

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 908**

51 Int. Cl.:

G06F 30/13 (2010.01)
G06F 30/20 (2010.01)
G06T 17/05 (2011.01)
G06T 19/00 (2011.01)
F24S 90/00 (2008.01)
F24S 20/00 (2008.01)
G06F 119/06 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.09.2019** **PCT/US2019/052257**
87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2020** **WO20061518**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.09.2019** **E 19783772 (7)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2024** **EP 3853532**

54 Título: **Método y sistema para determinar el acceso solar de una estructura**

30 Prioridad:

21.09.2018 US 201862734759 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
28.11.2024

73 Titular/es:

EAGLE VIEW TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
25 Methodist Hill Drive
Rochester, NY 14623, US

72 Inventor/es:

SEHGAL, AJAI;
NILOSEK, DAVID;
ROJAS, DANIEL;
CHAVES, GEORGE y
CLEVELAND, PETE

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 989 908 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

Método y sistema para determinar el acceso solar de una estructura

Referencia a solicitud relacionada

- 5 La presente solicitud de patente reivindica la prioridad de la solicitud provisional de patente de EE. UU. con número de serie 62/734.759, presentada el 21 de septiembre de 2018, titulada "Method and System for Determining Solar Access of a Structure".

Antecedentes

- 10 Existe una necesidad constante de energía para satisfacer las necesidades crecientes de consumo de energía de la sociedad moderna. En la actualidad, los combustibles fósiles son la fuente principal de esta energía, pero factores tales como la escasez de combustibles fósiles, la contaminación resultante procedente de los combustibles fósiles que se queman y los factores geopolíticos que afectan al precio y a la disponibilidad de los combustibles fósiles han dado como resultado una necesidad de fuentes alternativas de energía. Un ejemplo de una forma popular de fuente de energía alternativa es la energía solar.

- 15 A fin de utilizar la energía solar, los sistemas de energía solar se han creado y diseñado para aprovechar la radiación solar recibida en energía térmica o eléctrica a través de diversos medios. Estos sistemas de energía solar incluyen típicamente un colector de energía solar, para recoger la radiación solar, y otros componentes, que pueden convertir la radiación solar recogida en energía eléctrica o térmica.

- 20 Normalmente, estos sistemas de energía solar tienen que diseñarse e instalarse en ubicaciones y orientaciones con una exposición significativa o alta a la radiación solar a fin de maximizar la cantidad de radiación solar que se puede recoger por los sistemas de energía solar. Como consecuencia, existe una necesidad de medir el acceso a la radiación solar en una ubicación y una orientación dadas.

- 25 Diversos sistemas que miden la radiación solar pueden tener limitaciones en su facilidad de uso y precisión. Algunos de los sistemas utilizan procesos químicos de exposición de película para almacenar las imágenes captadas, que no se pueden analizar hasta que se revela la película. Muchos tienen problemas de alineación que hacen difícil realizar mediciones precisas. Adicionalmente, los dispositivos pueden tener limitaciones que incluyen la falta de calibración de imágenes, la necesidad de determinar las coordenadas que identifican exclusivamente la ubicación del dispositivo sobre la tierra o la zona, la necesidad de permanecer en el propio lugar durante un largo período de tiempo, la incapacidad para identificar el horizonte y el cielo abierto y/o la incapacidad para considerar la sombra. Además, los dispositivos pueden ser caros de fabricar y/o usar.

- 30 Por ejemplo, el Solimetric SunEye y el Wiley Electronics ASSET son dispositivos electrónicos especializados que proporcionan análisis de sombra al colocar sensores en el lugar de una propiedad a medir. El Solar Pathfinder es un dispositivo no electrónico que requiere una colocación en el propio lugar y un trazado a mano de una imagen panorámica reflejada en una cúpula transparente sobre una plantilla de papel, y un procesamiento adicional del resultado usando un paquete de software complementario. Además del alto coste, muchos enfoques y herramientas existentes pueden requerir un entrenamiento y una aplicación cuidadosa, pueden requerir una coordinación adicional, tal como mantener el nivel del dispositivo con una flecha de brújula correctamente alineada mientras se intenta apretar un botón para tomar una imagen, y pueden ser difíciles de usar en situaciones de campo reales, tales como sobre un tejado inclinado y con sol brillante. Además, el uso de estos instrumentos puede presentar un riesgo para el usuario debido al requisito de una colocación apropiada sobre los tejados y otras superficies altas.

- 40 Existen sistemas de software que proporcionan herramientas automatizadas que permiten al usuario crear un modelo en 3D de una casa, y aplicar manualmente modelos en 3D de árboles u otras obstrucciones adyacentes al modelo en 3D de la casa. Entonces, el software efectúa un análisis automatizado del modelo en 3D para determinar los valores de sombra, inclinación y orientación a fin de estimar los valores del acceso solar para puntos individuales sobre la parte superior del tejado. Un sistema de software vendido por la firma Aurora Solar Inc., de San Francisco, California, permite al usuario aplicar manualmente modelos en 3D simulados de árboles, y pedir datos LIDAR a visualizar alrededor de la casa, de modo que se puede ajustar manualmente la altura de los modelos en 3D de los árboles.

- 45 Los sistemas de software previos requieren la creación manual del modelo en 3D del tejado. Para el análisis de sombra, los sistemas de software previos requieren la colocación manual de obstrucciones simuladas alrededor del tejado, como parte del flujo de trabajo al crear los valores del acceso solar.

- 50 Los documentos WO 2009/025928 A2 y US 2014/176543 A1 se refieren a sistemas para determinar el acceso solar de una estructura.

Compendio

Visto desde un primer aspecto, se proporciona un sistema para determinar el acceso solar de una estructura, que comprende un sistema informático que tiene un procesador; y uno o más soportes legibles por ordenador no transitorios accesibles para el sistema informático y que almacenan instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador del sistema informático, hacen que el procesador: reciba información de ubicaciones indicativa de la ubicación de una estructura; recupere un modelo de georreferencia tridimensional de al menos una parte de la estructura basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, en el que la ubicación geográfica sobre la tierra de puntos en el modelo de georreferencia tridimensional se almacena o se asocia con puntos en el modelo de georreferencia tridimensional; recupere datos de nubes de puntos de objeto indicativos de uno o más objetos que proyectan sombra sobre la estructura basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, en el que los datos de nubes de puntos de objeto se generan a partir de una o más imágenes de georreferencia y los datos de nubes de puntos de objeto son indicativos de un tamaño, una forma y una ubicación reales de dicho uno o más objetos sobre la tierra; divida la estructura, en el modelo de georreferencia tridimensional de la estructura, en una o más secciones; divida las secciones en una o más áreas, teniendo cada área al menos tres vértices; y determine, automáticamente, un valor del acceso solar para cada uno de los vértices al: determinar, automáticamente, la irradiancia bruta para una o más de las secciones al calcular un haz nominal y una irradiancia difusa que inciden en la sección basándose en el ángulo del sol, la orientación de la sección y los datos meteorológicos, para un tiempo y una ubicación dados de la sección; y determinar, automáticamente, la irradiancia perfeccionada para uno o más de los vértices de las áreas de las secciones de la estructura, basándose en la irradiancia bruta y calcular un rayo entre una posición del sol y un vértice particular de dicho uno o más vértices, como se ven afectados por la ubicación de los datos de nubes de puntos de objeto con relación a una trayectoria del rayo.

Visto desde un segundo aspecto, se proporciona un método para determinar el acceso solar, que comprende: recibir información de ubicaciones indicativa de la ubicación de una estructura; recuperar un modelo de georreferencia tridimensional de al menos una parte de la estructura basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, en el que la ubicación geográfica sobre la tierra de puntos en el modelo de georreferencia tridimensional se almacena o se asocia con puntos en el modelo de georreferencia tridimensional; recuperar datos de nubes de puntos de objeto indicativos de uno o más objetos que proyectan sombra sobre la estructura basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, en el que los datos de nubes de puntos de objeto se generan a partir de una o más imágenes de georreferencia y los datos de nubes de puntos de objeto son indicativos de un tamaño, una forma y una ubicación reales de dicho uno o más objetos sobre la tierra; divida la estructura, en el modelo de georreferencia tridimensional de la estructura, en una o más secciones; dividir las secciones en una o más áreas, teniendo cada área al menos tres vértices; y determinar, automáticamente, un valor del acceso solar para cada uno de los vértices al: determinar, automáticamente, la irradiancia bruta para una o más de las secciones al calcular un haz nominal y una irradiancia difusa que inciden en la sección basándose en el ángulo del sol, la orientación de la sección y los datos meteorológicos, para un tiempo y una ubicación dados de la sección; y determinar, automáticamente, la irradiancia perfeccionada para uno o más de los vértices de las áreas de las secciones de la estructura, basándose en la irradiancia bruta y calcular un rayo entre una posición del sol y un vértice particular de dicho uno o más vértices, como se ven afectados por la ubicación de los datos de nubes de puntos de objeto con relación a una trayectoria del rayo.

Se divulgan métodos y sistemas para determinar automáticamente valores del acceso solar, incluyendo un sistema para determinar el acceso solar de una estructura, que comprende un sistema informático que tiene un procesador; y uno o más soportes legibles por ordenador no transitorios accesibles para el sistema informático y que almacenan instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador del sistema informático, hacen que el procesador reciba información de ubicaciones indicativa de la ubicación de una estructura; recupere y/o reciba un modelo de georreferencia tridimensional de al menos una parte de la estructura basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, en el que la ubicación geográfica sobre la tierra de puntos en el modelo de georreferencia tridimensional se almacena o se asocia con puntos en el modelo de georreferencia tridimensional; recupere y/o reciba datos de nubes de puntos de objeto indicativos de uno o más objetos que proyectan sombra sobre la estructura basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, en el que los datos de nubes de puntos de objeto se generan a partir de una o más imágenes de georreferencia y los datos de nubes de puntos de objeto son indicativos de un tamaño, una forma y una ubicación reales de dicho uno o más objetos sobre la tierra; divida la estructura, en el modelo de georreferencia tridimensional, almacenándose o asociándose con puntos en el modelo de georreferencia tridimensional; recuperar datos de nubes de puntos de objeto indicativos de uno o más objetos que proyectan sombra sobre la estructura basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, en el que los datos de nubes de puntos de objeto se generan a partir de una o más imágenes de georreferencia y los datos de nubes de puntos de objeto son indicativos de un tamaño, una forma y una ubicación reales de dicho uno o más objetos sobre la tierra; divida la estructura, en el modelo de georreferencia tridimensional de la estructura, en una o más secciones; divida las secciones en una o más áreas, teniendo cada área al menos tres vértices; y determine, automáticamente, un valor del acceso solar para cada uno de los vértices.

En una implementación, dicho uno o más soportes legibles por ordenador no transitorios pueden almacenar adicionalmente instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador del sistema informático, hacen que el procesador genere uno o más modelos de objeto de georreferencia tridimensionales de dicho uno o más objetos usando los datos de nubes de puntos de objeto.

Según la invención, la etapa para determinar, automáticamente, el valor del acceso solar, comprende determinar, automáticamente, la Irradiancia bruta para una o más de las secciones al calcular un haz nominal y una irradiancia difusa que inciden en la sección basándose en el ángulo del sol, la orientación de la sección y los datos meteorológicos, para un tiempo y una ubicación dados de la sección; y determinar, automáticamente, la irradiancia perfeccionada para uno o más de los vértices de las áreas de las secciones de la estructura, basándose en la Irradiancia bruta y calcular un rayo entre una posición del sol y un vértice particular de dicho uno o más vértices, como se ven afectados por la ubicación de los datos de nubes de puntos de objeto con relación a una trayectoria del rayo.

En una implementación, la etapa para calcular el rayo entre la posición del sol y el vértice particular de dicho uno o más vértices, como se ven afectados por la ubicación de los datos de nubes de puntos de objeto con relación a la trayectoria del rayo, puede basarse, al menos en parte, en una latitud y una longitud del vértice particular y la información desde una base de datos de radiación solar.

En una implementación, determinar, automáticamente, la irradiancia perfeccionada puede comprender además modelar la interacción del rayo con los datos de nubes de puntos de objeto para determinar un efecto en la Irradiancia bruta mediante dicho uno o más objetos que proyectan sombra sobre la estructura.

En una implementación, dicho uno o más soportes legibles por ordenador no transitorios pueden almacenar adicionalmente instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador del sistema informático, hacen que el procesador genere uno o más modelos de objeto de georreferencia tridimensionales de dicho uno o más objetos usando los datos de nubes de puntos de objeto.

En una implementación, dicho uno o más soportes legibles por ordenador no transitorios pueden almacenar adicionalmente instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador del sistema informático, hacen que el procesador genere uno o más informes indicativos de un valor del acceso solar para uno o más de los vértices de la estructura y/o de áreas de la estructura.

Según la invención, un sistema para determinar el acceso solar de una estructura comprende un sistema informático que tiene un procesador; y uno o más soportes legibles por ordenador no transitorios accesibles para el sistema informático y que almacenan instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador del sistema informático, hacen que el procesador: reciba información de ubicaciones indicativa de la ubicación de una estructura; recupere un modelo de georreferencia tridimensional de al menos una parte de la estructura basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, en el que la ubicación geográfica sobre la tierra de puntos en el modelo de georreferencia tridimensional se almacena o se asocia con puntos en el modelo de georreferencia tridimensional; recupere datos de nubes de puntos de objeto indicativos de uno o más objetos que proyectan sombra sobre la estructura basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, en el que los datos de objeto tridimensionales se generan a partir de una o más imágenes de georreferencia y los datos de objeto tridimensionales son indicativos de un tamaño, una forma y una ubicación reales de dicho uno o más objetos sobre la tierra; divida la estructura, en el modelo de georreferencia tridimensional de la estructura, en una o más secciones; divida las secciones en una o más áreas, teniendo cada área al menos tres vértices; y determine, automáticamente, un valor del acceso solar para cada uno de los vértices al determinar, automáticamente, la Irradiancia bruta para una o más de las secciones al calcular un haz nominal y una irradiancia difusa que inciden en la sección basándose en el ángulo del sol, la orientación de la sección y los datos meteorológicos, para un tiempo y una ubicación dados de la sección; y determinar, automáticamente, la irradiancia perfeccionada para uno o más de los vértices de las áreas de las secciones de la estructura, basándose en la Irradiancia bruta y calcular un rayo entre una posición del sol y un vértice particular de dicho uno o más vértices, como se ven afectados por la ubicación de los datos de nubes de puntos de objeto con relación a una trayectoria del rayo.

Según la invención, un método para determinar el acceso solar comprende recibir información de ubicaciones indicativa de la ubicación de una estructura; recuperar un modelo de georreferencia tridimensional de al menos una parte de la estructura basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, en el que la ubicación geográfica sobre la tierra de puntos en el modelo de georreferencia tridimensional se almacena o se asocia con puntos en el modelo de georreferencia tridimensional; recuperar datos de nubes de puntos de objeto indicativos de uno o más objetos que proyectan sombra sobre la estructura basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, en el que los datos de nubes de puntos de objeto se generan a partir de una o más imágenes de georreferencia y los datos de nubes de puntos de objeto son indicativos de un tamaño, una forma y una ubicación reales de dicho uno o más objetos sobre la tierra; dividir la estructura, en el modelo de georreferencia tridimensional de la estructura, en una o más secciones; dividir las secciones en una o más áreas, teniendo cada área al menos tres vértices; y determinar, automáticamente, un valor del acceso solar para cada uno de los vértices al determinar, automáticamente, la Irradiancia bruta para una o más de las secciones al calcular un haz nominal y una irradiancia difusa que inciden en la sección basándose en el ángulo del sol, la orientación de la sección y los datos meteorológicos, para un tiempo y una ubicación dados de la sección; y determinar, automáticamente, la irradiancia perfeccionada para uno o más de los vértices de las áreas de las secciones de la estructura, basándose en la Irradiancia bruta y calcular un rayo entre una posición del sol y un vértice particular de dicho uno o más vértices, como se ven afectados por la ubicación de los datos de nubes de puntos de objeto con relación a una trayectoria del rayo.

Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos

5 Para ayudar a que los expertos en la técnica relevante realicen y usen la materia sustantiva de este documento, se hace referencia a los dibujos adjuntos, que no están destinados a estar dibujados a escala, y en los que números de referencia semejantes están destinados a hacer referencia a elementos similares, por consistencia. Con fines de claridad, puede que no todos los componentes estén marcados en todos los dibujos.

