D, OpenDSS y CYME/ CYMDIST, como el simulador 210.

[0099] Puede accederse a los resultados haciendo una llamada a método o de proceso al simulador 210, o el simulador 210 puede generar ficheros de resultado que contiene los resultados. Los resultados pueden almacenarse en la base de datos 208 (514). Si un fichero de resultado se genera, el analizador de resultados de simulación 316 o el intérprete de resultados 318 puede analizar el fichero y almacenar los resultados analizados en la base de datos 208. A continuación, el intérprete de resultados 318 interpreta los resultados almacenados en la base de datos 208 (516). En un modo de realización, el intérprete de resultados 318 puede obtener los resultados para interpretar haciendo una llamada a método o de proceso del simulador 210, en lugar de obtener los resultados de la base de datos 208. El intérprete de resultados 316 puede determinar si los activos de red están envejeciendo, detectar cualquier situación que supere la capacidad, detectar cualquier fallo en el reconector/fusible y/o detectar cualquier caída de voltaje. El exceso de capacidad y los fallos en el reconector/fusible pueden determinarse basándose en las Ecuaciones 10-15 arriba mencionadas. El envejecimiento puede estimarse a partir de la norma IEEE C57.91-1995 de tasa de fallos dependiente de la carga dada la carga sobre el transformador y la temperatura ambiente. Pueden utilizarse una variedad de otros métodos para estimar el envejecimiento.

[0100] Las caídas de voltaje pueden determinarse al comparar el voltaje actual con voltajes históricos en la base de datos. Al determinar la idoneidad de las desviaciones de voltaje debe utilizarse la norma EN50160. La norma EN50160 es un estándar europeo sobre las características de voltaje de electricidad suministrada por los sistemas de distribución públicos emitidos por CENELEC en noviembre 1994, con tal de promover un entendimiento y una interpretación comunes entre los distribuidores de electricidad. De acuerdo con esta norma, las desviaciones de voltaje deberían ser menores al 10% durante el 95% del tiempo. También pueden utilizarse otros tipos de normas existentes.

[0101] Posteriormente, puede enviarse una señal al extremo frontal 204 para avisar del fin de la simulación de carga base.

[0102] A continuación, el programa principal 308 puede simular la EDN con nuevas configuraciones incluyendo activos modificados o cargas mayores que soportar en los nudos. Primero, el programa principal 308 puede generar una nueva configuración con la nueva carga de la EDN con un gestor de configuración de red 312 (518). El modelo de carga PEV 212 puede utilizarse para calcular la nueva carga. Después, se repiten los pasos 510-516.

[0103] Los pasos 510-518 pueden repetirse en múltiples ocasiones en un proceso iterativo. Por ejemplo, los pasos 510-518 pueden repetirse k veces, donde k se define como en la siguiente ecuación 15:

$$k = \frac{\text{FechaFinal} - \text{FechaIncial}}{\text{Frecuencia}}$$

Ecuación 15

[0104] Al acabar esas k simulaciones, se envía una señal al extremo frontal 204 para avisar del fin de todas las simulaciones. **[0105]** La Figura 6 muestra un diagrama de flujo 600 que muestra la segunda mitad de la lógica que el motor de análisis 206 puede seguir durante una operación típica.

[0106] Después de que el programa principal 308 determine que los pasos 510-518 no van a repetirse, el programa principal también determina si ejecuta un programa de mejora. Si el programa principal 308 determina ejecutar un programa de mejora, el programa principal también determina un programa de mejora apropiado para ejecutar (602). En un modo de realización, el programa principal 308 también puede recibir una entrada del usuario indicando si se ejecuta o no un programa de mejora y una selección sobre la que se ejecutan los programas de mejora. Los diferentes programas de mejora se mencionan arriba en las secciones anteriores. A continuación, el programa principal 308 ejecuta los programas de mejora determinados y actualiza la información de configuración de red basada en el programa de mejora determinado (604). Posteriormente, los pasos 510-518 se repiten con los datos actualizados.

[0107] Cuando la simulación con los datos actualizados se completa, el programa principal 308 puede determinar si aplica o no el programa de mejora a la EDN real. Si se determina aplicar los programas de mejora, el programa principal 308 determina los cambios a realizar sobre los activos de la EDN basándose en los contenidos del programa de mejora y en los resultados de la interpretación (606). Durante este paso, el motor de análisis 206 puede generar un plan de mejora para aplicar el programa de mejora determinado en un momento preciso en el futuro. Si se genera un plan de mejora, el motor de análisis 206 puede actualizar los datos de simulación basados en el programa de mejora y volver a realizar la simulación desde el paso 510, teniendo en cuenta el plan de mejora. El plan de mejora puede incluir la aplicación de un único programa de mejora una única vez, o puede incluir la aplicación de múltiples programas de mejora en múltiples ocasiones. A continuación, el programa principal se comunica con un sistema de control EDN 132 para comunicarse con varios activos de la EDN para aplicar los cambios determinados en el paso 606 o para aplicar el plan de mejora (608).