La figura 1 ilustra un diagrama esquemático de hardware, que forma una realización a modo de ejemplo de un sistema para generar automáticamente un gráfico de acceso solar para una estructura. El sistema incluye un sistema de captación de imágenes y un sistema informático.

10 La figura 2 ilustra un modelo tridimensional a modo de ejemplo y unas nubes circundantes de puntos de acuerdo con la presente invención.

La figura 3 ilustra un modelo tridimensional a modo de ejemplo, en el que el tejado se ha segmentado de acuerdo con la presente invención.

La figura 4 es un diagrama esquemático de una realización a modo de ejemplo de un aparato de acuerdo con la presente invención.

15 La figura 5 es un diagrama de los ángulos del sol con relación a un punto sobre la Tierra de acuerdo con la presente invención.

La figura 6 es una ilustración de una sección de tejado, junto con el diagrama de los ángulos del sol de la figura 5.

La figura 7 es una vista esquemática de un método de trazado de sombras de acuerdo con la presente invención.

20 Las figuras 8A-8M ilustran un informe a modo de ejemplo de resultados de una realización del sistema de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada

25 Antes de explicar con detalle al menos una realización de la invención, se ha de entender que la invención no está limitada, en su aplicación, a los detalles de construcción, los experimentos, los datos a modo de ejemplo y/o la disposición de los componentes expuestos en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos, a menos que se señale de otro modo, siempre que las propiedades no sean incompatibles y la materia sustantiva permanezca dentro del alcance de protección, como se define por las reivindicaciones independientes.

La invención puede tener otras realizaciones o ponerse en práctica o llevarse a cabo de diversos modos. Además, se ha de entender que la fraseología y la terminología empleadas en este documento son con fines de descripción, y no se deben considerar limitativas.

30 La siguiente descripción detallada hace referencia a los dibujos que se acompañan. Los mismos números de referencia en diferentes dibujos pueden identificar los mismos elementos o similares.

Definiciones

35 Como se usan en la descripción de este documento, los términos “comprende”, “comprendiendo”, “incluye”, “incluyendo”, “tiene”, “teniendo”, o cualquier otra de sus variaciones, están destinados a cubrir una inclusión no exclusiva. Por ejemplo, a menos que se señale de otro modo, un proceso, un método, un artículo o un aparato que comprende una lista de elementos no está necesariamente limitado sólo a esos elementos, sino que puede incluir también otros elementos no enumerados expresamente o intrínsecos a tal proceso, tal método, tal artículo o tal aparato.

40 Adicionalmente, a menos que se indique expresamente lo contrario, “o” hace referencia a un “o” inclusivo y no a uno exclusivo. Por ejemplo, una condición A o B se satisface por uno de los siguientes: A es verdadero (o está presente) y B es falso (o no está presente), A es falso (o no está presente) y B es verdadero (o está presente), y tanto A como B son verdaderos (o están presentes).

45 Además, se hace uso de “uno” o “una” para describir elementos y componentes de las realizaciones en este documento. Esto se hace simplemente por conveniencia y para proporcionar un sentido general del concepto inventivo. Esta descripción se debe leer como que incluye uno o más, y el singular incluye también el plural, a menos que sea evidente que puede entenderse de otro modo. Adicionalmente, el uso del término “pluralidad” se supone que transmite “más de uno”, a menos que se indique expresamente lo contrario.

50 Como se usa en este documento, cualquier referencia a “una única realización”, “una realización”, “algunas realizaciones”, “un único ejemplo”, “por ejemplo” o “un ejemplo” significa que un elemento, una propiedad, una estructura o una característica particulares descritos en relación con la realización está incluido al menos en una realización. La apariencia de las frases: “en algunas realizaciones” o “un único ejemplo”, en diversos lugares de la

memoria descriptiva, no hacen todas referencia necesariamente a la misma realización, por ejemplo.

Circuitería, como se usa en este documento, pueden ser componentes analógicos y/o digitales, o uno o más procesadores programados adecuadamente (p. ej., microprocesadores) y hardware y software asociados, o lógica con cableado físico. Además, los "componentes" pueden realizar una o más funciones. El término "componente" puede incluir hardware, tal como un procesador (p. ej., microprocesador), un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), una matriz de puertas programables en campo (FPGA), una combinación de hardware y software, y/o similares. El término "procesador", como se usa en este documento, significa un único procesador o múltiples procesadores que trabajan independientemente o juntos para realizar colectivamente una tarea.

Software puede incluir una o más instrucciones legibles por ordenador que, cuando son ejecutadas por uno o más componentes, hacen que el componente realice una función específica. Se debe entender que los algoritmos descritos en este documento pueden almacenarse en una o más memorias no transitorias. Una memoria no transitoria a modo de ejemplo puede incluir una memoria de acceso aleatorio, una memoria de solo lectura, una memoria *flash*, y/o similares. Tal memoria no transitoria puede tener fundamento eléctrico, fundamento óptico, y/o similares.

Se ha de entender adicionalmente que, como se usa en este documento, el término "usuario" no está limitado a un ser humano y puede comprender un ordenador, un servidor, un sitio web, un procesador, una interfaz de red, un humano, un terminal de usuario, un ordenador virtual, sus combinaciones, y similares, por ejemplo.

Irradiancia horizontal global (GHI) es la cantidad total de radiación solar recibida desde arriba por una superficie horizontal al terreno. Este valor es de interés particular para instalaciones fotovoltaicas e incluye tanto la Irradiancia normal directa (DNI) como la Irradiancia horizontal difusa (DHI) y puede incluir la Irradiancia incidente reflejada en el terreno.

Irradiancia horizontal difusa (DHI) es la irradiancia terrestre recibida por una superficie horizontal que ha sido dispersada o difundida por la atmósfera. Si la irradiancia horizontal difusa no se mide directamente, se puede calcular de forma similar a la irradiancia horizontal global.

Irradiancia normal directa (DNI) es la cantidad de radiación solar recibida por área unitaria por una superficie que se mantiene siempre perpendicular (o normal) a los rayos que vienen en línea recta, siguiendo la dirección del sol en su posición actual en el cielo.

Albedo es la relación de la irradiancia incidente reflejada en el terreno respecto a la irradiancia horizontal difusa.

Irradiancia incidente reflejada en el terreno es la energía solar que alcanza una superficie de matriz después de reflejarse desde el terreno.

Irradiancia solar es una medida de la potencia instantánea desde el sol en una superficie sobre un área, dada típicamente en unidades de vatios por metro cuadrado.

Insolación es una medida de la energía desde el sol durante un período dado de tiempo en una superficie, dada típicamente en vatios horas por metro cuadrado.

Irradiancia de haces incidentes es una medida de la energía desde el sol, que alcanza una superficie en línea recta desde el sol.

Descripción

Haciendo referencia a continuación a las figuras, y en particular a la figura 1, en ella se muestra un diagrama esquemático de hardware, que forma una realización a modo de ejemplo de un aparato 6 para generar automáticamente un informe de evaluación de recursos solares para al menos una parte de un tejado 8 (véase la figura 2) de una estructura 10 de acuerdo con la presente invención. El informe de evaluación de recursos solares puede incluir determinar un impacto de sombra para diversas áreas del tejado 8. La evaluación de recursos solares se puede usar para la colocación y/o la evaluación financiera para el despliegue de placas y paneles fotovoltaicos. En general, el aparato 6 calcula el derecho solar para una zona dada y el período dado de tiempo, en el que se pueden tomar en consideración el clima, la latitud y la altitud locales. La zona dada puede ser una parte de la Tierra o una parte de la estructura 10. En los ejemplos descritos en este documento, la zona dada es una sección del tejado 8 de la estructura 10. Se debe entender que los métodos y sistemas descritos en este documento se pueden usar para determinar el derecho solar y el acceso solar para una parte de la Tierra u otra parte de la estructura 10, tal como una pared de dicha estructura 10. En todo caso, una vez que se calcula el derecho solar, entonces, el impacto de la sombra en el tejado 8 de la estructura 10 durante subperíodos del período dado de tiempo, procedentes de obstrucciones en la trayectoria de radiación desde el sol 11, se puede calcular y acumular para generar el acceso solar para la zona dada.

Se puede clasificar la sombra como sombra de horizonte o sombra local. Sombra de horizonte puede afectar a secciones relativamente grandes del tejado 8 y sombra local puede afectar a secciones relativamente más pequeñas del tejado 8. Las fuentes de sombra de horizonte son típicamente otros edificios y árboles que están situados lejos del

tejado 8, pero entre el sol 11 y el tejado 8 en instantes particulares de tiempo, a medida que el sol 11 se mueve en una trayectoria a través del horizonte durante todo el año. Sombra local son típicamente árboles colocados adyacentes al tejado 8, o partes del tejado 8, tales como componentes estructurales del tejado 8 que dan sombra a otros componentes de dicho tejado 8, tales como buhardillas, o partes estructurales de la estructura 10, tales como una pared exterior o una chimenea.

Opcionalmente, se pueden calcular también las evaluaciones de recursos solares para una aplicación particular de una matriz fotovoltaica (p. ej., placas fotovoltaicas o células fotovoltaicas). En este caso, una tecnología, una orientación y un método de montaje dados de la aplicación particular se pueden usar como entradas para el cálculo.

Generalmente, la estructura 10 es una estructura artificial, tal como un edificio residencial, un edificio comercial, un toldo o una cochera. Sin embargo, se entenderá que la estructura 10 puede ser una prominencia u otra estructura natural.

En algunas realizaciones, el aparato 6 puede incluir un sistema de captación de imágenes 12 y uno o más sistemas informáticos 14. Alternativamente, el aparato 6 puede incluir exclusivamente uno o más sistemas informáticos 14, obteniendo el aparato 6 una o más imágenes desde un sistema de terceras partes. Con este propósito, en algunas realizaciones, el sistema de captación de imágenes 12 puede obtener una o más imágenes, además de dicha una o más imágenes obtenidas desde el sistema de terceras partes.

En algunas realizaciones, el sistema de captación de imágenes 12 puede incluir uno o más dispositivos de captación 16 que recogen una o más imágenes del exterior de la estructura 10. Por ejemplo, el sistema de captación de imágenes 12 puede incluir uno o más dispositivos de captación 16 que recogen una o más imágenes aéreas del tejado 8 y/o las paredes de la estructura 10.

El dispositivo de captación 16 puede ser capaz de captar imágenes fotográfica y/o electrónicamente. El dispositivo de captación 16 puede captar electrónicamente imágenes digitales que tienen píxeles. El dispositivo de captación 16 puede incluir características conocidas o determinables que incluyen, pero no están limitadas a la distancia focal, el tamaño de los sensores, el factor de forma, radial y otros términos de deformación, el descentrado del punto principal, el paso entre píxeles, la alineación, y/o similares.

En algunas realizaciones, el dispositivo de captación 16 del sistema de captación de imágenes 12 puede incluir, pero no está limitado a una o más cámaras, cámaras digitales, sensores digitales, dispositivos de carga acoplada, convencionales, y/o similares. Por ejemplo, en un caso, el dispositivo de captación 16 puede ser una o más cámaras captadas con la ayuda de una aeronave, tal como un avión, o un sistema aéreo no tripulado. Unos sistemas de captación de imágenes adecuados se describen en la patente de EE. UU. n.º 7.424.133, titulada "METHOD AND APPARATUS FOR CAPTURING, GEOLOCATING AND MEASURING OBLIQUE IMAGES"; la patente de EE. UU. n.º 8.520.079, titulada "EVENT MULTIPLEXER FOR MANAGING THE CAPTURE OF IMAGES"; y la patente de EE. UU. n.º 9.612.598, titulada "UNMANNED AIRCRAFT STRUCTURE EVALUATION SYSTEM AND METHOD". Las imágenes captadas por el sistema de captación de imágenes 12 pueden ser imágenes oblicuas, imágenes ortogonales (conocidas también como imágenes nadir), o sus combinaciones.

El dispositivo de captación 16 puede adquirir una o más imágenes y emitir una o más Señales de datos de imagen (IDS) 22 correspondientes a una o más imágenes y/o fotografías adquiridas particulares. Una o más imágenes pueden almacenarse en el sistema informático 14. Además, el sistema de captación de imágenes 12 puede incluir adicionalmente un dispositivo de posicionamiento y orientación, tal como un GPS y/o una unidad de medición inercial, que recoge datos indicativos de una ubicación tridimensional del sensor del dispositivo de captación 16, una orientación del sensor, así como una dirección de la brújula del sensor, cada vez que se adquieren las imágenes y/o fotografías.

Las imágenes se pueden georreferenciar para producir imágenes georreferenciadas o se pueden proporcionar como imágenes georreferenciadas. En algunas realizaciones, se pueden proporcionar imágenes georreferenciadas usando técnicas descritas en la patente de EE. UU. n.º 7.424.133. Las imágenes georreferenciadas pueden ser imágenes que tienen parámetros de georreferencia almacenados. Las imágenes georreferenciadas pueden proporcionar una ubicación en coordenadas del mundo real, tales como latitud/longitud, de píxeles en la imagen georreferenciada usando exclusivamente esa imagen, o una imagen de solapamiento.

Haciendo referencia a la figura 1, el sistema informático 14 puede ser un sistema o sistemas que son capaces de realizar y/o ejecutar la lógica de los procesos descritos en este documento. La lógica realizada en forma de *firmware* y/o instrucciones de software puede ejecutarse en cualquier hardware apropiado. Por ejemplo, la lógica realizada en forma de *firmware* o instrucciones de software puede ejecutarse en un sistema o sistemas dedicados, o en un sistema informático personal, o en un sistema informático de procesamiento distribuido, y/o similares. En algunas realizaciones, la lógica puede estar implementada en un entorno autónomo que funciona en un único sistema informático y/o la lógica puede estar implementada en un entorno de red, tal como un sistema distribuido que usa múltiples ordenadores y/o procesadores.

En algunas realizaciones, el sistema informático 14 puede incluir uno o más procesadores 24 que comunican con uno o más dispositivos de entrada 26, dispositivos de salida 28 y/o puertos I/O 30 que permiten la entrada y/o salida de datos al y del sistema informático 14 al sistema de captación de imágenes 12 y/o un usuario.

5 Dicho uno o más dispositivos de entrada 26 pueden ser capaces de recibir entradas de información desde un usuario y/o uno o más procesadores, y transmitir tal información al procesador 24. Dicho uno o más dispositivos de entrada 26 pueden incluir, pero no están limitados a una implementación como un teclado, una pantalla táctil, un ratón, una bola de desplazamiento, un micrófono, un lector de huellas dactilares, un puerto de infrarrojos, un teclado deslizable, un teclado desplegable, un teléfono móvil, una PDA, un controlador de videojuegos, un control remoto, una máquina de fax, una interfaz de red, un reconocimiento del habla, un reconocimiento de los gestos, un seguimiento de los ojos, 10 una interfaz entre cerebro y ordenador, sus combinaciones, y/o similares.

Dicho uno o más dispositivos de salida 28 pueden ser capaces de dar salida a información en una forma que pueda percibirse por un usuario y/o un(os) procesador(es). Por ejemplo, dicho uno o más dispositivos de salida 28 pueden incluir, pero no están limitados a implementaciones como un monitor de ordenador, una pantalla, una pantalla táctil, un altavoz, un sitio web, un televisor, un teléfono inteligente, una PDA, un teléfono móvil, una máquina de fax, una 15 impresora, un ordenador portátil, una pantalla óptica colocada en la cabeza (OHMD), sus combinaciones, y/o similares. Se ha de entender que, en algunas realizaciones a modo de ejemplo, dicho uno o más dispositivos de entrada 26 y dicho uno o más dispositivos de salida 28 se pueden implementar como un único dispositivo, tal como, por ejemplo, una pantalla táctil o una tableta.

En algunas realizaciones, la salida de información en una forma que pueda percibirse por un usuario y/o un procesador 20 puede comprender visualizar o proporcionar la visualización de una página web (p. ej., una página web que tiene una o más imágenes y software indicativos de un informe de acceso solar descrito con más detalle en este documento), comunicaciones electrónicas, un correo electrónico y/o correspondencia electrónica para uno o más terminales de usuario que interaccionan con un ordenador y/o una(s) red(es) informática(s) y/o que permiten participar a dicho uno o más usuarios, tal como interactuando con uno o más mecanismos en una página web, comunicaciones electrónicas, 25 un correo electrónico y/o correspondencia electrónica al enviar y/o recibir señales (p. ej., digitales, ópticas, y/o similares) a través de una interfaz de redes informáticas (p. ej., un puerto Ethernet, un puerto TCP/IP, un puerto óptico, un módem por cable, sus combinaciones, y/o similares). Un usuario puede estar provisto de una página web en un navegador web o en una aplicación de software, por ejemplo.

Las señales de datos de imagen 22 se pueden proporcionar al sistema informático 14. Por ejemplo, las señales de 30 datos de imagen 22 pueden ser recibidas por el sistema informático 14 a través del puerto I/O 30. El puerto I/O 30 puede comprender uno o más puertos físicos y/o virtuales.

En algunas realizaciones, el sistema informático 14 puede emitir una señal de captación de imágenes 32 al sistema de captación de imágenes 12 para hacer por ello que el dispositivo de captación 16 adquiera y/o capte una imagen en una ubicación predeterminada y/o en un intervalo predeterminado.

35 El sistema informático 14 puede incluir uno o más procesadores 24, que trabajan juntos o independientemente, para ejecutar código ejecutable por procesador, y una o más memorias 34 capaces de almacenar código ejecutable por procesador. En algunas realizaciones, cada elemento del sistema informático 14 puede estar basado en la red o basado en la nube parcial o completamente, y puede o no puede estar ubicado en una única ubicación física.

Dicho uno o más procesadores 24 se pueden implementar como un único o una pluralidad de procesadores, que 40 trabajan juntos o independientemente, para ejecutar la lógica como se describe en este documento. Las realizaciones a modo de ejemplo de dicho uno o más procesadores 24 pueden incluir, pero no están limitadas a un procesador de señales digitales (DSP), una unidad central de procesamiento (CPU), una matriz de puertas programables en campo (FPGA), un microprocesador, un procesador multinúcleo, y/o sus combinaciones, por ejemplo. Dicho uno o más procesadores 24 pueden ser capaces de comunicarse a través de una red (p. ej., analógica, digital, óptica, y/o 45 similares) a través de uno o más puertos (p. ej., puertos físicos o virtuales) usando un protocolo de red. Se ha de entender que, en ciertas realizaciones que usan más de un procesador 24, los procesadores 24 pueden estar ubicados a distancia entre sí, en la misma ubicación o comprendiendo un procesador multinúcleo unitario. Dicho uno o más procesadores 24 pueden ser capaces de leer y/o ejecutar código ejecutable por procesador y/o capaces de crear, manipular, recuperar, modificar y/o almacenar estructuras de datos en una o más memorias 34.

50 Dicha una o más memorias 34 pueden ser capaces de almacenar código ejecutable por procesador. Adicionalmente, dicha una o más memorias 34 se pueden implementar como una memoria no transitoria convencional, tal como, por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio (RAM), un CD-ROM, un disco duro, una unidad de estado sólido, una unidad *flash*, una tarjeta de memoria, un DVD-ROM, un disco flexible, una unidad óptica, sus combinaciones, y/o similares, por ejemplo.

55 En algunas realizaciones, dicha una o más memorias 34 pueden estar ubicadas en la misma ubicación física que el sistema informático 14. Adicional o alternativamente, una o más memorias 34 pueden estar ubicadas en una ubicación física diferente del sistema informático 14, comunicándose el sistema informático 14 con una o más memorias 34 a través de una red, por ejemplo. Adicional o alternativamente, una o más de las memorias 34 se pueden implementar

como una "memoria en la nube" (es decir, una o más memorias 34 pueden estar parcial o completamente basadas o acceder a las mismas usando una red, por ejemplo).

Haciendo referencia a las figuras 1 y 4, dicha una o más memorias 34 pueden almacenar código ejecutable por procesador y/o información que comprenden una o más bases de datos 36 y lógica de programa 38. En este ejemplo, dicha una o más memorias 34 pueden almacenar una o más de una base de datos de Modelos en 3D 36a, una base de datos meteorológica 36b, una base de datos de radiación solar 36c y una base de datos de objetos tridimensionales 36d. Las bases de datos 36a-36d pueden ser alojadas por el sistema informático 14 (o alojadas independientemente del sistema informático 14). La base de datos de modelos en 3D 36a puede almacenar datos indicativos de uno o más de los siguientes: una pluralidad de modelos en 3D de las estructuras 10; datos de geolocalización correspondientes que identifican los modelos en 3D de las estructuras 10 dentro de las bases de datos de modelos en 3D 36a; y datos indicativos de una ubicación tridimensional (sobre la Tierra) de nodos específicos sobre los modelos en 3D.

La base de datos meteorológica 36b puede almacenar el clima histórico de zonas donde las estructuras 10 están ubicadas sobre la Tierra. Los datos meteorológicos históricos a modo de ejemplo pueden ser observaciones del clima realizadas con instrumentos de información meteorológicos, que incluyen, pero no están limitados a la temperatura, el punto de rocío, la humedad relativa, la precipitación, la velocidad y dirección del viento, la visibilidad, la presión atmosférica, y tipos de fenómenos meteorológicos tales como el granizo, la niebla y el trueno. Estos datos pueden grabarse, por ejemplo, en base subhoraria, base horaria, base diaria y/o base mensual.

La base de datos de radiación solar 36c puede almacenar datos de radiación solar indicativos de una ubicación del sol 11 con relación a la Tierra en instantes particulares de tiempo. Cuando se consulta con información indicativa del tiempo, la fecha y la ubicación sobre la Tierra, la base de datos de radiación solar puede devolver salidas tales como Z_g (Ángulo cenital solar en grados), Z (Ángulo cenital solar en radianes), A_g (Ángulo acimutal solar en grados), A (Ángulo acimutal solar en radianes), α (Ángulo de la altitud solar en grados), δ (Ángulo de la declinación solar en grados), γ (Ángulo acimutal solar en grados), salida del sol (Salida del sol sobre el horizonte (0/1)), amanecer (Tiempo para el amanecer (p. ej., horas decimales)), atardecer (Tiempo para el atardecer (p. ej., horas decimales)), $\cos(\alpha)$ (Coseno derivado del cénit (p. ej., decimal)), $\sin(\alpha)$ (Seno derivado del cénit (p. ej., decimal)), $\cos(\gamma)$ (Coseno derivado del acimut (p. ej., decimal)), $\sin(\gamma)$ (Seno derivado del acimut (p. ej., decimal)). La figura 5 ilustra algunos de los ángulos del sol 11 con relación a un punto sobre la Tierra, incluyendo el Ángulo cenital solar (Z), el Ángulo acimutal solar (γ) y el Ángulo de altitud solar (α).

La base de datos de objetos tridimensionales 36d puede almacenar información indicativa de un tamaño, una forma y una ubicación de estructuras tridimensionales para identificar unos objetos de sombra 56 que pueden proyectar sombra sobre la estructura 10 representada por el modelo en 3D. El o los objetos de sombra 56 pueden bloquear al menos una parte de irradiancia para que no alcance la estructura 10 durante al menos una parte de tiempo, tal como una parte de tiempo durante un intervalo predeterminado de tiempo. En una realización, la base de datos de objetos tridimensionales 36d puede incluir una o más nubes de puntos de áreas que rodean los modelos en 3D de las estructuras 10.

Los datos de nubes de puntos se pueden usar para generar unos modelos de objeto 57 de las áreas y/o los objetos 56 que rodean las estructuras 10 (véanse las figuras 2 y 7). Los modelos de objeto 57 pueden almacenarse en la base de datos de objetos tridimensionales 36d y usarse en los cálculos expuestos en lo que sigue para determinar el impacto de sombra sobre el Acceso solar, por ejemplo. La información indicativa del tamaño, la forma y la ubicación de las estructuras tridimensionales se puede determinar de manera distinta del uso de la nube de puntos. Por ejemplo, una imagen ortogonal de un objeto de sombra 56 potencial se puede usar para estimar una forma y un tamaño de una cubierta del objeto de sombra 56 y la información de latitud/longitud para el objeto de sombra 56. Una imagen oblicua se puede usar para determinar una altura máxima del objeto de sombra 56. Puesto que los objetos de sombra 56 pueden no estar conformados uniformemente (por ejemplo, un árbol), la información desde la nube de puntos representa con más precisión el tamaño y la forma del objeto de sombra 56 y proporciona por lo tanto resultados más precisos al calcular el impacto de sombra debido a los objetos de sombra 56 particulares.

En una realización, la base de datos meteorológica 36b y la base de datos de radiación solar 36c son bases de datos disponibles públicamente, tales como las alojadas por el National Renewable Energy Laboratory.

En algunas realizaciones, como se muestra en la figura 4, el sistema informático 14 y/o el sistema de captación de imágenes 12 del aparato 6 pueden estar en comunicación con uno o más procesadores 40 adicionales. En este ejemplo, el sistema informático 14 puede comunicarse con dicho uno o más procesadores 40 adicionales a través de una red 42. Como se usa en este documento, las expresiones "basado en la red", "basado en la nube" y cualquiera de sus variaciones pueden incluir la disposición de recursos computacionales configurables bajo demanda a través de la interacción con un ordenador y/o red informática, con software y/o datos ubicados, al menos parcialmente, en el ordenador y/o la red informática al acumular potencia de procesamiento de dos o más procesadores de red.

En algunas realizaciones, la red 42 puede ser internet y/u otra red. Por ejemplo, si la red 42 es internet, una interfaz de usuario principal del software de captación de imágenes y/o del software de manipulación de imágenes se puede suministrar a través de una serie de páginas web. Se debe señalar que la interfaz de usuario principal del software de captación de imágenes y/o del software de manipulación de imágenes se puede reemplazar por otro tipo de interfaz,

tal como, por ejemplo, una aplicación basada en Windows.

La red 42 puede ser casi cualquier tipo de red. Por ejemplo, la red 42 puede interconectarse mediante interfaces ópticas y/o electrónicas, y/o puede usar una pluralidad de topografías de red y/o protocolos que incluyen, pero no están limitados a Ethernet, TCP/IP, trayectorias conmutadas de circuitos, y/o sus combinaciones. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la red 42 se puede implementar como la Red de extensión mundial (o internet), una red de área local (LAN), una red de área extensa (WAN), una red metropolitana, una red inalámbrica, una red celular, una red de Sistema global para comunicaciones móviles (GSM), una red de Acceso múltiple por división de código (CDMA), una red 3G, una red 4G, una red 5G, una red de satélites, una red radioeléctrica, una red óptica, una red de cables, una red telefónica conmutada pública, una red Ethernet, sus combinaciones, y/o similares. Adicionalmente, la red 42 puede usar una variedad de protocolos de red para permitir una interfaz bidireccional y/o una comunicación de datos y/o información. Es concebible que, en un futuro cercano, las realizaciones de la presente invención puedan usar topologías de conexión de red más avanzadas.

El sistema informático 14 y el sistema de captación de imágenes 12 pueden ser capaces de interaccionar y/o comunicarse con dicho uno o más sistemas informáticos, que incluyen los procesadores 40 a través de la red 42. Adicionalmente, dicho uno o más procesadores 40 pueden ser capaces de comunicarse entre sí a través de la red 42. Por ejemplo, el sistema informático 14 puede ser capaz de interaccionar intercambiando señales (p. ej., analógicas, digitales, ópticas, y/o similares) a través de uno o más puertos (p. ej., puertos físicos o puertos virtuales) usando un protocolo de red, por ejemplo.

Los procesadores 40 pueden incluir, pero no están limitados a una implementación como una variedad de diferentes tipos de sistemas informáticos, tales como un sistema de servidores que tiene múltiples servidores en una configuración adecuada para proporcionar un sistema de negocios basado en ordenadores comerciales (tal como un sitio web comercial), un ordenador personal, un teléfono inteligente, un televisor con acceso a la red, un descodificador de televisión, una tableta, un lector de libros electrónicos, un ordenador portátil, un ordenador de sobremesa, un dispositivo portátil con acceso a la red, una consola de videojuegos, un servidor, una grabadora de vídeo digital, un reproductor de DVD, un reproductor de Blu-Ray, un ordenador que puede llevarse puesto, un ordenador ubicuo, sus combinaciones, y/o similares.

En algunas realizaciones, los sistemas informáticos que comprenden los procesadores 40 pueden incluir uno o más dispositivos de entrada 44, uno o más dispositivos de salida 46, código ejecutable por procesador y/o un navegador web capaz de acceder a un sitio web y/o comunicar información y/o datos por una red, tal como la red 42. Los sistemas informáticos que comprenden dicho uno o más procesadores 40 pueden incluir una o más memorias no transitorias que comprenden código ejecutable por procesador y/o aplicaciones de software, por ejemplo. Una memoria no transitoria a modo de ejemplo incluye una memoria de acceso aleatorio, una memoria *flash*, una memoria de solo lectura, y similares. El sistema informático 14 se puede modificar para comunicarse con cualquiera de estos procesadores 40 y/o dispositivos desarrollados en el futuro capaces de comunicarse con el sistema informático 14 a través de la red 42.

Dicho uno o más dispositivos de entrada 44 pueden ser capaces de recibir entradas de información desde un usuario, unos procesadores y/o el entorno, y transmitir tal información al procesador 40 y/o la red 42. Dicho uno o más dispositivos de entrada 44 pueden incluir, pero no están limitados a una implementación como un teclado, una pantalla táctil, un ratón, una bola de desplazamiento, un micrófono, un lector de huellas dactilares, un puerto de infrarrojos, un teclado deslizable, un teclado desplegable, un teléfono móvil, una PDA, un controlador de videojuegos, un control remoto, una máquina de fax, una interfaz de red, un reconocimiento del habla, un reconocimiento de los gestos, un seguimiento de los ojos, una interfaz entre cerebro y ordenador, sus combinaciones, y/o similares.

Dicho uno o más dispositivos de salida 46 pueden ser capaces de dar salida a información en una forma que pueda percibirse por un usuario y/o un(os) procesador(es). Por ejemplo, dicho uno o más dispositivos de salida 46 pueden incluir, pero no están limitados a implementaciones como un monitor de ordenador, una pantalla, una pantalla táctil, un altavoz, un sitio web, un televisor, un teléfono inteligente, una PDA, un teléfono móvil, una máquina de fax, una impresora, un ordenador portátil, una pantalla óptica colocada en la cabeza (OHMD), sus combinaciones, y/o similares. Se ha de entender que, en algunas realizaciones a modo de ejemplo, dicho uno o más dispositivos de entrada 44 y dicho uno o más dispositivos de salida 46 se pueden implementar como un único dispositivo, tal como, por ejemplo, una pantalla táctil o una tableta.

Haciendo referencia a las figuras 1 y 3, en uso, el sistema informático 14 puede ejecutar la lógica de programa 38 que controla la lectura, la manipulación de las imágenes a una nube de puntos y/o el almacenamiento de la(s) señal(es) de datos de imagen 22 y/o la nube de puntos. Por ejemplo, la lógica de programa 38 puede leer las señales de datos de imagen 22 y puede almacenar las imágenes en dicha una o más memorias 34.

En algunas realizaciones, la ubicación, la orientación y/o la dirección de la brújula de dicho uno o más dispositivos de captación 16 con relación a la Tierra, en el preciso momento en el que se captura cada imagen, pueden grabarse en dicha una o más memorias 34. Los datos de ubicación se pueden asociar con la imagen captada correspondiente. Tales datos de ubicación pueden estar incluidos dentro de las señales de datos de imagen 22 y se usan para crear la nube de puntos en 3D. En una realización, los datos de ubicación se pueden determinar a partir de la imagen captada

correspondiente usando técnicas descritas en la patente de EE. UU. n.º 7.424.133. Sin embargo, se entenderá que se pueden usar otras técnicas para determinar los datos de ubicación a partir de las imágenes captadas.

Dicho uno o más procesadores 24 pueden crear y/o almacenar, en dicha una o más memorias 34, uno o más ficheros de imágenes de salida y datos. Por ejemplo, el procesador 24 puede convertir las señales de datos de imagen 22 en imagen de salida, ficheros de datos y/o la nube de puntos en 3D legibles por ordenador. La imagen de salida, los ficheros de datos y/o la nube de puntos en 3D pueden incluir una pluralidad de ficheros de imágenes captadas correspondientes a las imágenes captadas, los datos de posición y/o las nubes de puntos en 3D creados a partir del análisis de las imágenes. Los sistemas y métodos para crear las nubes de puntos en 3D a partir de las imágenes de salida y los ficheros de datos se encuentran en la patente de EE. UU. n.º 10.402.676, titulada "AUTOMATED SYSTEM AND METHODOLOGY FOR FEATURE EXTRACTION".