[0108] Después de determinar la aplicación de los cambios en la EDN, el programa principal 308 puede determinar la aplicación de los cambios utilizando el sistema de respuesta a la demanda 130. En este caso, el programa principal 308 puede comunicarse con el sistema de respuesta a la demanda 130 para determinar las asignaciones del consumo de electricidad para ciertos nudos en la EDN basándose en los resultados de interpretación (610). A continuación, el sistema de respuesta a la demanda 130 puede obtener medidas de la EDN (612). Las medidas pueden obtenerse a través del sistema de control de la EDN 132, o a través de otros contadores como contadores como el contador 116. Las medidas pueden incluir, por ejemplo, el consumo de energía en cada nudo, las caídas de voltaje y el número de PEVs conectados a los nudos en la EDN. A continuación, el sistema de respuesta a la demanda 130 puede determinar cualquier cambio a realizar en la EDN necesario para alcanzar la asignación determinada en el paso 610 (614). Los cambios pueden incluir, por ejemplo, limitar el consumo de energía en cierto nudo, o limitar la extracción de energía desde un PEV conectado a cierto nudo. Entonces, el sistema de respuesta a la demanda 130 puede comunicar con el sistema de control EDN 132 para hacer los cambios necesarios a la EDN en el paso 614 (616). Posteriormente, el programa principal 308 puede determinar si continua o no con el uso del sistema de respuesta a la demanda 130. Si el programa principal 308 determina continuar con la respuesta a la demanda, entonces se repite el proceso desde el paso 612. Si no, finaliza el proceso.

[0109] El sistema de respuesta a la demanda 130 puede implementarse en el centro de operación de la EDN 128, o puede implementarse separado del centro de operación EDN. En un modo de realización, el sistema de respuesta a la demanda 130 puede estar integrado en el sistema 202, específicamente con el motor de análisis 206.

[0110] La Figura 7 muestra un diagrama de secuencia 700 de la operación del motor de análisis que representa los pasos 502-518 de acuerdo con un modo de realización.

[0111] En un modo de realización, el sistema de mejora de la red de distribución eléctrica puede incluir un procesador y almacenado en una memoria legible por ordenador unida al procesador, un programa principal comprendiendo una lógica que cuando se ejecuta provoca que el procesador reciba la entrada de usuario, donde la entrada de usuario comprende una información de configuración de la red eléctrica de distribución (EDN) para una información demográfica y EDN. El programa principal también puede comprender la lógica para almacenar la entrada de usuario y un modelo de carga en una base de datos, calcular la información de carga basándose en el modelo de carga, y llevar a cabo una primera simulación utilizando un simulador basado al menos en la información de configuración de la EDN, la información demográfica o la información de carga para obtener un primer resultado de simulación. El programa principal también puede comprender la lógica para analizar el primer resultado de simulación utilizando un motor de análisis para obtener un primer resultado de interpretación, actualizar al menos una entre la información de configuración de la EDN, la información demográfica o la información de carga, realizar una segunda simulación utilizando el simulador basado en la actualizada al menos una entre la información de configuración de la EDN, la información demográfica o la información de carga para obtener un segundo resultado de la simulación, y analizar el segundo resultado de la simulación utilizando el motor de análisis para obtener un segundo resultado de la interpretación.

[0112] La lógica para aplicar el determinado al menos un programa de mejora a la EDN puede comprender la modificación de la EDN para extraer electricidad de uno o más PEVs en uno o más nudos.

[0113] El programa principal también puede comprender una lógica que cuando se ejecuta provoca que el procesador genere un plan de mejora basado en el determinado al menos un programa de mejora, la lógica para generar el plan de mejora comprendiendo la determinación de un momento en el que aplicar el determinado al menos un programa de mejora a la EDN, donde la lógica para aplicar el al menos un programa de mejora determinado a la EDN comprende aplicar el programa de mejora de acuerdo con el plan de mejora.

[0114] La lógica para generar el plan de mejora puede comprender además la determinación del momento en el que aplicar el al menos un programa de mejora determinado para la EDN basado en los datos históricos de la EDN.

[0115] El programa principal también puede comprender una lógica que cuando se ejecuta provoca que el procesador actualice la información de configuración EDN basándose en el plan de mejora determinado y realizando una simulación del plan de mejora utilizando el simulador basándose en la información de configuración de EDN actualizada.

[0116] En un modo de realización, la EDN puede comprender una red inteligente.

[0117] La implementación arriba mencionada es ejemplar. Otras implementaciones pueden variar cualquiera de los sistemas soportados de los servicios proporcionados arriba mencionados. Por ejemplo, otras implementaciones pueden utilizar diferentes tipos de sistemas, tipos de infraestructura que alojan el sistema.

[0118] El sistema arriba descrito puede implementarse en cualquier combinación de hardware y software. Por ejemplo, los programas proporcionados en bibliotecas de software puede proporcionar la funcionalidad que forma programas, flujos de trabajo, o clases. Tales bibliotecas de software pueden incluir bibliotecas de enlace dinámico (DLLs), u otras interfaces de programación de aplicaciones (APIs). La lógica arriba descrita puede almacenarse en un medio legible por ordenador, como un CDROM, un disco duro, un disquete, una memoria flash, u otro medio legible por ordenador. La lógica también puede codificarse en una señal que soporte la lógica a medida que la señal se propaga desde una fuente hasta un destino.

[0119] Además, el sistema puede implementarse como una máquina particular. Por ejemplo, la máquina particular puede incluir una CPU, GPU y una biblioteca de software para llevar a cabo la funcionalidad que forma el flujo de trabajo, clases u otras funciones arriba mencionadas. Así, la máquina particular puede incluir una CPU, una GPU y una memoria que almacena la lógica arriba descrita.

[0120] Pese a que se han descrito varios modos de realización de la divulgación, será aparente para aquellos con un conocimiento común de la técnica que son posibles muchos más modos de realización e implementaciones dentro del alcance de la divulgación. Por consiguiente, la divulgación no está restringida excepto a la luz de las reivindicaciones adjuntas.