Haciendo referencia a la figura 2, se muestra un modelo en 3D 50 a modo de ejemplo que representa la estructura 10, que incluye el tejado 8 de dicha estructura 10. Los métodos y sistemas para crear el modelo en 3D del tejado 8 se pueden encontrar en la patente de EE. UU. n.º 8.078.436; la patente de EE. UU. n.º 8.977.520; la patente de EE. UU. n.º 8.170.840; la patente de EE. UU. n.º 8.209.152; y la publicación de solicitud de patente de EE. UU. n.º 2019/0188337 A1.

Como se muestra en la figura 2, el modelo en 3D 50 del tejado 8 incluye una pluralidad de secciones de tejado 52a-52j. En algunas realizaciones, tales como cuando el tejado 8 es un tejado plano, o un tejado de estilo cobertizo, o un tejado con un único plano, el tejado 8 puede tener sólo una sección de tejado 52. Las secciones de tejado 52a-52j pueden ser polígonos planos que tienen una inclinación, un área, unos bordes y una orientación correspondientes con respecto al sol. En una realización, las secciones de tejado 52 pueden tener forma triangular.

Las secciones de tejado 52a-52j tienen una pluralidad de nodos 53. Con fines de claridad, sólo cuatro de los nodos 53 que forman la sección de tejado 52e están marcados en la figura 2 con los números de referencia 53a-53d. Los nodos 53a-53d están conectados por unos bordes 54a-54d. La posición tridimensional sobre la Tierra de los nodos 53 se almacena en el modelo en 3D 50, o se correlaciona de otro modo con el mismo, del tejado 8. En una realización, los nodos 53 pueden comprender uno o más puntos extremos o intersecciones del borde o bordes 54 de la sección o secciones de tejado 52. Las posiciones tridimensionales de los nodos 53 se pueden determinar usando técnicas de trazado de rayos con una única imagen de georreferencia como se divulga, por ejemplo, en la patente de EE. UU. n.º 7.424.133; de aerotriangulación usando dos o más imágenes de georreferencia o técnicas de fotogrametría estereoscópica, y/o cargando la información desde una o más tablas. La orientación y el paso de cada una de las secciones de tejado 52 se pueden determinar usando las posiciones tridimensionales de los nodos 53.

Se muestra también en la figura 2 una parte de una nube de puntos en 3D 55 que muestra posiciones tridimensionales sobre la Tierra de dos objetos de sombra 56a y 56b que proporcionan sombra al tejado 8 de la estructura 10 durante períodos de tiempo a lo largo del año. Los objetos de sombra 56 pueden ser cualquier objeto que está situado en una ubicación estacionaria y que proporciona al menos algo para dar sombra (es decir, bloquea en su alcance al menos cierta cantidad de irradiancia) al tejado 8 de la estructura 10 durante un período de tiempo. Unos objetos de sombra a modo de ejemplo incluyen un árbol, un edificio, un puente, un toldo, una torre, y sus combinaciones. En este ejemplo, los objetos de sombra 56a y 56b son árboles que pueden ser sombra de horizonte o sombra local dependiendo de la ubicación de los objetos de sombra 56a y 56b con relación al tejado 8 de la estructura 10 y al sol 11.

Los objetos de sombra 56a y 56b están representados en la nube de puntos en 3D 55 con una pluralidad de puntos 60. Con fines de claridad, sólo los puntos 60a-60f se han marcado en la figura 2. La posición tridimensional de cada uno de los puntos 60 se almacena en la nube de puntos en 3D 55, que puede estar almacenada en la base de datos de objetos tridimensionales 36d. La resolución de la nube de puntos en 3D 55 obtenida a partir de las imágenes aéreas varía con la Distancia de muestreo terrestre (GSD) de las imágenes. En una realización, las resoluciones a modo de ejemplo para la nube de puntos en 3D 55 pueden estar entre 1,5 cm y 3 cm. En algunas realizaciones, son diferentes el tamaño y la forma de los objetos de sombra 56a y 56b, como se representan en la nube de puntos en 3D 55 (y en la base de datos de objetos tridimensionales 36d).

En una realización, la posición tridimensional de los puntos 60 del objeto de sombra 56 se puede usar para crear un modelo de objeto en 3D 57 de georreferencia del objeto de sombra 56. La nube de puntos en 3D 55 y los modelos de objeto 57 muestran la forma, el tamaño y la ubicación en el mundo real de los objetos 56 y el área que rodea la estructura 10. El modelo de objeto en 3D 57 del objeto de sombra 56 puede almacenarse en la base de datos de objetos tridimensionales 36d y/o en otras bases de datos. Puesto que son conocidas la ubicación tridimensional del modelo de objeto 57 y cada una de las secciones de tejado 52, la distancia entre el modelo de objeto 57 y las secciones de tejado 52 se puede calcular y usar para reducir la irradiancia indirecta cuando se bloquea el haz directo de rayos (es decir, en sombra), para producir un cálculo preciso de la irradiancia solar real.

Como se muestra en las figuras 2 y 3, las secciones de tejado 52a-52j del modelo en 3D 50 se subdividen en una pluralidad de áreas 62, con cada área 62 limitada por al menos tres vértices 64. Con fines de claridad, sólo cuatro de las áreas 62 se muestran y se designan como áreas 62a-62d. De nuevo, sólo con fines de claridad, los vértices 64a-64j que rodean y definen las áreas 62a-62d se muestran en la figura 2. Las áreas 62 pueden incluir un área cuadrada máxima predefinida (medida en pies o metros, por ejemplo). En una realización, cada una de las áreas 62 es un pie

cuadrado. En la figura 3, se muestran la totalidad de las áreas 62 y los vértices 64, pero no están marcados específicamente debido al gran número de áreas 62 y vértices 64. Aunque las áreas 62 se muestran con tres vértices 64 configurando una forma triangular, se entenderá que las áreas 62 pueden tener más vértices 64 y pueden configurar otras formas poligonales.

5 La posición tridimensional sobre la Tierra de los vértices 64 puede almacenarse con el modelo en 3D 50 o puede almacenarse independientemente y correlacionada con el modelo en 3D 50. La posición tridimensional de cada uno de los nodos 53, los puntos 60 y los vértices 64 se puede identificar en cualquier formato adecuado, tal como las coordenadas cartesianas (X, Y Z), o latitud, longitud y altitud. La altitud se puede proporcionar en cualquier formato adecuado, tal como con relación al terreno o al nivel del mar.

10 Se describen en lo sucesivo ejemplos de la lógica de programa 38. En una realización, la lógica de programa 38 realiza los siguientes cálculos en subperíodos dentro de un período seleccionado. Por ejemplo, el período seleccionado puede ser un día, una semana, un mes o un año. Los subperíodos son menores que el período seleccionado y pueden ser en segundos, minutos, horas, días, semanas o meses, por ejemplo. En el caso descrito en este documento a modo de ejemplo, los subperíodos son una hora, y el período seleccionado es un año. Se debe entender que se pueden
15 usar otros subperíodos y períodos seleccionados.

Para cada sección de tejado 52, la lógica de programa 38 calcula un valor denominado en este documento "irradiancia
bruta". La irradiancia bruta puede ser el haz nominal y la irradiancia difusa que inciden en el plano de la matriz
(irradiancia POA) basándose en el ángulo del sol, la orientación de la superficie y la información meteorológica. La
parte de la lógica de programa 38 para calcular la irradiancia bruta se denomina en este documento una calculadora
20 de irradiancias.

La irradiancia bruta para cada sección de tejado 52 se puede calcular obteniendo un vector normal a la sección de
tejado 52 (suponiendo que la sección de tejado 52 es coplanar). Se puede calcular la posición del sol para el tiempo
y la ubicación dados de la sección de tejado 52. Se pueden calcular los ángulos de acimut (orientación γ_s) y de
elevación (inclinación β_s) normales al tejado de la sección de tejado 52, como se muestra en la figura 6. Entonces, se
25 pueden obtener datos de estaciones meteorológicas para la hora y la ubicación dadas, tales como a partir de la base
de datos meteorológica 36b, y se pueden obtener datos indicativos de la Irradiancia horizontal global (GHI), la
Irradiancia normal directa (DNI) y el Albedo (relación de la irradiancia solar reflejada respecto a la irradiancia horizontal
global), tales como a partir de la base de datos de radiación solar 36c.

La calculadora de irradiancias usa datos meteorológicos que describen las observaciones de la radiación solar y del
clima. La calculadora de irradiancias puede usar también información de ubicaciones y marcas horarias para calcular
de modo horario, por ejemplo, los ángulos de posición del sol, y datos de irradiancia para calcular los valores de
irradiancia del plano horario (que se pueden denominar "Irradiancia bruta HBEAM e Indirecta"). Las técnicas para
calcular la irradiancia bruta HBEAM e Indirecta se describen, por ejemplo, en el artículo "Modeling Daylight Availability
and Irradiance Components From Direct and Global Irradiance", publicado en Solar Energy, vol. 44, n.º 5, págs. 271-
35 289, 1990.

Una vez que se calcula la Irradiancia bruta HBEAM e Indirecta, la irradiancia y el impacto de sombra, que se pueden
denominar juntos en este documento irradiancia perfeccionada, para uno o más de los vértices 64 de las áreas 62
para la sección de tejado 52, se pueden calcular como sigue.

En una realización, para cada vértice 64 de las áreas 62 (tales como las áreas triangulares) en la sección de tejado
52 y para cada intervalo de tiempo deseado (por ejemplo, el parámetro del intervalo de tiempo se puede establecer
por defecto en quince minutos), la posición del sol se puede calcular basándose en la ubicación (tal como la latitud y
la longitud) del vértice 64 (p. ej., calculado previamente) y usando información desde la base de datos de radiación
solar 36c. En una realización, la posición del sol se puede calcular usando el algoritmo de National Oceanic and
Atmospheric Administration Solar Position Calculator. En este ejemplo, el sol 11 se modela como un punto, en vez de
45 un disco, para realizar más rápido los cálculos. Entonces, se obtiene la irradiancia bruta para la hora y la sección de
tejado 52 (HBeam e Indirecta de una sección de tejado).

Se calcula un rayo entre el vértice 64 seleccionado y la posición del sol. El rayo se compara entonces con la nube de
puntos en 3D 55 y/o con el modelo o modelos de objeto en 3D 57 de los objetos 56 para determinar si el rayo pasa a
través de alguna obstrucción identificada en la nube de puntos en 3D 55 y/o con el modelo o modelos de objeto en 3D
50 57 de los objetos 56. Se debe señalar que se pueden analizar grupos de puntos 60, dentro de la nube de puntos en
3D 55, para ubicar las obstrucciones. Por ejemplo, las técnicas para identificar estructuras artificiales y naturales se
describen específicamente en la patente de EE. UU. n.º 10.402.676.

En una implementación, se puede implementar un modelo matemático para modelar la interacción del rayo con los
datos de nubes de puntos de objeto para determinar un efecto en la Irradiancia bruta mediante dicho uno o más objetos
que proyectan sombra sobre la estructura.
55

En una implementación, si se ubica una obstrucción, entonces, esto afecta al cálculo de la irradiancia HBEAM. Si no
se ubica una obstrucción, entonces, se determina que no hay una sombra. En este caso, el algoritmo se añade a un
valor asociado con el vértice 64 de la irradiancia HBEAM bruta en el tejado dividida por el fragmento de tiempo (si el

intervalo de tiempo es quince minutos, entonces, el algoritmo divide por cuatro la irradiancia HBEAM bruta en el tejado). Entonces, el algoritmo se añade al valor asociado con el vértice 64 de irradiancia indirecta real para el punto con la irradiancia indirecta bruta dividida por el fragmento de tiempo (si el intervalo de tiempo es quince minutos, entonces, el algoritmo divide por cuatro la irradiancia indirecta bruta en el tejado). Opcionalmente, la distancia del vértice 64 a la obstrucción se puede usar para reducir la irradiancia indirecta bruta. Esto se puede conseguir usando la distancia del vértice 64 a la obstrucción para determinar si el vértice 64 está dentro de una umbra, una penumbra o una antumbra de la obstrucción. El efecto de la sombra es máximo en la umbra, menor en la penumbra y mínimo en la antumbra. Así, la irradiancia indirecta bruta se reduce lo máximo cuando el efecto de la sombra está en la umbra, menos en la penumbra y lo mínimo en la antumbra.

Si el algoritmo se configura de modo que la sombra afecta tanto a la irradiancia indirecta como a HBEAM (Irradiancia de haces horarios): si el vértice 64 no está bajo la sombra (no se encontraron obstrucciones), entonces, el algoritmo se añade al HBEAM puntual real de la irradiancia HBEAM bruta en el tejado dividida por el fragmento de tiempo (si el intervalo de tiempo es quince minutos, entonces, divide por cuatro la irradiancia HBEAM bruta en el tejado); se añade a la irradiancia indirecta real para el punto con la irradiancia indirecta bruta dividida por el fragmento de tiempo (si el intervalo de tiempo es quince minutos, entonces, divide por cuatro la irradiancia indirecta bruta en el tejado).

El algoritmo acumula valores del impacto de sombra para el vértice 64 si se encuentra una obstrucción, y almacena la irradiancia indirecta puntual y (HBEAM) puntual real para el vértice 64, y calcula el Porcentaje del impacto de sombra del acceso solar como: $(\text{HBEAM real} + \text{Indirecta puntual}) / \text{Derecho regional}$ (irradiancia máxima calculada previamente sin reducir el efecto de orientación o el impacto de sombra). El Porcentaje del impacto de sombra es el porcentaje de tiempo durante el período de tiempo en el que este vértice 64 está bajo la sombra. El Porcentaje del impacto de sombra es conocido también como "TSFR".

Después de que los cálculos para cada vértice 64 se han calculado, almacenado y acumulado para todos los subperíodos por todo el período seleccionado, para cada área 62, el algoritmo interpola los valores acumulados para los vértices 64 para calcular un valor del acceso solar para cada área 62. Entonces, el algoritmo exporta los resultados en todos los informes y formatos deseados.

La irradiancia solar es una medida de la potencia instantánea desde el sol 11 en una superficie sobre un área, dada típicamente en las unidades SI de vatios por metro cuadrado (W/m^2). En los datos meteorológicos procedentes de la National Solar Radiation Database (NSRDB 2014), cada valor de irradiancia es la radiación solar total en los sesenta minutos que finalizan en una etapa de tiempo dado. Estos valores representan la potencia solar promedio durante una hora dada en vatios horas por hora por metro cuadrado ($\text{Wh/h} \cdot \text{m}^2$). Por lo tanto, el cálculo de áreas para los triángulos en los que se subdivide el tejado se puede expresar también en metros cuadrados.

En el ejemplo de la base de datos meteorológica 36b y/o la base de datos de radiación solar 36c descrito en este documento, los datos meteorológicos se almacenan como valores horarios para las tres componentes de la irradiancia solar: la irradiancia solar total en una superficie paralela al terreno (horizontal), denominada irradiancia horizontal global; la parte de la irradiancia solar que alcanza una superficie normal al sol 11 en una línea directa desde el disco solar (suponiendo típicamente un dispositivo de medición con un campo de cinco grados de visión), denominada irradiancia normal de haces o normal directa; y la irradiancia solar en una superficie horizontal desde la atmósfera (el cielo) que excluye el disco solar, o irradiancia horizontal difusa.

Insolación es una medida de la energía desde el sol 11 durante un tiempo dado en una superficie, dada en vatios horas por metro cuadrado (Wh/m^2). El Derecho regional se puede calcular como la insolación anual que incide en la superficie normal al sol. El Derecho regional es la cantidad máxima de insolación que se puede capturar en la latitud y la longitud de la estructura 10. Para calcular este valor, la lógica de programa 38 usa la misma calculadora de irradiancias que se ha descrito anteriormente, pero en vez de usar la orientación real del tejado, la lógica de programa 38 usa un plano orientado teóricamente perfecto del tejado. Esto se puede hacer comenzando con la superficie normal al sol 11 y, entonces, la superficie puede inclinarse hacia arriba y hacia abajo para asegurar que se capta la irradiancia máxima (teniendo en cuenta los valores directos e indirectos).

La lógica de programa 38 incluye un algoritmo de posiciones del sol. El algoritmo de posiciones del sol se puede implementar con técnicas para calcular la posición del sol, como se divulga en un método descrito en Michalsky, J. J. "The Astronomical Almanac's Algorithm for Approximate Solar Position (1950-2050)", Solar Energy, vol. 40, n.º 3, 1988; págs. 227-235, EE. UU. En general, se puede calcular la posición del sol calculando un tiempo eficaz, en horas, para la etapa de tiempo actual; calculando un ángulo del sol para la hora actual; determinando el momento del amanecer y el atardecer del día actual; determinando la bandera de la salida del sol para la hora actual (la bandera de la salida del sol es un indicador de si el sol 11 está sobre el horizonte); y calculando una radiación extraterrestre para la hora actual. Las técnicas descritas por Michalsky devuelven los ángulos en grados y, también, como radianes para los cálculos internos. Al mismo tiempo, tales técnicas proporcionan el seno y el coseno calculados del acimut y el seno, el coseno de los ángulos cenitales.

La primera etapa en el algoritmo de posiciones del sol es determinar el tiempo eficaz de la etapa de tiempo actual. El código recibe una coordenada geográfica (p. ej., lat, long) para la ubicación, junto con el tiempo que incluye la información del día local y la zona horaria.

El día juliano de año "jdoy" es el número de días desde el mediodía del 1 de enero del año actual.

Para considerar los años bisiestos:

$$k = \begin{cases} 1 & \text{si año mod } 4 = 0 \\ 0 & \text{si año mod } 4 \neq 0 \end{cases} \quad (1)$$

- 5 Se señala que esto considera los años bisiestos para calcular correctamente el tiempo eficaz, pero es independiente de la simulación de energía, que puede que no considere los años bisiestos.

El número de días desde el 1 de enero se puede calcular a partir del número de días en cada uno de los meses (enero = 31, febrero = 28, marzo = 31, etc.) antes del mes actual, y el número de días desde el primero del mes actual.

El día juliano de año es entonces:

$$jdoy = \begin{cases} \text{día} + a & \text{para enero y febrero} \\ \text{día} + a + k & \text{para marzo a diciembre} \end{cases} \quad (2)$$

- 10 El tiempo decimal actual del día, expresado como un desplazamiento respecto a UTC, depende de la hora, el minuto de la marca horaria actual y la zona horaria.

$$t_{utc} = hr + \frac{min}{60} - tz \quad (3)$$

Para algunas combinaciones de marca horaria y zona horaria, la Ecuación 3 puede dar como resultado un valor menor que cero o mayor que veinticuatro horas, en cuyo caso se aplica la siguiente corrección:

$$15 \quad t_{utc} = t_{utc} + 24, \quad jdoy = jdoy - 1 \quad \text{si } t_{utc} < 0 \quad (4)$$

$$t_{utc} = t_{utc} - 24, \quad jdoy = jdoy + 1 \quad \text{si } t_{utc} > 24$$

- 20 La fecha juliana "julian" de la hora actual es el día juliano del mediodía precedente más el número de horas desde entonces. El día juliano se define como el número de días desde el mediodía del 1 de enero del 2000 (día juliano (GMT), truncamiento por Michalsky):

$$julian = 32.916,5 + 365(\text{año} - 1949) + \frac{\text{año} - 1949}{4} + jdoy + \frac{t_{utc}}{24} - 51.545 \quad (5)$$

- 25 La parte de la lógica de programa 38 para calcular la información del ángulo del sol se denomina en este documento el Módulo calculador SunSite. Los ángulos del sol (figura 5) son el ángulo de altitud α , el ángulo de declinación δ y el ángulo cenital Z . El ángulo acimutal γ del sol se puede calcular también para su uso en los cálculos de irradiancia incidente. El ángulo de declinación solar no se usa en los cálculos de irradiancia incidente, pero se requiere para calcular el ángulo acimutal del sol. Las ecuaciones de los ángulos del sol se describen adicionalmente en el artículo de Michalsky "The Astronomical Almanac's Algorithm for Approximate Solar Position (1950-2050)", Solar Energy, vol. 40, n.º 3, 1988; págs. 227-235, EE. UU.

- 30 La primera etapa en el cálculo de los ángulos del sol para una etapa de tiempo dado es determinar las coordenadas eclípticas de la ubicación, que define la posición sobre la tierra con relación al sol 11. Las variables de las coordenadas eclípticas son la longitud media, la anomalía media, la longitud eclíptica y la oblicuidad de la eclíptica. El algoritmo usa coordenadas eclípticas, en vez de coordenadas ecuatoriales, para incluir el efecto de la inclinación de la tierra en los cálculos de los ángulos del sol.

- 35 En caso de que se indiquen límites para las ecuaciones que siguen, si el valor de la variable cae fuera de los límites, se ajusta el valor. Por ejemplo, para un valor x con los límites $0 \leq x < 360^\circ$, el Módulo calculador SunSite divide x por 360° y realiza una verificación para ver si el resto es menor que cero, y si lo es, añade 360° al resto:

$$a = x - 360^\circ \text{ trunc} \left(\frac{x}{360^\circ} \right) \quad (6)$$

$$x = \begin{cases} a & \text{si } a \geq 0 \\ a+360^\circ & \text{si } a < 0 \end{cases}$$

La longitud media se puede especificar en grados ($0 \leq mnlng < 360^\circ$). Se señala que la longitud media puede ser el único valor no convertido en radianes:

$$mnlng = 268,46 + 0,9856474 \text{ julian} \quad (7)$$

5 La anomalía media en radianes ($0 \leq mnanom < 2\pi$):

$$mnanom = \frac{\pi}{180} (357,528 + 0,9856003 \text{ julian}) \quad (8)$$

La longitud eclíptica en radianes ($0 \leq eclong < 2\pi$):

$$eclong = \frac{\pi}{180} [mnlng + 1,915 \text{ sen } mnanom + 0,02 \text{ sen}(2mnanom)] \quad (9)$$

La oblicuidad de la eclíptica en radianes:

$$10 \quad obleq = \frac{\pi}{180} (23,439 - 0,0000004 \text{ julian}) \quad (10)$$

La siguiente etapa es calcular las coordenadas celestiales, que son la ascensión y la declinación rectas. La ascensión recta en radianes:

$$ra = \begin{cases} \tan^{-1} \frac{\cos obleq \sin eclong}{\cos eclong} + \pi & \text{si } \cos eclong < 0 \\ \tan^{-1} \frac{\cos obleq \sin eclong}{\cos eclong} + 2\pi & \text{si } \cos obleq \sin eclong < 0 \end{cases} \quad (11)$$

El ángulo de declinación solar en radianes:

$$15 \quad \delta = \text{sen}^{-1}(\text{sen } obleq \text{ sen } eclong) \quad (12)$$

Las siguientes son las coordenadas locales, que requieren calcular el ángulo horario.

El tiempo sidereal medio de Greenwich en horas ($0 \leq gmst < 24$), con los límites aplicados como se muestra en la Ecuación (6), depende del tiempo actual en Greenwich t_{utc} de la Ecuación (3) y el día juliano de la Ecuación (5):

$$gmst = 6,697375 + 0,065709242 \text{ julian} + t_{utc} \quad (13)$$

20 El tiempo sidereal medio local en horas ($0 \leq lmst < 24$):

$$lmst = gmst + \frac{lon}{15} \quad (14)$$

El ángulo horario en radianes ($-\pi < HA < \pi$):

$$b = 15 \frac{\pi}{180} lmst - ra$$

$$HA = \begin{cases} b+2\pi & \text{si } b < -\pi \\ b-2\pi & \text{si } b > \pi \end{cases}$$

25 El ángulo de la altitud del sol en radianes, no corregido para la refracción:

$$a = \text{sen } \delta \text{ sen } \frac{\pi}{180} lat + \cos \delta \cos \frac{\pi}{180} lat \cos HA \quad (15)$$

$$r = \begin{cases} \sin^{-1} a & \text{si } -1 \leq a \leq 1 \\ \frac{\pi}{2} & \text{si } a > 1 \\ -\frac{\pi}{2} & \text{si } a < -1 \end{cases}$$

El ángulo de la altitud α del sol, corregido para la refracción, se puede calcular como se expone en la Ecuación 16:

$$\alpha_{0d} = \frac{180}{\pi} \alpha_0 \quad (16)$$

$$r = \begin{cases} \alpha_{0d} + 3,51561 \left(\frac{0,1594 + 0,0196\alpha_{0d} + 0,00002\alpha_{0d}^2}{1 + 0,505\alpha_{0d} + 0,0845\alpha_{0d}^2} \right) & \text{si } \alpha_{0d} > -0,56 \\ 0,56 & \text{si } \alpha_{0d} \leq -0,56 \end{cases}$$

$$5 \quad \alpha = \begin{cases} \frac{\pi}{2} & \text{si } \alpha_{0d} + r > 90 \\ \frac{\pi}{180}(\alpha_{0d} + r) & \text{si } \alpha_{0d} + r \leq 90 \end{cases}$$

El ángulo acimutal y del sol en radianes se obtiene a partir de Iqbal, M. (1983) (An Introduction to Solar Radiation. New York, NY: Academic Press.) en lugar de Michalsky 1988, al que se ha hecho referencia anteriormente, porque este último es sólo para ubicaciones del hemisferio norte:

$$a = \frac{\sin \alpha_0 \sin \left(\frac{\pi}{180} lat \right) - \sin \delta}{\cos \alpha_0 \cos \left(\frac{\pi}{180} lat \right)}$$

$$10 \quad b = \begin{cases} \cos^{-1} a & \text{si } -1 \leq a \leq 1 \\ \pi & \text{si } \cos \alpha_0 = 0 \text{ o si } a < -1 \\ 0 & \text{si } a > 1 \end{cases} \quad (17)$$

$$\gamma = \begin{cases} b & \text{si } HA < -\pi \\ \pi - b & \text{si } -\pi \leq HA \leq 0 \text{ o si } HA \geq \pi \\ \pi + b & \text{si } 0 < HA < \pi \end{cases}$$

El ángulo cenital Z del sol en radianes:

$$Z = \frac{\pi}{2} - \alpha \quad (18)$$

15 Para la hora del amanecer, el ángulo de la posición solar es para el minuto en el punto medio entre el minuto del amanecer y el final de la hora. Para la hora del atardecer, el ángulo es para el punto medio entre el principio de la hora y el atardecer.

Para determinar si la marca horaria actual es para una hora que contiene un amanecer, o es una hora de la noche o el día, el ángulo horario del amanecer en radianes es:

$$a = -\tan lat \tan \delta$$

$$20 \quad (19)$$

$$HAR = \begin{cases} 0 & \text{si } a \geq 1 & \text{el sol está abajo} \\ \pi & \text{si } a \leq -1 & \text{el sol está arriba} \\ \cos^{-1} a & \text{si } -1 < a < 1 & \text{hora del amanecer} \end{cases}$$

La ecuación del tiempo en horas:

$$a = \frac{1}{15} m n l o n g - \frac{\pi}{180} r a \quad (20)$$

$$5 \quad EOT = \begin{cases} a & \text{si } 0,33 \leq a \leq 0,33 \\ a + 24 & \text{si } a < -0,33 \\ a - 24 & \text{si } a > 0,33 \end{cases}$$

El tiempo del amanecer en tiempo decimal estándar local:

$$t_{amanecer} = 12 - \frac{1}{15} \frac{180}{\pi} HAR - \frac{\lambda}{15} - tz - EOT \quad (21)$$

Y, el atardecer en tiempo estándar local:

$$t_{atardecer} = 12 + \frac{1}{15} \frac{180}{\pi} HAR - \frac{\lambda}{15} - tz - EOT$$

10 La posición del sol 11 para un período horario que incluye el amanecer:

$$\min_{amanecer} = 60 \left(\frac{(hr + 1 + t_{amanecer})}{2} + (t_{amanecer} - hr) \right) \quad (22)$$

La posición del sol 11 para un período horario que incluye el atardecer:

$$\min_{atardecer} = 60 \frac{(t_{atardecer} - hr)}{2} \quad (23)$$

15 En una realización, el Módulo calculador SunSite considera que cada sección de tejado 52 es una superficie plana con un ángulo de inclinación β_s y un ángulo acimutal γ_s (respeto al norte) que definen la orientación de la superficie, como se muestra en el ejemplo ilustrado en la figura 6. Estos ángulos de la superficie se pueden basar en la información desde el modelo en 3D de la estructura 10 y/o generar a partir de dicha información.

Las ecuaciones de los ángulos de la superficie se pueden basar en relaciones geométricas estándares definidas por la orientación de la superficie y los ángulos del sol.

20 Para el cálculo inicial de la irradiancia bruta, el ángulo de la superficie con relación al sol 11 usa la mitad de la posición horaria del sol (excepto por las horas que contienen el amanecer y el atardecer).

25 El ángulo de incidencia (AOI) es el ángulo de incidencia del sol, definido como el ángulo entre la irradiancia de haces y una línea normal a la superficie de la submatriz (véase la figura 6). El ángulo de incidencia es una función del ángulo acimutal γ del sol, el ángulo cenital Z del sol, el ángulo acimutal γ_s de la superficie y el ángulo de inclinación β_s de la superficie:

$$a = \sin Z \cos(\gamma - \gamma_s) \sin \beta_s + \cos Z \cos \beta_s \quad (24)$$

$$AOI = \begin{cases} \pi & \text{si } a < -1 \\ 0 & \text{si } a > 1 \\ \cos^{-1} a & \text{si } -1 \leq a \leq 1 \end{cases}$$

30 La irradiancia incidente, denominada también irradiancia del plano de matriz o irradiancia POA, es la irradiancia solar que incide en el plano de una sección del tejado en una etapa de tiempo dado. El Módulo calculador SunSite puede calcular la irradiancia incidente para la hora del amanecer, la hora de la salida del sol y la hora del atardecer. Un algoritmo de ángulos incidentes puede calcular el haz horario y la irradiancia difusa que inciden en la superficie de una

sección del tejado para una posición del sol, una latitud y una orientación de la superficie dadas. Para cada etapa de tiempo en la simulación, las etapas del algoritmo de irradiancias incidentes son:

1. Calcular la irradiancia de haces en una superficie horizontal.
 2. Realizar una verificación para ver si la irradiancia de haces en una superficie horizontal excede la radiación extraterrestre.
 3. Calcular el ángulo de incidencia.
 4. Calcular la irradiancia de haces de incidencia.
 5. Calcular la irradiancia horizontal difusa del cielo usando Perez.
 6. Calcular la irradiancia reflejada en el terreno.
- La irradiancia de haces incidentes es la energía solar que alcanza la superficie en línea recta desde el sol:

$$I_b = E_b \cos AOI \quad (25)$$

La irradiancia de haces en una superficie horizontal:

$$I_{bh} = E_b \cos Z \quad (26)$$

- La calculadora compara I_{bh} y la radiación extraterrestre H , si $I_{bh} > H$, el cálculo no es válido y se establece un valor de 9.999 para el resto del cálculo de la irradiancia bruta, para indicar que ha ocurrido un error.

La irradiancia difusa I_d incidente del cielo es la energía solar que ha sido dispersada por moléculas y partículas en la atmósfera terrestre antes de alcanzar la superficie del tejado.

- El modelo de irradiancia difusa del cielo de Perez se adaptó a partir de NREL SAM, que se adaptó a partir de PVWatts Version 1 (Dobos 2013a) Dobos, A. (2013). "PVWatts Version 1 Technical Reference." TP-6A20-60272. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. Al que se accedió el 20 de febrero de 2014 y se describe en Perez, R.; Stewart, R.; Seals, R.; Guertin, T. (1988) "The Development and Verification of the Perez Diffuse Radiation Model." SAN88-7030. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories. ("Perez 1988") y en "Modeling Daylight Availability and Irradiance Components from Direct and Global Irradiance." (Perez, R.; Ineichen, P.; Seals, R.; Michalsky, J.; Stewart, R. (1990), Solar Energy (44:5); págs. 271-289) ("Perez 1990"); incorporándose el contenido de ambos en su totalidad en este documento.

La implementación de la presente invención incluye una modificación del modelo de Perez, que trata la radiación difusa como isotrópica para $87,5^\circ \leq Z \leq 90^\circ$. Para una descripción general del modelo, véase además, "Perez Sky Diffuse Model 2014" (Etapas de modelado. Rendimiento PV en modelado colaborativo. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories), cuyo contenido se incorpora en su totalidad en este documento.