Reivindicaciones

1. Método para mejorar una red de distribución eléctrica **caracterizado porque** comprende:
 - recibir una entrada de usuario, donde la entrada de usuario comprende la información de configuración de red de distribución eléctrica (EDN) para una EDN y la información demográfica;
 - 5 almacenar la entrada de usuario y un modelo de carga en una base de datos (208);
 - calcular una información de carga basada en el modelo de carga;
 - realizar una primera simulación utilizando un simulador (210) basado al menos en la información de configuración de la EDN, la información demográfica o la información de carga para obtener un primer resultado de simulación;
 - 10 analizar el primer resultado de simulación utilizando un motor de análisis (206) para obtener un primer resultado de interpretación; actualizar al menos una de entre la información de configuración de la EDN, la información demográfica o la información de carga, realizar una segunda simulación utilizando el simulador (210) basado en la actualizada al menos una de entre la información de configuración de la EDN, la información demográfica o la información de carga
 - 15 para obtener un segundo resultado de simulación;
 - y
 - analizar el segundo resultado de simulación utilizando el motor de análisis (206) para obtener un segundo resultado de interpretación.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde el modelo de carga comprende un modelo de carga del vehículo eléctrico enchufable ("PEV").
- 20 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, comprendiendo también:
 - determinar al menos un programa de mejora basado en al menos el primer resultado de interpretación o el segundo resultado de interpretación;
 - 25 actualizar la información de configuración de la EDN basada en el programa de mejora determinado;
 - realizar una simulación de programa de mejora utilizando el simulador basado en la información de configuración de la EDN; y
 - aplicar el al menos un programa de mejora determinado a una EDN.
- 30 4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, donde la determinación del al menos un programa de mejora determina el al menos un programa de mejora basado en al menos el primer resultado de interpretación o el segundo resultado de interpretación.
5. El método de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, donde la aplicación del al menos un programa de mejora determinado a la EDN comprende:
 - 35 basándose en una solicitud de asignación de uso a realizar en uno o más nudos de la EDN, obtener una o más medidas de la EDN;
 - determinar al menos un cambio en al menos un nudo de vehículo eléctrico enchufable ("PEV") con tal de satisfacer la asignación de uso; y
 - modificar la EDN basándose en el determinado al menos un cambio a realizar en la EDN.
- 40 6. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 3 a la 5, donde la aplicación del al menos un programa de mejora determinado a la EDN comprende modificar la EDN para extraer electricidad de uno o más PEVs en uno o más nudos.
7. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 3 a la 6, comprendiendo también:

generar un plan de mejora basado en al menos un programa de mejora determinado, la generación del plan de mejora comprendiendo la determinación de un momento en el que aplicar el al menos un programa de mejora determinado a la EDN;

5 donde la aplicación del al menos un programa de mejora determinado a la EDN comprende aplicar el programa de mejora de acuerdo con el plan de mejora.

8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, donde la generación del plan de mejora comprende además la determinación del momento en el que aplicar el al menos un programa de mejora determinado a la EDN basándose en los datos históricos de la EDN.

9. El método de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, comprendiendo además:

10 actualizar la información de configuración de la EDN basada en el programa de mejora determinado; y

realizar una simulación del plan de mejora utilizando el simulador basado en la información de configuración EDN actualizada;

15 10. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 9, donde la EDN comprende una red inteligente.

11. Sistema de mejora de la red de distribución eléctrica comprendiendo:

un procesador; y **caracterizado porque** comprende una memoria legible por un ordenador acoplado al procesador, dicha memoria almacenando un programa principal comprendiendo la lógica que cuando se ejecuta provoca que el procesador:

20 reciba una entrada de usuario, donde la entrada de usuario comprende la información de configuración de red de distribución eléctrica (EDN) para una EDN y la información demográfica;

almacene la entrada de usuario y un modelo de carga en una base de datos (208);

calcule una información de carga basada en el modelo de carga;

25 realice una primera simulación utilizando un simulador (210) basándose al menos en la información de configuración EDN, la información demográfica o la información de carga para obtener un primer resultado de simulación;

analice el primer resultado de simulación utilizando un motor de análisis (206) para obtener un primer resultado de interpretación;

30 actualice al menos una de entre la información de configuración de la EDN, la información demográfica o la información de carga, ejecute una segunda simulación utilizando el simulador (210) basándose en la actualizada al menos una de entre la información de configuración de la EDN, la información demográfica o la información de carga para obtener un segundo resultado de simulación; y

35 analice el segundo resultado de simulación utilizando el motor de análisis (206) para obtener un segundo resultado de interpretación.

12. El sistema de la reivindicación 11, donde el modelo de carga comprende un modelo de carga del vehículo eléctrico enchufable ("PEV").

40 13. El sistema de la reivindicación 11 o 12, donde el programa principal también comprende la lógica que, cuando se ejecuta, provoca que el procesador:

determine al menos un programa de mejora basado en al menos el primer resultado de interpretación o el segundo resultado de interpretación;

actualice la información de configuración de la EDN basada en el programa de mejora determinado;

ejecute una simulación de programa de mejora utilizando el simulador (210) basándose en la información de configuración de la EDN actualizada; y

aplique el al menos un programa de mejora determinado a una EDN

- 5 **14.** El sistema de acuerdo con la reivindicación 13, donde la lógica para determinar el al menos un programa de mejora comprende la lógica para determinar el al menos un programa de mejora basado en el al menos primer resultado de interpretación o el segundo resultado de interpretación.
- 15.** El sistema de acuerdo con la reivindicación 13 o 14, donde la lógica para aplicar el al menos un programa de mejora determinado a la EDN comprende:
- 10 basándose en una solicitud de asignación de uso a realizar en uno o más nudos de la EDN, obtener una o más medidas de la EDN;
- determinar al menos un cambio en al menos un nudo de vehículo eléctrico enchufable ("PEV") con tal de satisfacer la asignación de uso; y
- modificar la EDN basándose en el determinado al menos un cambio a realizar en la EDN.