El modelo de Perez usa coeficientes empíricos en la siguiente tabla obtenida de medidas en un intervalo de condiciones y ubicaciones del cielo, en vez de representaciones matemáticas de los componentes difusos del cielo.

	f11	f12	f13	f21	f22	f23
ε ≤ 1.065	-0.008311 7	0.5877285	-0.062063 6	-0.059601 2	0.0721249	-0.022021 6
ε ≤ 1.23	0.1299457	0.6825954	-0.151375 2	0.0189325	0.065965	-0.028874 8
$\varepsilon \leq 1.5$	0.3296958	0.4868735	-0.221095 8	0.055414	-0.063958 8	-0.026054 2
ε ≤ 1.95	0.5682053	0.1874525	-0.295129	0.1088631	-0.151922 9	-0.013975 4
$\varepsilon \leq 2.8$	0.873028	-0.392040 3	-0.361614 9	0.2255647	-0.462044 2	0.0012448
$\varepsilon \leq 4.5$	1.1326077	-1.236728 4	-0.411849 4	0.2877813	-0.823035 7	0.0558651
$\varepsilon \leq 6.2$	1.0601591	-1.599913 7	-0.358922 1	0.2642124	-1.127234	0.1310694
$\varepsilon > 6.2$	0.677747	-0.327258 8	-0.250428 6	0.1561313	-1.376503 1	0.2506212

Los parámetros a y b describen la vista del cielo desde la perspectiva de la superficie:

$$a = \max(0, \cos AOI) \quad (27)$$

$$b = \max(\cos 85^\circ, \cos AOI)$$

5

La claridad del cielo ε con $\kappa = 1,041$ (Perez 1990) y el ángulo cenital Z del sol en radianes:

$$\varepsilon = \frac{(E_d + E_b)/E_d + \kappa Z^3}{1 + \kappa Z^3} \quad (28)$$

Donde E_d es la irradiancia difusa horizontal y E_b la irradiancia normal difusa ($E_b = \max(\min(\min(GHI, 1.353), DNI \cos Z), 0)$).

10 La claridad del cielo señalada como Δ dada por:

$$d = 0,40928 \sin(0,017203(284,0 + JOY))$$

$$H_{x1} = \cos \lambda \cos d (\sin W_2 - \sin W_1) + \sin \lambda \sin d (W_2 - W_1) \quad (29)$$

$$(R_{av}/R)^2 = (1 + 0,033 \cos(\frac{2\pi JOY}{365,2422})) \frac{H_{x1}}{(W_2 -)}$$

$$\frac{AM}{E_a} = \frac{1}{E_{sc} (R_{av} / R)^2}$$

$$\Delta = E_d \frac{AM}{E_a}$$

Donde λ es la latitud, θ es la longitud y los factores W_1 y W_2 son ángulos que se basan en el tiempo extraterrestre del cálculo de la hora previa (LST_{ph}) y actual (LST_{ch}), y se dan por:

$$5 \quad W_s = \cos^{-1} (\max(-1, \min(1, -\tan(Sol_{decl}) \tan \lambda)))$$

$$W_1 = \max(((LST_{ph} - suelo(\frac{LST_{ph}}{24}) * 24) - 12) * 15 + (\theta - 15 * Tz), -W_s) \quad (30)$$

$$W_1 = \max(((LST_{ch} - suelo(\frac{LST_{ch}}{24}) * 24) - 12) * 15 + (\theta - 15 * Tz), -W_s)$$

Los coeficientes F_1 y F_2 son funciones empíricas de la claridad ε del cielo y describen el brillo circunsolar y del horizonte, respectivamente. El ángulo cenital Z del sol está en radianes:

$$F_1 = \max[0, (f_{11}(\varepsilon) + \Delta f_{12}(\varepsilon) + Z f_{13}(\varepsilon))] \quad (31)$$

$$F_2 = f_{21}(\varepsilon) + \Delta f_{22}(\varepsilon) + Z f_{23}(\varepsilon)$$

10

El Módulo calculador SunSite puede usar una tabla de consulta con valores empíricos, mostrados en la tabla anterior, para determinar el valor de los coeficientes f en la Ecuación (31).

Finalmente, la componente de la irradiancia difusa está definida por la ecuación:

$$D_i = \begin{cases} E_d(0,5(1-F_1)(1+\cos \beta_s) + F_1 \frac{a}{b} + F_2 \cdot \sin \beta_s) & \text{si } (DNI \cos Z) > 0 \\ 0,5 E_d(1+\cos \beta_s) & \text{si } (DNI \cos Z) \leq 0 \end{cases} \quad (32)$$

- 15 La irradiancia incidente reflejada en el terreno es la energía solar que alcanza la superficie de la matriz después de reflejarse desde el terreno. El terreno refleja la luz difusamente, así, la irradiancia reflejada en el terreno es irradiancia difusa. Como se expone en la Ecuación 33, es una función de la irradiancia normal de haces y el ángulo cenital del sol, la irradiancia difusa del sol y la reflectancia del terreno (albedo). Véase Liu, B.; Jordan, R. (1963). "A Rational Procedure for Predicting The Long-term Average Performance of Flat-plate Solar-energy Collectors." Solar Energy (7:2); págs. 53-74.
- 20

$$I_r = \rho(E_b \cos Z + E_d) \frac{(1 - \cos \beta)}{2} \quad (33)$$

El albedo (ρ) se puede obtener a partir de los datos de estaciones meteorológicas, como se ha descrito previamente.

Los valores de irradiancia bruta calculados para el plano de una sección del tejado se mantienen salidas independientes como irradiancia indirecta ($I_i = D_i + I_r$) e irradiancia de haces (I_b) (véase la Ecuación (25)).

- 25 Estos valores brutos se almacenan entonces en memoria caché para cada sección de tejado 52 y se usan en el cálculo del porcentaje del Acceso solar en cada punto de interés.

- La irradiancia puntual eficaz es la irradiancia incidente indirecta más el haz directo de la sección de tejado con menos pérdidas debido a la sombra del objeto. Este cálculo se conoce en la industria solar como TSRF (Fracción de recursos solares totales). Esta es la cantidad de luz del sol que recibirá un área medida durante el año. El Derecho regional se usa como el máximo valor posible. El Acceso solar se calcula entonces como el porcentaje de irradiancia puntual utilizable frente al Derecho regional.
- 30

El Derecho regional se calcula como los valores de irradiancia ideales para un plano perfecto orientado al sol sin ninguna obstrucción. El Módulo calculador SunSite puede simular cambios de inclinación que comienzan en el cénit del sol hacia arriba y hacia abajo para encontrar la máxima irradiancia posible (considerando la irradiancia difusa y de reflexión del terreno), a la hora dada, basándose en los datos meteorológicos.

Para calcular la irradiancia puntual eficaz, el Módulo calculador SunSite puede usar la Calculadora solar para encontrar la posición del sol cada fragmento configurado de tiempo (por ejemplo, quince minutos por defecto) y realizar un trazado de rayos para encontrar en el resto del modelo en 3D o una obstrucción en la nube de puntos en 3D 55, si hay alguna otra superficie que bloquea el rayo directo desde el sol 11 al punto seleccionado sobre la sección de tejado. Véase por ejemplo la figura 7, que ilustra un ejemplo de trazado de sombras. Se representan diversas cantidades de irradiancia usando unos signos 59 específicos en la figura 7. Por ejemplo, el diagrama puede usar sombras o colores como signos, tales como los colores azul 59a, rojo 59b y amarillo 59c, para indicar diversas cantidades de irradiancia. En una implementación, las áreas representadas en un primer color, tal como azul, son donde no es posible tener irradiancia directa del sol (debido al ángulo del tejado), las áreas representadas en un segundo color, tal como amarillo, son donde hay irradiancia directa del sol y las áreas representadas en un tercer color, tal como rojo, son donde debería haber irradiancia del sol, pero tales áreas están bajo la sombra por un elemento de obstrucción.

$$s = \begin{cases} 0 & \text{si no se encuentra ninguna obstrucción en el rayo del sol al POI} \\ 1 & \text{si se encuentra alguna obstrucción en el rayo del sol al POI} \end{cases} \quad (34)$$

La FP_i (irradiancia puntual final) se calcula entonces como:

$$FP_i = \begin{cases} \sum_{s=0} b + D_i + I_r & \text{si la sombra afecta a toda la irradiancia} \\ \sum_{s=0} b + \sum_{s=0}^{o1} D_i + I_r & \text{si la sombra afecta sólo a la irradiancia de haces} \end{cases} \quad (35)$$

Se describirá a continuación un uso a modo de ejemplo de una realización del aparato 6 y el método. Un usuario puede pedir un análisis solar de una estructura 10 particular a fin de que el usuario determine la cantidad de acceso solar de una o más partes de la estructura 10. El usuario puede introducir información de ubicaciones indicativa de la ubicación de la estructura 10. La información de ubicaciones puede tener la forma de una dirección postal, unas coordenadas GPS o cualquier otra forma indicativa de la ubicación de la estructura 10 sobre la Tierra.

En una realización, en la primera etapa del método, el aparato 6 puede recibir la información de ubicaciones y, entonces, puede generar, recuperar o recibir un modelo en 3D de la estructura 10, basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, tal como a partir de la base de datos de modelos en 3D 36a. El modelo en 3D de la estructura 10 se puede georreferenciar de manera que la ubicación geográfica sobre la tierra de puntos en el modelo en 3D se almacena o se asocia con los puntos en dicho modelo en 3D.

En una segunda etapa, el método puede generar, recuperar o recibir la nube de puntos en 3D 55 indicativa del área y/o los objetos 56 próximos a la estructura 10, basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, tal como a partir de la base de datos de objetos tridimensionales 36d. La nube de puntos en 3D 55 es indicativa de un tamaño, una forma y una ubicación reales del área y/o los objetos 56. La nube de puntos en 3D 55 se puede generar a partir de una o más imágenes de georreferencia, tales como a partir del sistema de captación de imágenes 12.

En una realización, el método puede generar uno o más del modelo de objeto 57 del área y/o los objetos 56 próximos a la estructura 10. El modelo de objeto 57 puede representar con más precisión el tamaño, la forma y la ubicación del objeto 56 en comparación con los modelos generados usando datos LIDAR y en comparación con los modelos almacenados añadidos manualmente.

El método puede determinar y/o dividir el tejado (u otras partes) de la estructura 10 en el modelo en 3D de dicha estructura 10 en una o más de las secciones de tejado 52. El método puede determinar y/o dividir las secciones de tejado 52 en una o más de las áreas 62 que tienen los vértices 64.

A continuación, el método puede determinar la Irradiancia bruta para una o más de las secciones de tejado 52, como se describe con relación a los algoritmos anteriores. Una vez que se ha determinado la Irradiancia bruta para una sección de tejado 52, el método puede determinar la irradiancia y el impacto de sombra puntuales para la estructura 10, llevando a cabo los algoritmos anteriormente descritos para los vértices 64 de las áreas 62 de las secciones de tejado 52.

El método puede entonces exportarse o poner a disposición de otro modo salidas indicativas de información relativa a la estructura 10 y del acceso solar de partes particulares de la estructura 10, tales como el tejado de dicha estructura 10.

Las figuras 8A-8M son salidas a modo de ejemplo del aparato 6 y del método descritos. Las salidas pueden tener la forma de una visualización en una pantalla digital, un informe en papel o en cualquier otro formato adecuado. Las salidas pueden incluir uno o más del porcentaje de acceso solar anual y/o la fracción de recursos solares totales para los vértices 64, las áreas 62 y/o las secciones de tejado 52 del tejado de la estructura 10, como se ilustra en las figuras 8A-8E. El Acceso solar es el porcentaje de tiempo de sol que recibe el punto dado (el Acceso solar es el inverso del Impacto de sombra mencionado antes como que se almacena para cada vértice) y la TSRF es lo que se denomina Acceso solar durante los cálculos (y en el código), es decir, la irradiancia real dividida por el Derecho regional. Los porcentajes pueden visualizarse numéricamente y/o pueden visualizarse usando diferentes colores para indicar diferentes niveles de acceso solar. Los colores indicativos de los porcentajes se pueden superponer al modelo en 3D de la estructura 10. Un cuadrículado se puede superponer al modelo en 3D de la estructura 10 para ayudar a precisar las posiciones particulares sobre dicha estructura 10. Los porcentajes se pueden proporcionar para períodos de tiempo estacionales. Por ejemplo, el porcentaje se puede proporcionar para un bloque de tiempo de mayo a octubre, como un primer período de tiempo estacional, y el porcentaje se puede proporcionar para un bloque de tiempo de noviembre a abril, como un segundo período de tiempo estacional. Como otro ejemplo no exclusivo, el porcentaje se puede proporcionar por mes.

Adicionalmente, las salidas pueden incluir "vistas de mirilla" que pueden representar el punto de vista desde un vértice 64 particular y/o un área 62 particular, como se muestra en la figura 8F. La vista de mirilla puede incluir una vista de cómo los modelos de objeto 57 y el sol 11 en el cielo aparecerían desde un punto de vista de una posición particular, de manera que un usuario podría entender las obstrucciones entre el sol 11 y esa posición particular.

Las salidas pueden incluir una o más mediciones de la estructura 10 y/o características de la estructura, como se ejemplifica en la figura 8A, la figura 8B y la figura 8G. Las salidas pueden incluir longitudes, pasos, distancias de vigas y otras medidas del tejado de la estructura 10, para ayudar a planificar la instalación y a instalar el equipo solar sobre la estructura 10.

Las salidas pueden incluir la orientación de la estructura 10 al norte verdadero, como se muestra en el ejemplo de la figura 8H.

Las salidas pueden incluir una o más imágenes de la estructura 10, tales como los ejemplos mostrados en las figuras 8I-8M. En una realización, las salidas pueden incluir una o más imágenes nadir aéreas y/u oblicuas aéreas de la estructura 10. En una realización, las salidas pueden incluir una o más imágenes oblicuas aéreas tomadas desde cada lado de la estructura 10 y/o desde cada dirección cardinal. En una realización, las salidas pueden incluir una o más imágenes nadir aéreas y/u oblicuas aéreas del tejado 8 de la estructura 10. En algunas realizaciones, un contorno del límite de las particiones se puede superponer a dicha una o más imágenes.

Una vez que el usuario tiene las salidas, dicho usuario puede determinar entonces si la estructura 10 es adecuada para la instalación de matrices solares u otros dispositivos de captación solar (incluyendo dispositivos solares de base agua, de base eléctrica, de base aire y de otro tipo), basándose en la cantidad de acceso solar disponible sobre la estructura 10. El usuario puede usar las salidas para determinar la ubicación sobre la estructura 10 para instalar matrices solares a fin de que las matrices solares reciban el máximo acceso solar, teniendo en consideración, por supuesto, otros factores prácticos, tales como otras características del tejado, el tamaño del tejado, la capacidad de soporte de carga, y así sucesivamente. El usuario puede entonces instalar o hacer que se instalen las matrices solares, u otros dispositivos de captación solar, sobre la estructura 10.

La presente invención proporciona una solución técnica no convencional a problemas previamente existentes implicados en determinar el Acceso solar y la Fracción de recursos solares totales para la estructura 10. Los instrumentos convencionales que se colocan en el propio lugar son caros y tienen una variedad de inconvenientes, incluyendo los problemas de seguridad implicados en colocar y retirar los instrumentos. Con el aparato 6 ya divulgado y no convencional, el Acceso solar y la Fracción de recursos solares totales para la estructura 10 se determinan a distancia usando imágenes de la estructura 10 y las áreas circundantes, y no hay necesidad de una visita al lugar o de la colocación y la retirada de instrumentos sobre la estructura 10.

El software convencional para determinar el Acceso solar y la Fracción de recursos solares totales adolece de numerosos inconvenientes debido a la colocación, la conformación y el dimensionamiento manuales de obstrucciones con relación a la estructura a fin de tener en cuenta el impacto de sombra debido a las obstrucciones. Adicionalmente, el software convencional usaba una suposición binaria de "sombra total/sol total" que pasaba por alto la luz difusa, lo que conduce a una predicción excesiva del impacto de sombra desde las obstrucciones cercanas, o a un gráfico de irradiancia que conduce a una predicción insuficiente del impacto de sombra.

Una solución convencional a este problema era modelar manualmente obstrucciones con relación a una casa creando un cilindro proyectado alrededor de toda la casa, o modelar los objetos de sombra en el borde del tejado. Véase "Combining Solmetric SunEye data with simple 3D modeling to improve residential photovoltaic shade impact predictions", por Stephen Pisklak, John McKeen y Paul Del Mar de la firma Dow Chemical, ubicada en Midland MI, 48667, EE. UU. El aparato 6 ya divulgado y no convencional, sin embargo, usa datos obtenidos desde la nube de puntos en 3D 55 que son indicativos del tamaño, la forma y la distancia de las obstrucciones desde la estructura 10 para mejorar el funcionamiento del sistema informático 14 al calcular el Acceso solar y la Fracción de recursos solares

5 totales. El conocimiento de la distancia del vértice 64 a la obstrucción (como se representa en la nube de puntos en 3D 55, por ejemplo) permite que el aparato 6 ya divulgado reduzca el valor de Radiancia indirecta bruta, mejorando por ello la precisión del Acceso solar y la Fracción de recursos solares totales calculados y tratando la Irradiancia bruta y la Radiancia indirecta bruta de modo distinto a cuando se calcula el Acceso solar y la Fracción de recursos solares totales.

10 Adicionalmente, el sistema y la metodología descritos en este documento pueden ser ejecutados de manera autónoma por el sistema informático 14 y sin intervención humana para generar informes de Acceso solar para muchas estructuras 10. Esto se puede conseguir mediante el sistema informático 14 usando las imágenes para generar la nube de puntos en 3D 55 y usando entonces partes de la nube de puntos en 3D 55 para modelar las obstrucciones con relación al modelo en 3D del tejado 8 de la estructura 10 para determinar el impacto de sombra. Esto es una mejora significativa sobre las técnicas convencionales, que requieren la intervención humana para colocar y/o dimensionar manualmente las obstrucciones en el modelo que se usa para calcular el Acceso solar y la Fracción de recursos solares totales.

15 Aunque la descripción precedente se ha descrito en este documento con referencia a medios, materiales y realizaciones particulares, no está destinada a limitarse a las particularidades divulgadas en este documento; más bien, se extiende a la totalidad de estructuras, métodos y usos funcionalmente equivalentes, tales como los que están dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para determinar el acceso solar de una estructura, que comprende:
un sistema informático (14) que tiene un procesador (24); y
5 uno o más soportes legibles por ordenador no transitorios accesibles para el sistema informático y que almacenan instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador del sistema informático, hacen que el procesador:
reciba información de ubicaciones indicativa de la ubicación de una estructura (10);
recupere un modelo de georreferencia tridimensional de al menos una parte de la estructura basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, en el que la ubicación geográfica sobre la tierra de puntos en el modelo de georreferencia tridimensional se almacena o se asocia con puntos en el modelo de georreferencia tridimensional;
10 caracterizado por que las instrucciones, cuando son ejecutadas por el procesador del sistema informático, hacen que el procesador:
recupere datos de nubes de puntos de objeto indicativos de uno o más objetos que proyectan sombra sobre la estructura basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, en el que los datos de nubes de puntos de objeto se generan a partir de una o más imágenes de georreferencia y los datos de nubes de puntos de objeto son
15 indicativos de un tamaño, una forma y una ubicación reales de dicho uno o más objetos sobre la tierra;
divida la estructura, en el modelo de georreferencia tridimensional de la estructura, en una o más secciones;
divida las secciones en una o más áreas, teniendo cada área al menos tres vértices; y
determine, automáticamente, un valor del acceso solar para cada uno de los vértices al: determinar, automáticamente, la Irradiancia bruta para una o más de las secciones al calcular un haz nominal y una irradiancia difusa que inciden en
20 la sección basándose en el ángulo del sol, la orientación de la sección y los datos meteorológicos, para un tiempo y una ubicación dados de la sección; y
determinar, automáticamente, la irradiancia perfeccionada para uno o más de los vértices de las áreas de las secciones de la estructura, basándose en la Irradiancia bruta y calcular un rayo entre una posición del sol y un vértice particular de dicho uno o más vértices, como se ven afectados por la ubicación de los datos de nubes de puntos de objeto con
25 relación a una trayectoria del rayo.
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que dicho uno o más soportes legibles por ordenador no transitorios almacenan adicionalmente instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador del sistema informático, hacen que el procesador: genere uno o más modelos de objeto de georreferencia tridimensionales de dicho uno o más objetos usando los datos de nubes de puntos objeto.
- 30 3. El sistema de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la etapa para calcular el rayo entre la posición del sol y el vértice particular de dicho uno o más vértices, como se ven afectados por la ubicación de los datos de nubes de puntos de objeto con relación a la trayectoria del rayo, se basa, al menos en parte, en una latitud y una longitud del vértice particular y la información desde una base de datos de radiación solar.
4. El sistema de una cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 3, en el que determinar, automáticamente, la
35 Irradiancia bruta para una o más de las secciones, comprende además calcular la posición del sol para el tiempo y la ubicación dados de la sección.
5. El sistema de una cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 4, en el que determinar, automáticamente, la Irradiancia bruta para una o más de las secciones, comprende además calcular los ángulos acimutal y de inclinación para la orientación de la sección.
6. El sistema de una cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 5, en el que determinar, automáticamente, la
40 Irradiancia bruta para una o más de las secciones, comprende además recibir una Irradiancia horizontal global (GHI), una Irradiancia normal directa (DNI) y un Albedo (relación de la irradiancia solar reflejada respecto a la irradiancia horizontal global) para el tiempo y la ubicación dados.
7. El sistema de una cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 6, en el que determinar, automáticamente, la
45 irradiancia perfeccionada comprende además modelar la interacción del rayo con los datos de nubes de puntos de objeto para determinar un efecto en la Irradiancia bruta mediante dicho uno o más objetos que proyectan sombra sobre la estructura.
8. El sistema de la reivindicación 1, en el que dicho uno o más soportes legibles por ordenador no transitorios
50 almacenan adicionalmente instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador del sistema informático, hacen que el procesador: genere uno o más modelos de objeto de georreferencia tridimensionales de dicho uno o más objetos usando los datos de nubes de puntos objeto.

9. El sistema de una cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 8, en el que dicho uno o más soportes legibles por ordenador no transitorios almacenan adicionalmente instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador del sistema informático, hacen que el procesador: genere un informe indicativo de un valor del acceso solar para uno o más de los vértices de la estructura.

5 10. Un método para determinar el acceso solar, que comprende:

recibir información de ubicaciones indicativa de la ubicación de una estructura (10);

recuperar un modelo de georreferencia tridimensional de al menos una parte de la estructura basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, en el que la ubicación geográfica sobre la tierra de puntos en el modelo de georreferencia tridimensional se almacena o se asocia con puntos en el modelo de georreferencia tridimensional;

10 caracterizado por:

recuperar datos de nubes de puntos de objeto indicativos de uno o más objetos que proyectan sombra sobre la estructura basándose, al menos en parte, en la información de ubicaciones, en el que los datos de nubes de puntos de objeto se generan a partir de una o más imágenes de georreferencia y los datos de nubes de puntos de objeto son indicativos de un tamaño, una forma y una ubicación reales de dicho uno o más objetos sobre la tierra;

15 dividir la estructura, en el modelo de georreferencia tridimensional de la estructura, en una o más secciones;

dividir las secciones en una o más áreas, teniendo cada área al menos tres vértices; y

determinar, automáticamente, un valor del acceso solar para cada uno de los vértices al:

determinar, automáticamente, la Irradiancia bruta para una o más de las secciones al calcular un haz nominal y una irradiancia difusa que inciden en la sección basándose en el ángulo del sol, la orientación de la sección y los datos meteorológicos, para un tiempo y una ubicación dados de la sección; y

20 determinar, automáticamente, la irradiancia perfeccionada para uno o más de los vértices de las áreas de las secciones de la estructura, basándose en la Irradiancia bruta y calcular un rayo entre una posición del sol y un vértice particular de dicho uno o más vértices, como se ven afectados por la ubicación de los datos de nubes de puntos de objeto con relación a una trayectoria del rayo.

25 11. El método de la reivindicación 10, que comprende además:

generar uno o más modelos de objeto de georreferencia tridimensionales de dicho uno o más objetos usando los datos de nubes de puntos objeto.

30 12. El método de una cualquiera de la reivindicación 10 y la reivindicación 11, en el que determinar, automáticamente, la irradiancia perfeccionada comprende además modelar la interacción del rayo con los datos de nubes de puntos de objeto para determinar un efecto en la Irradiancia bruta mediante dicho uno o más objetos que proyectan sombra sobre la estructura.

13. El método de una cualquiera de la reivindicación 10 a la reivindicación 12, en el que el tiempo dado es un subperíodo de un período seleccionado de tiempo.

35 14. El sistema de una cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 9, en el que el tiempo dado es un subperíodo de un período seleccionado de tiempo.