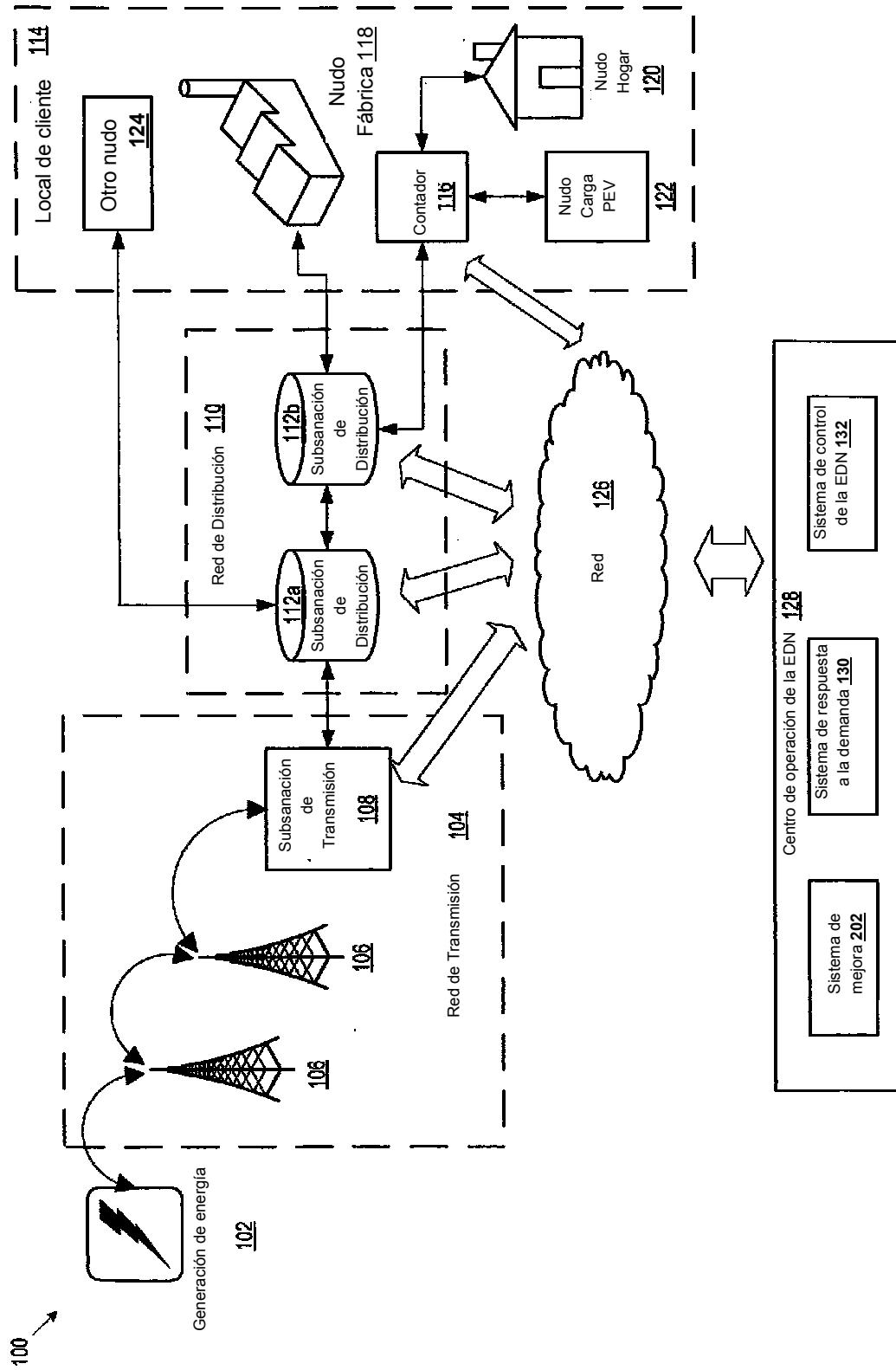


Figura 1

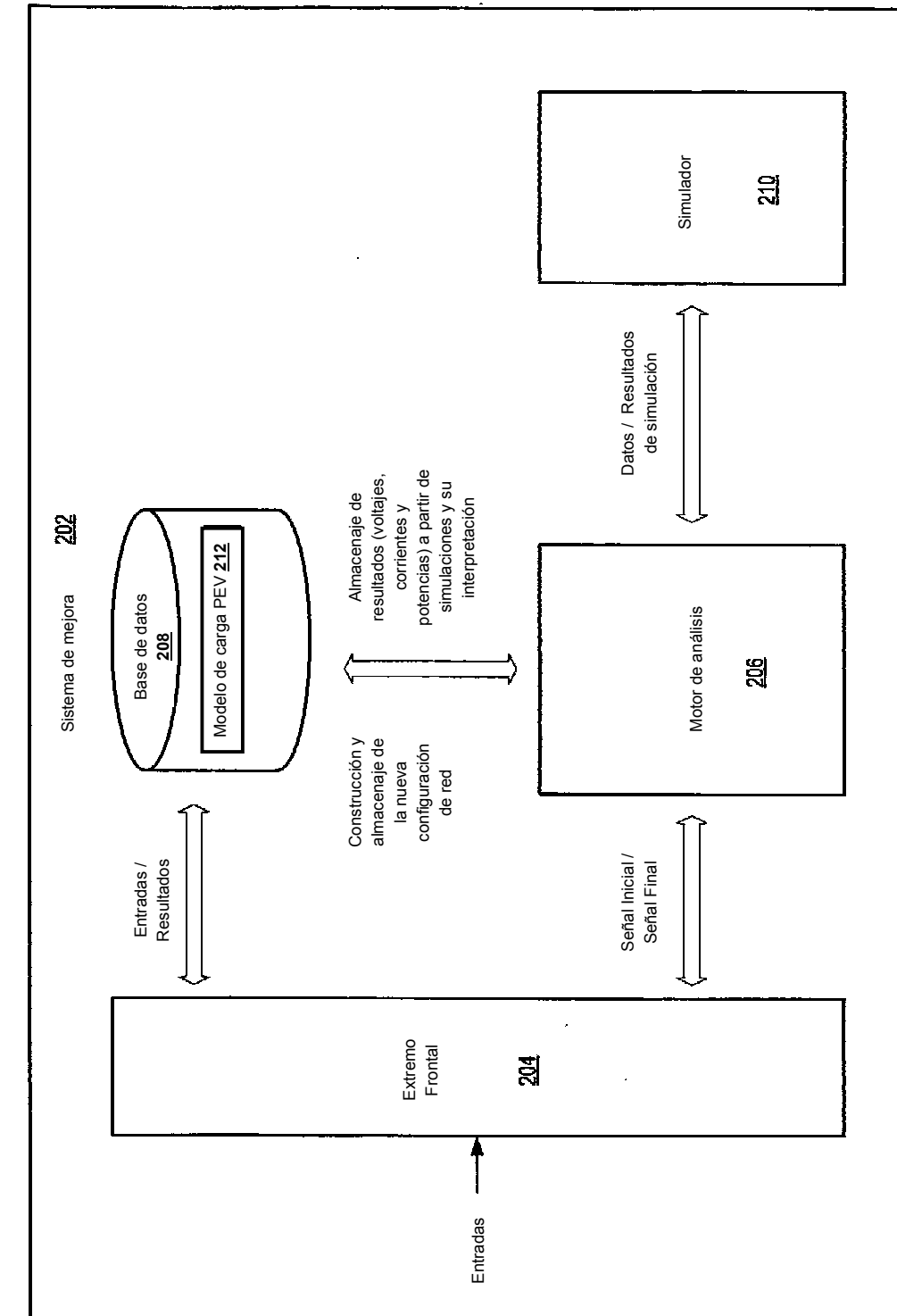


Figura 2

200 →

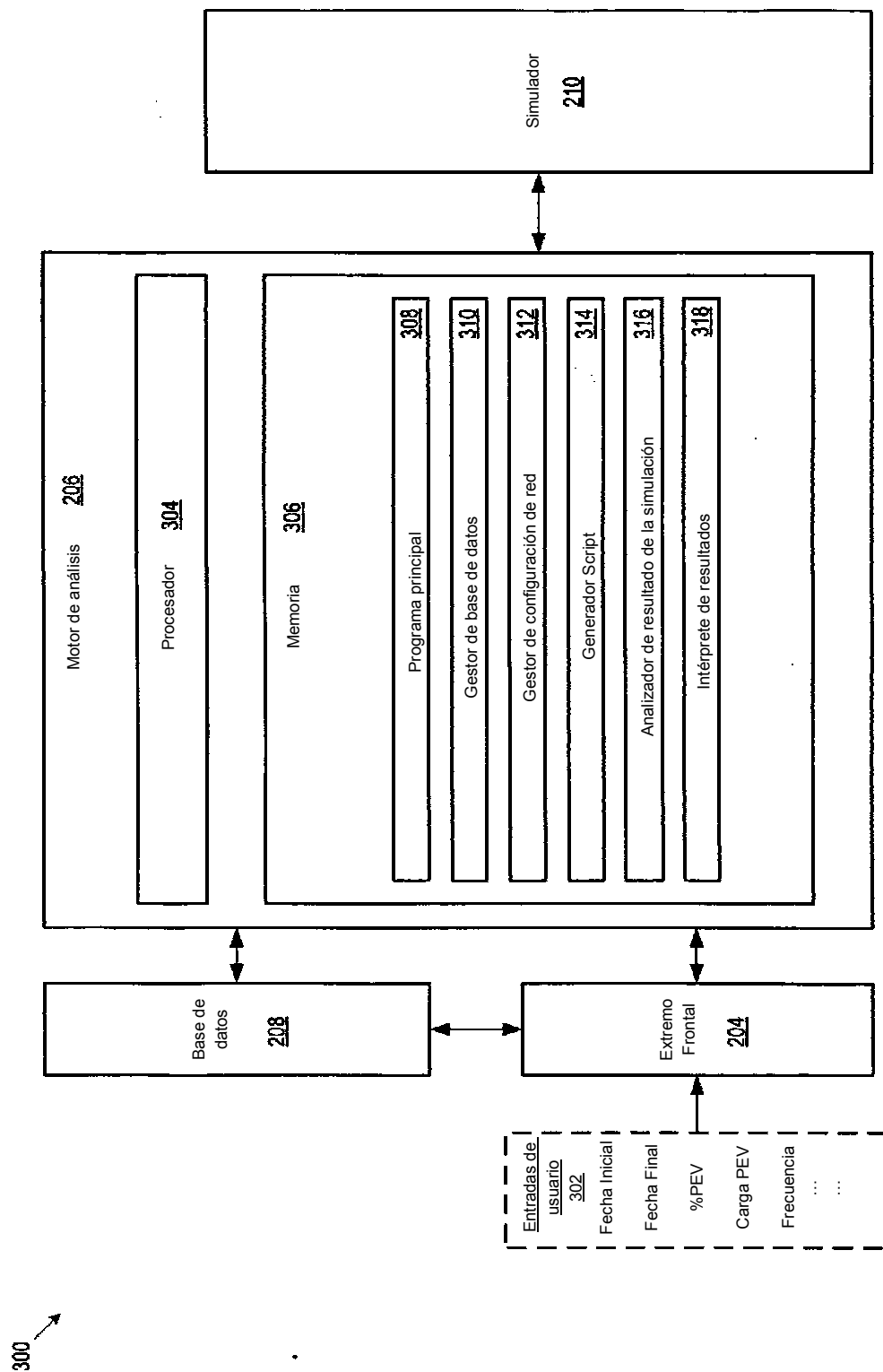


Figura 3

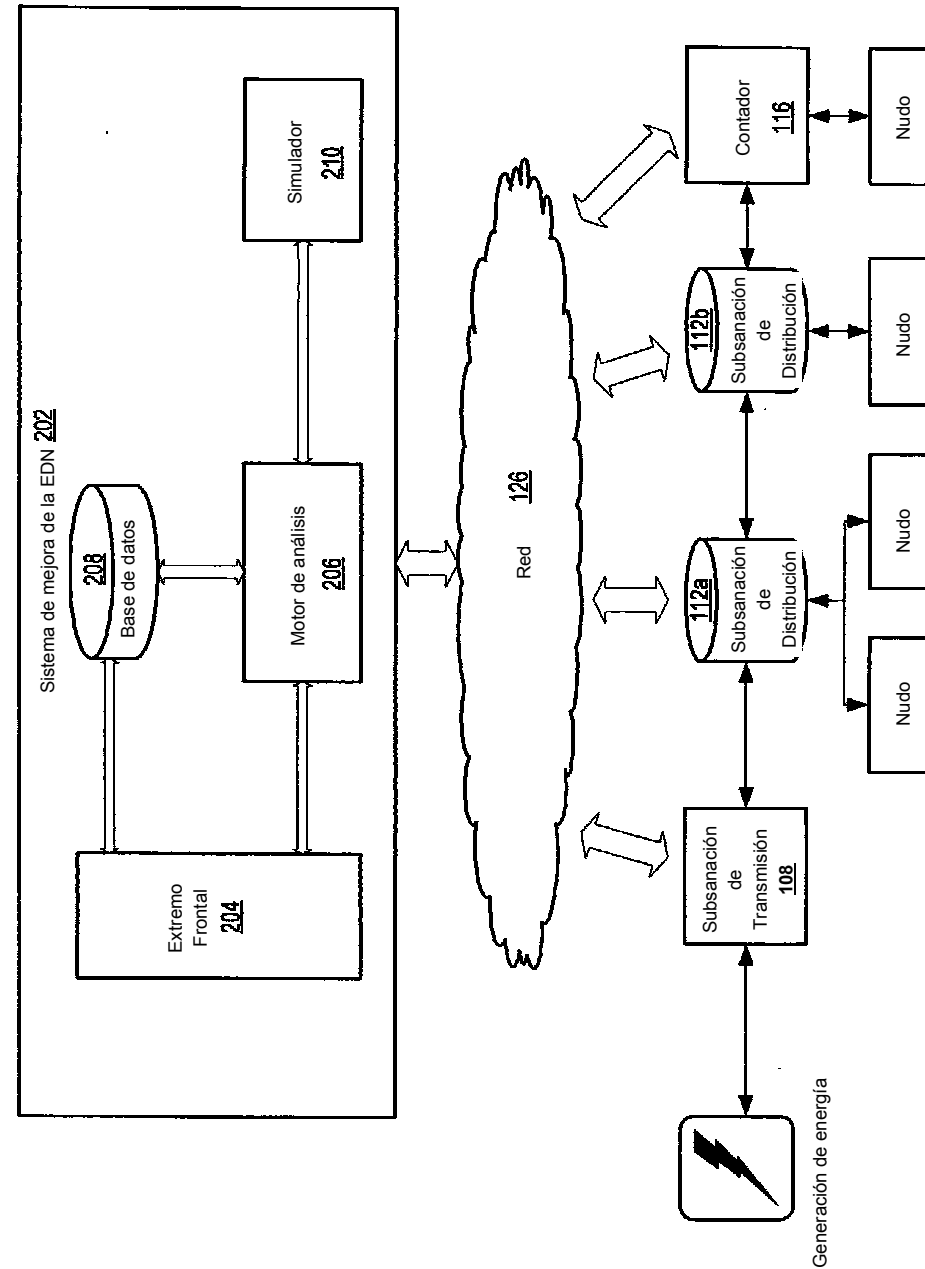


Figura 4

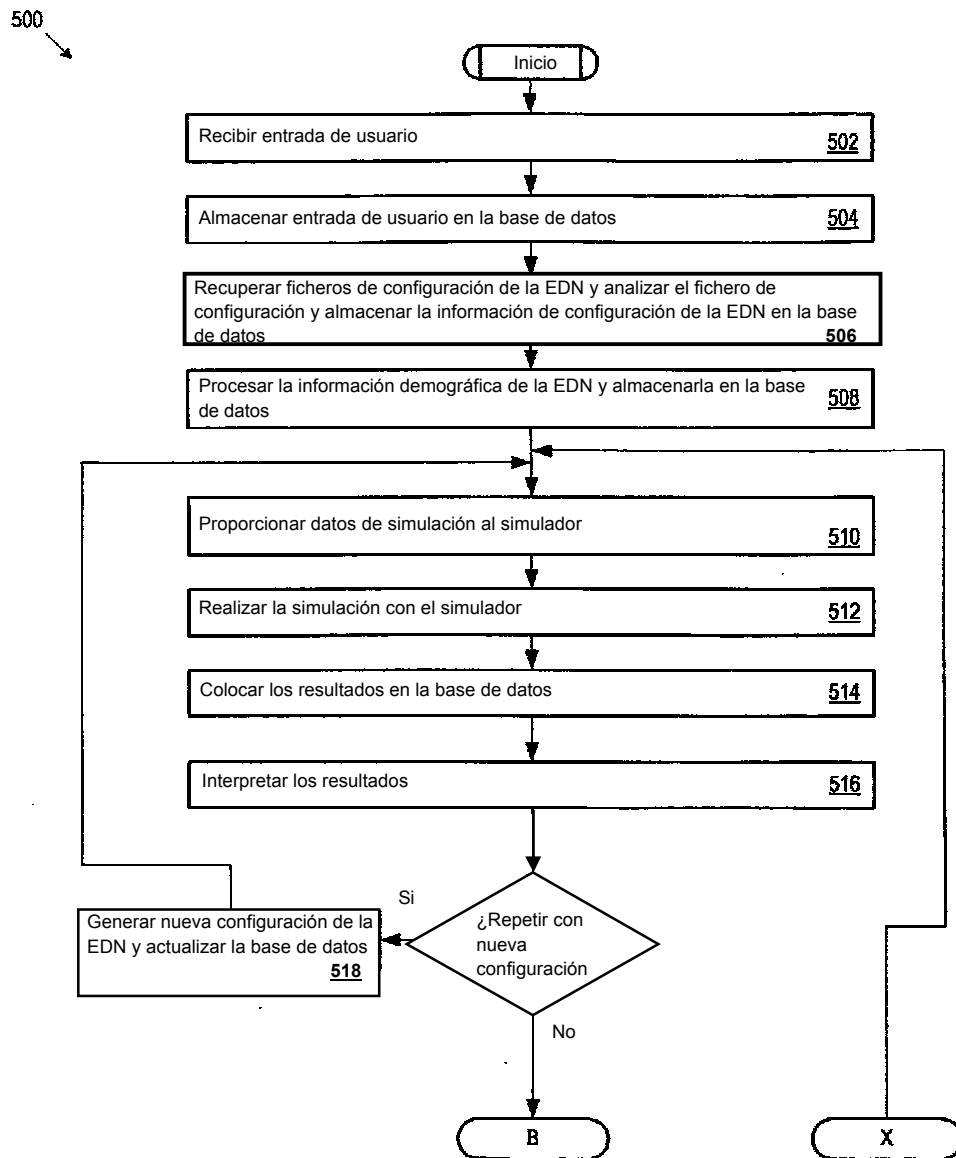


Figura 5

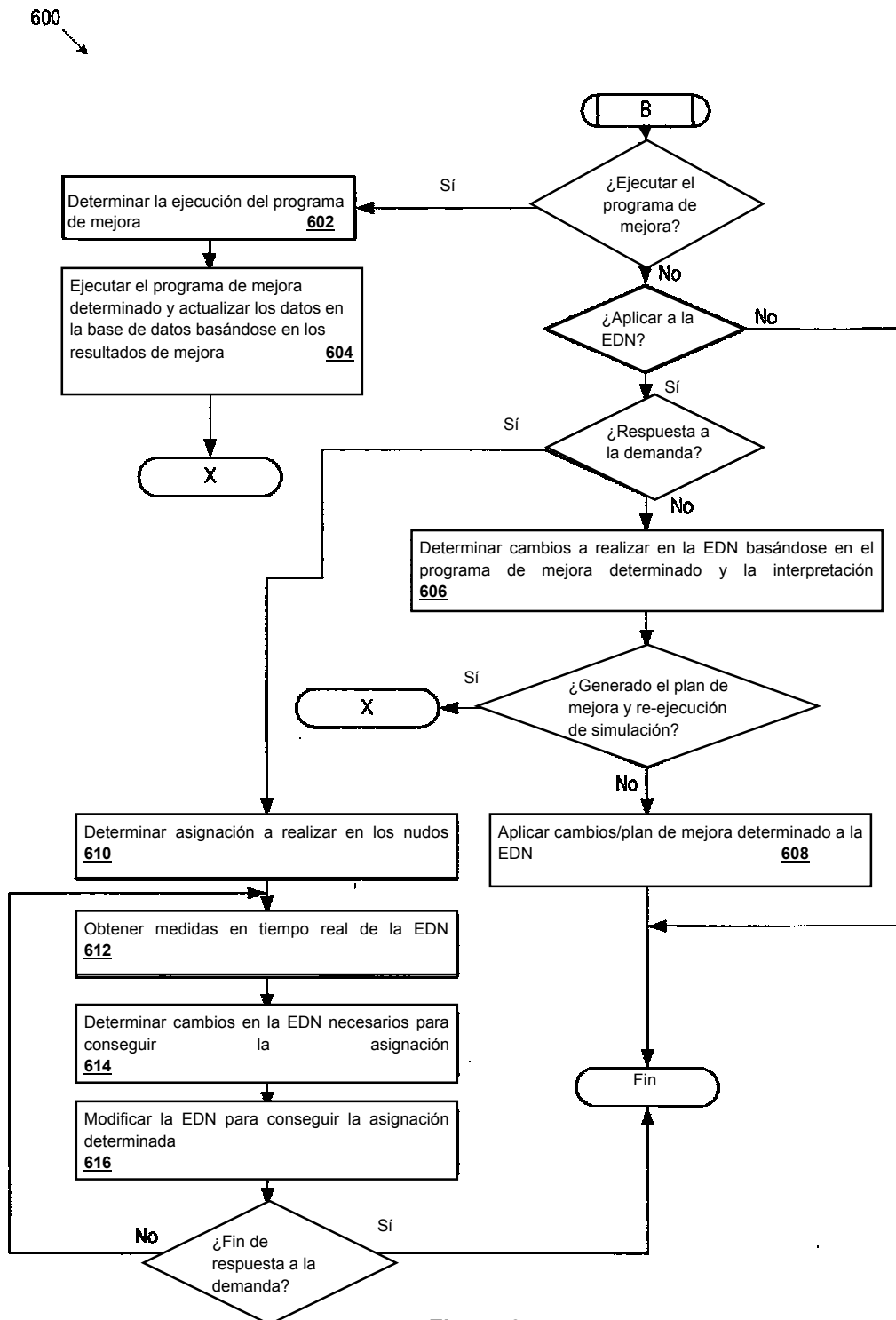


Figura 6

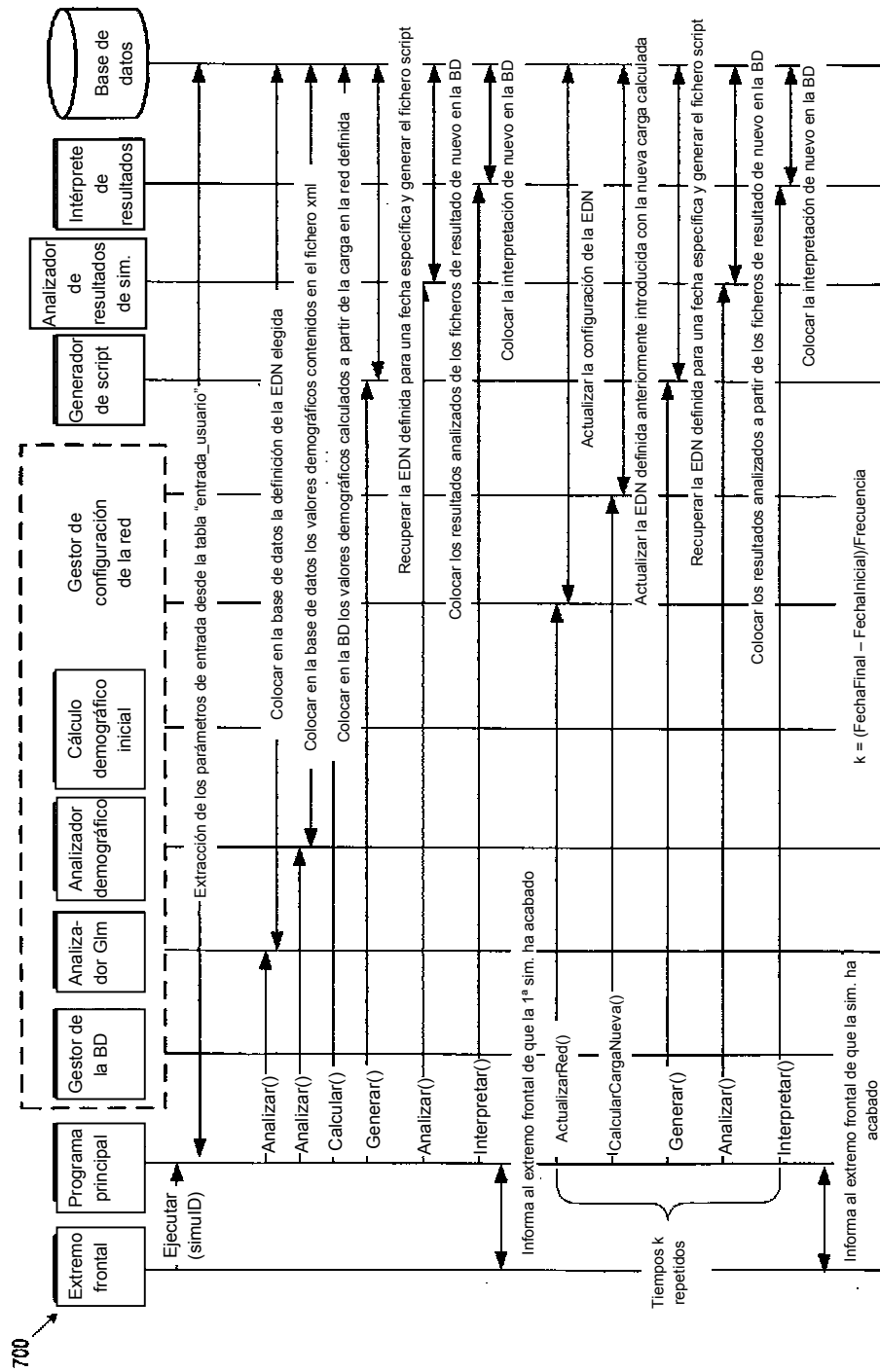


Figura 7