15. El sistema de la reivindicación 14, en el que el subperíodo es una hora y el período seleccionado es un año.

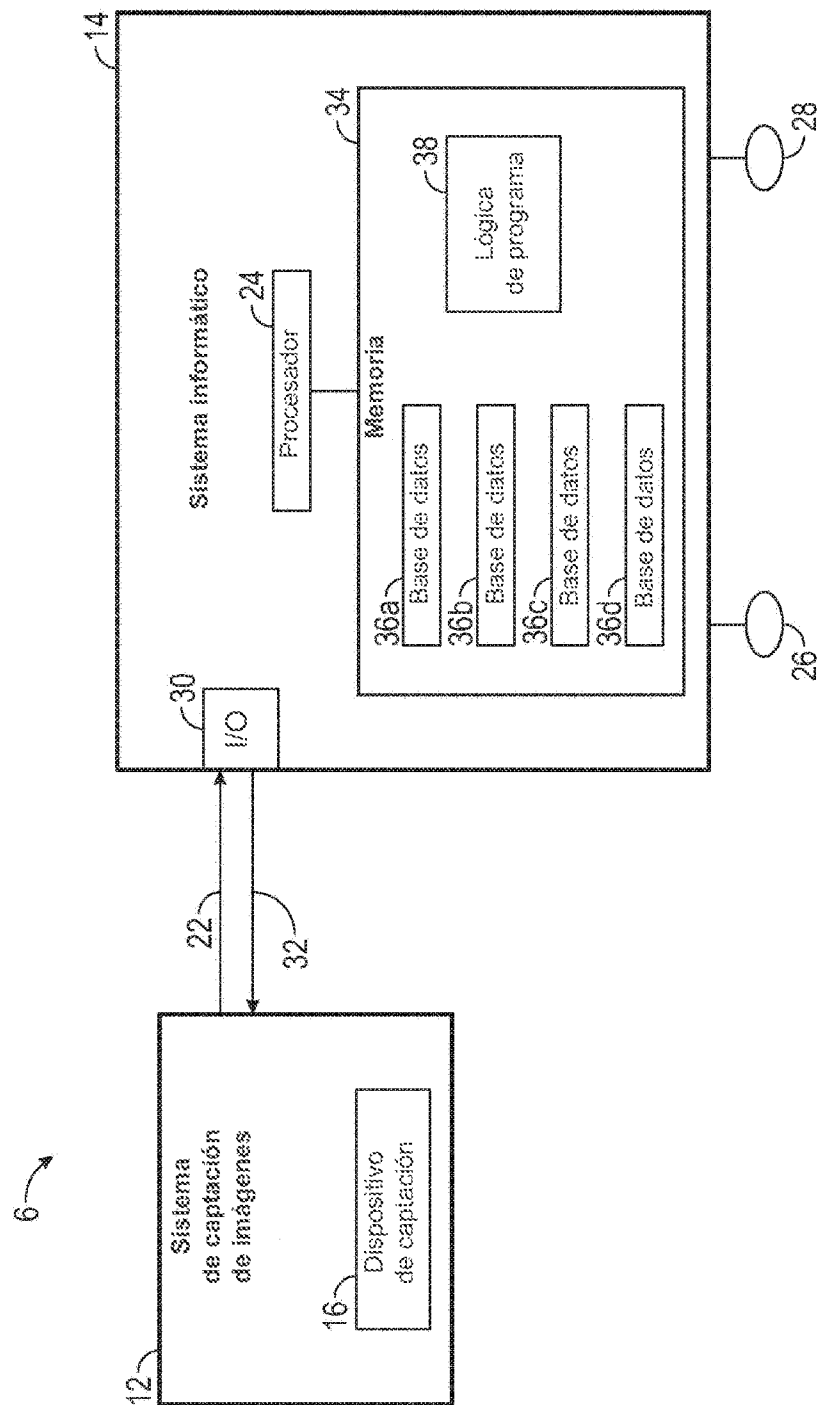


FIG. 1

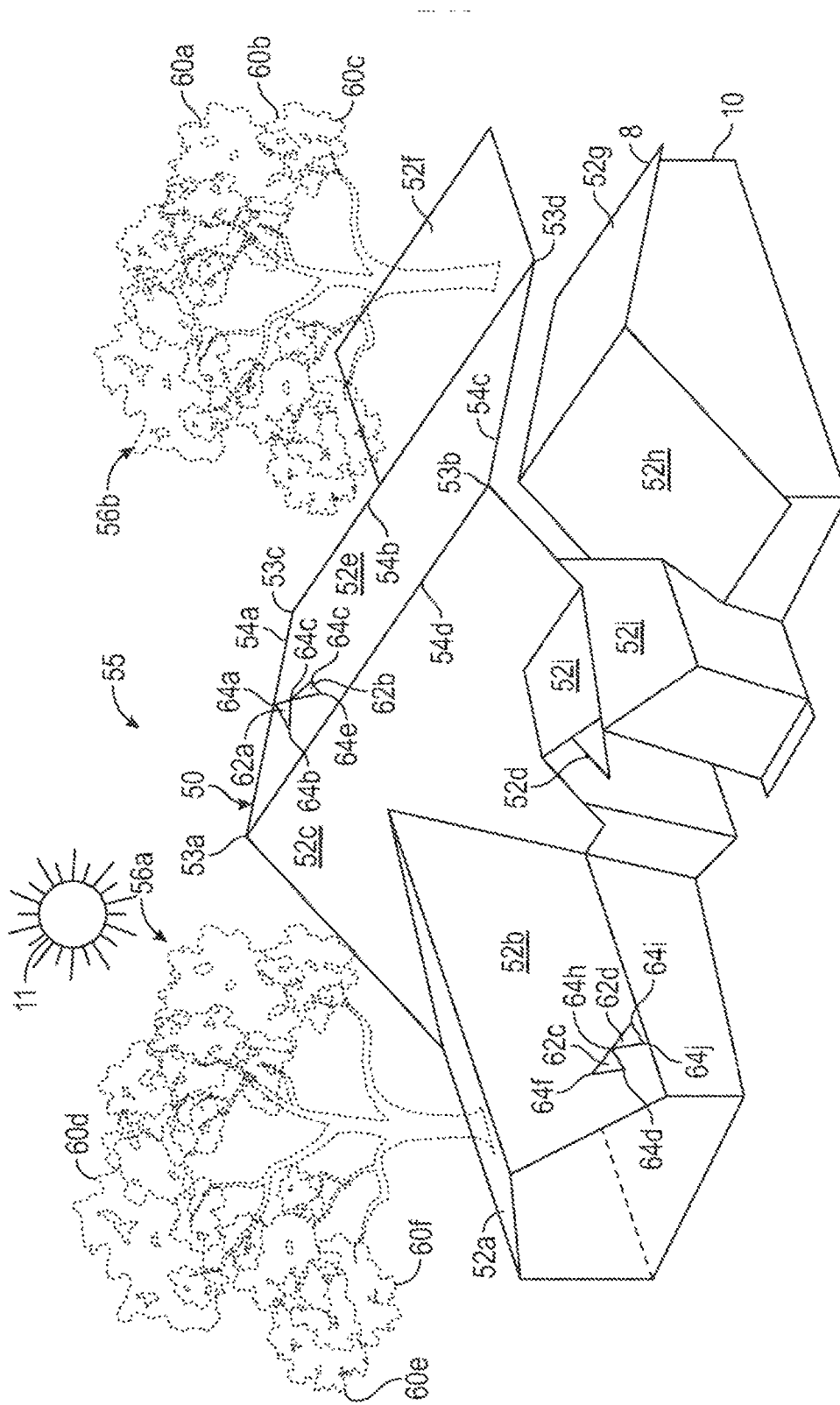


FIG. 2

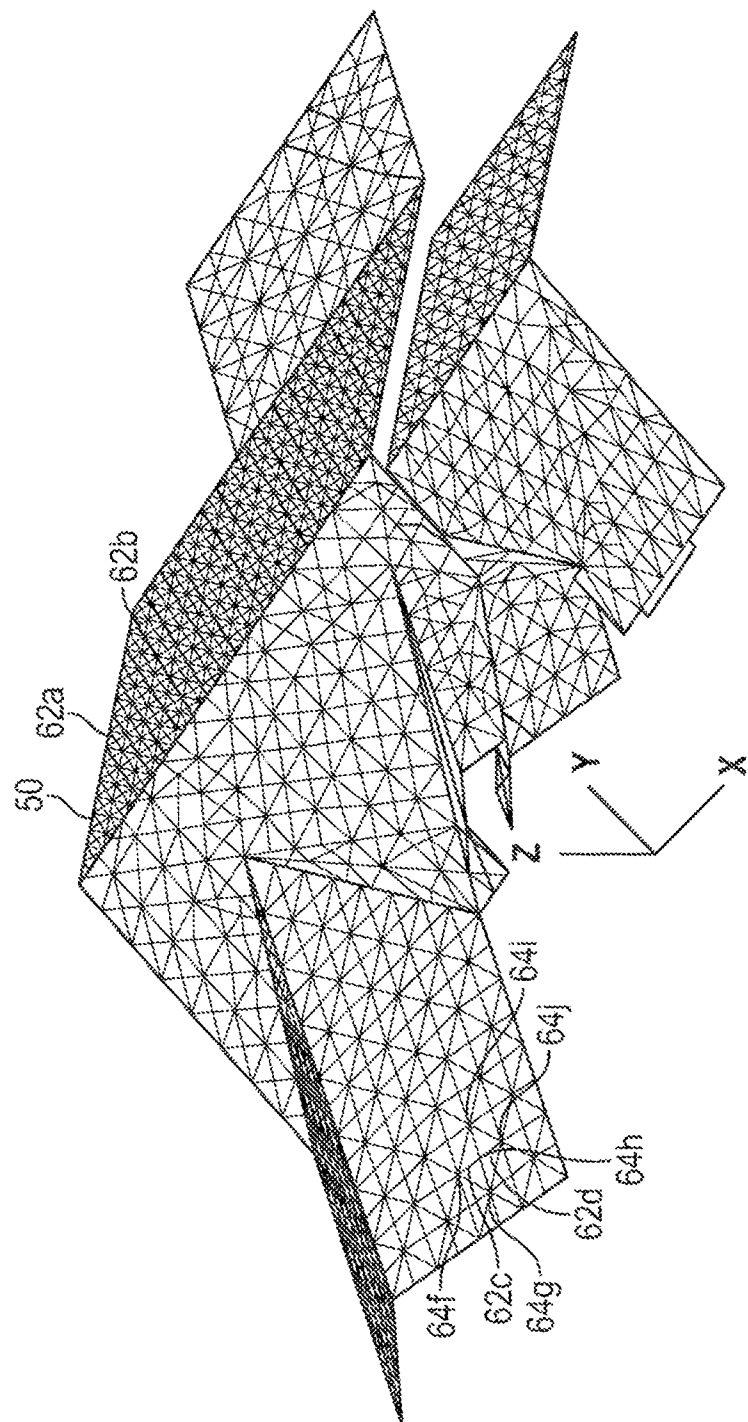


FIG. 3

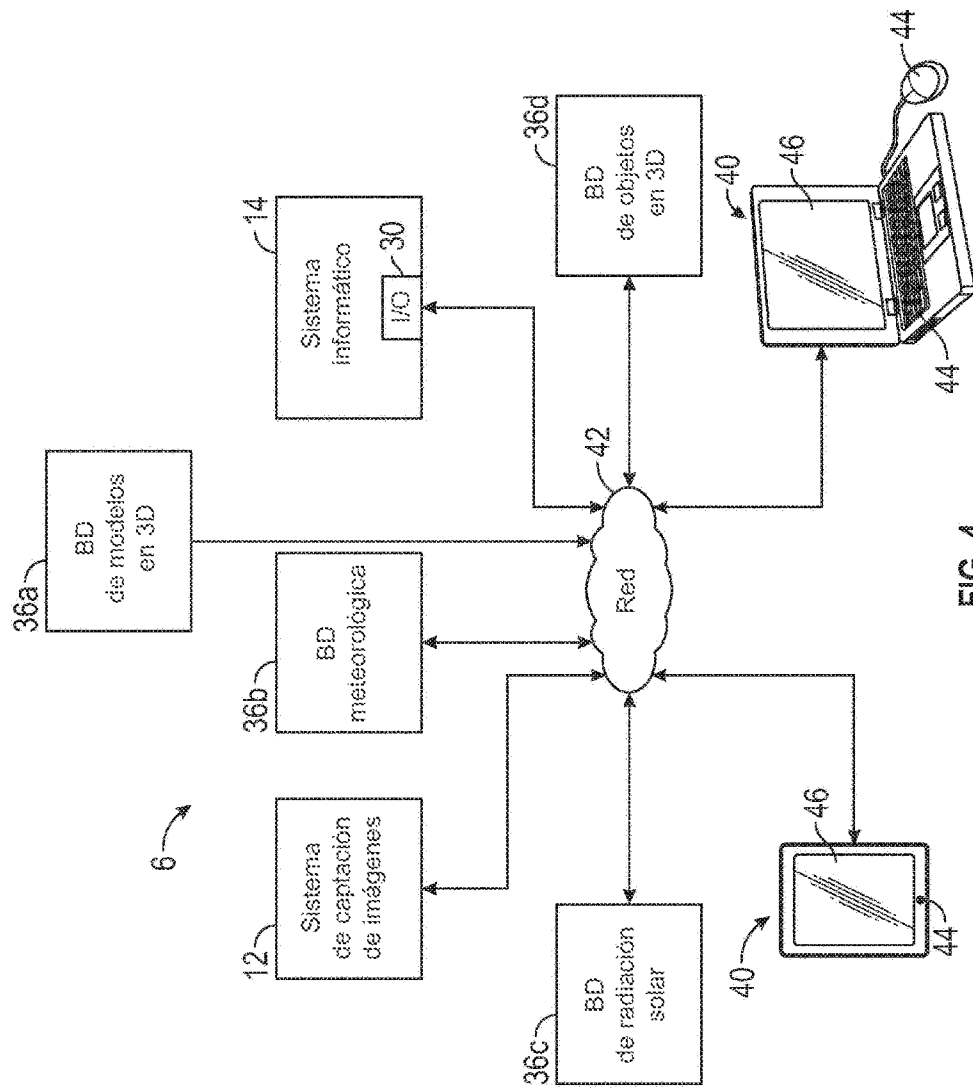


FIG. 4

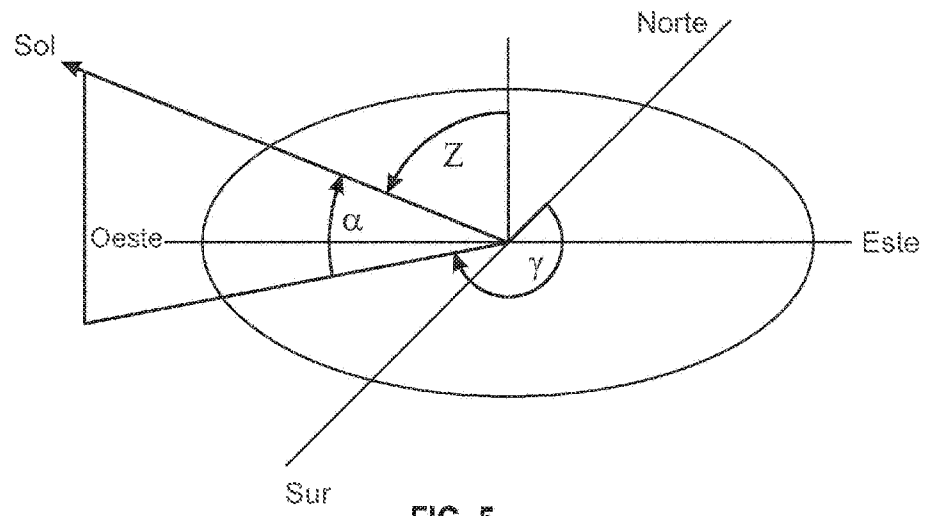


FIG. 5

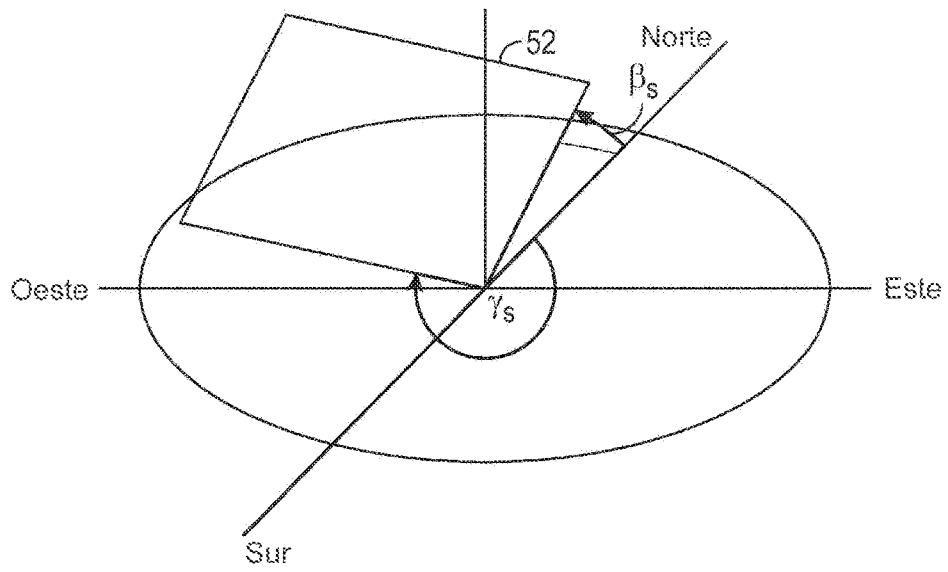


FIG. 6

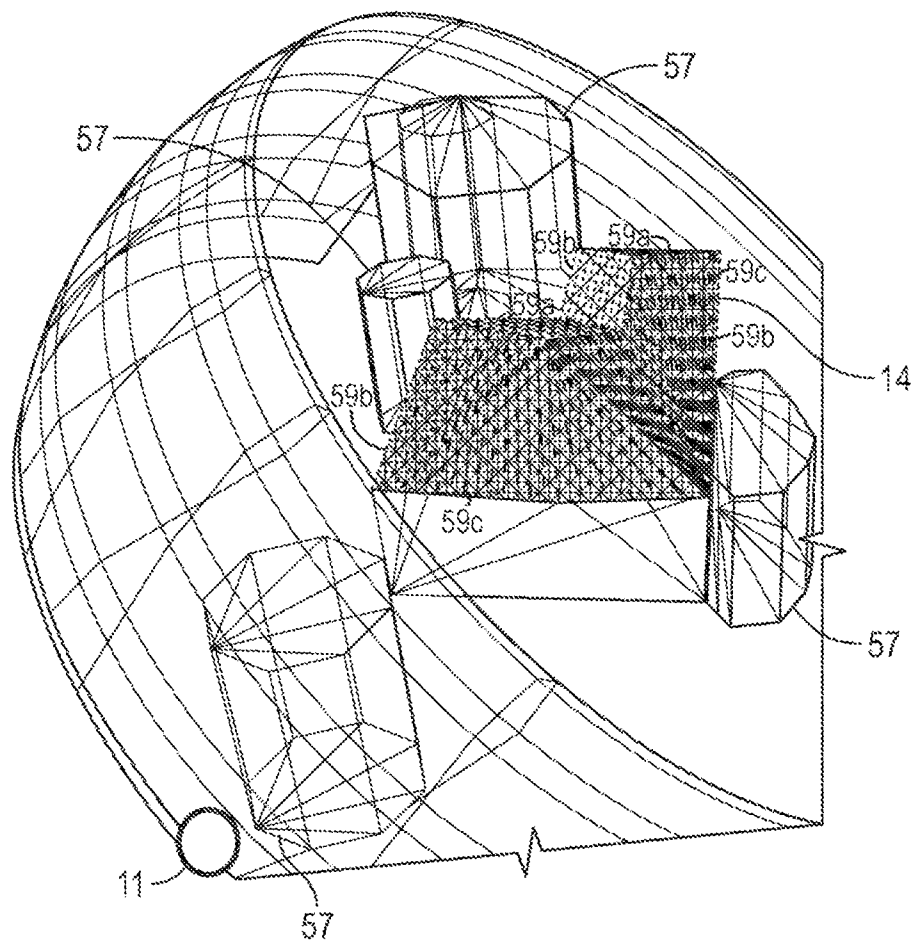


FIG. 7

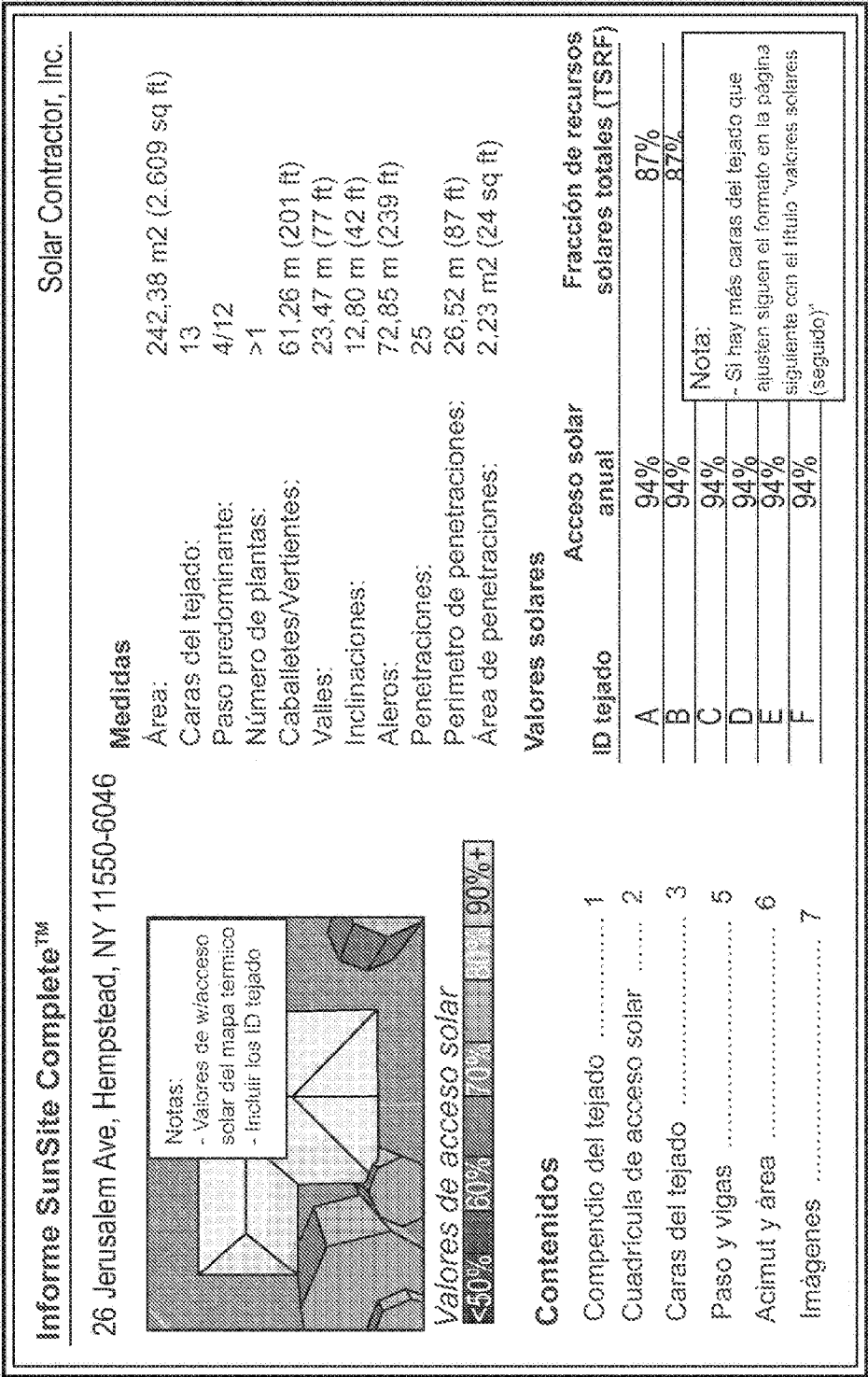


FIG. 8A

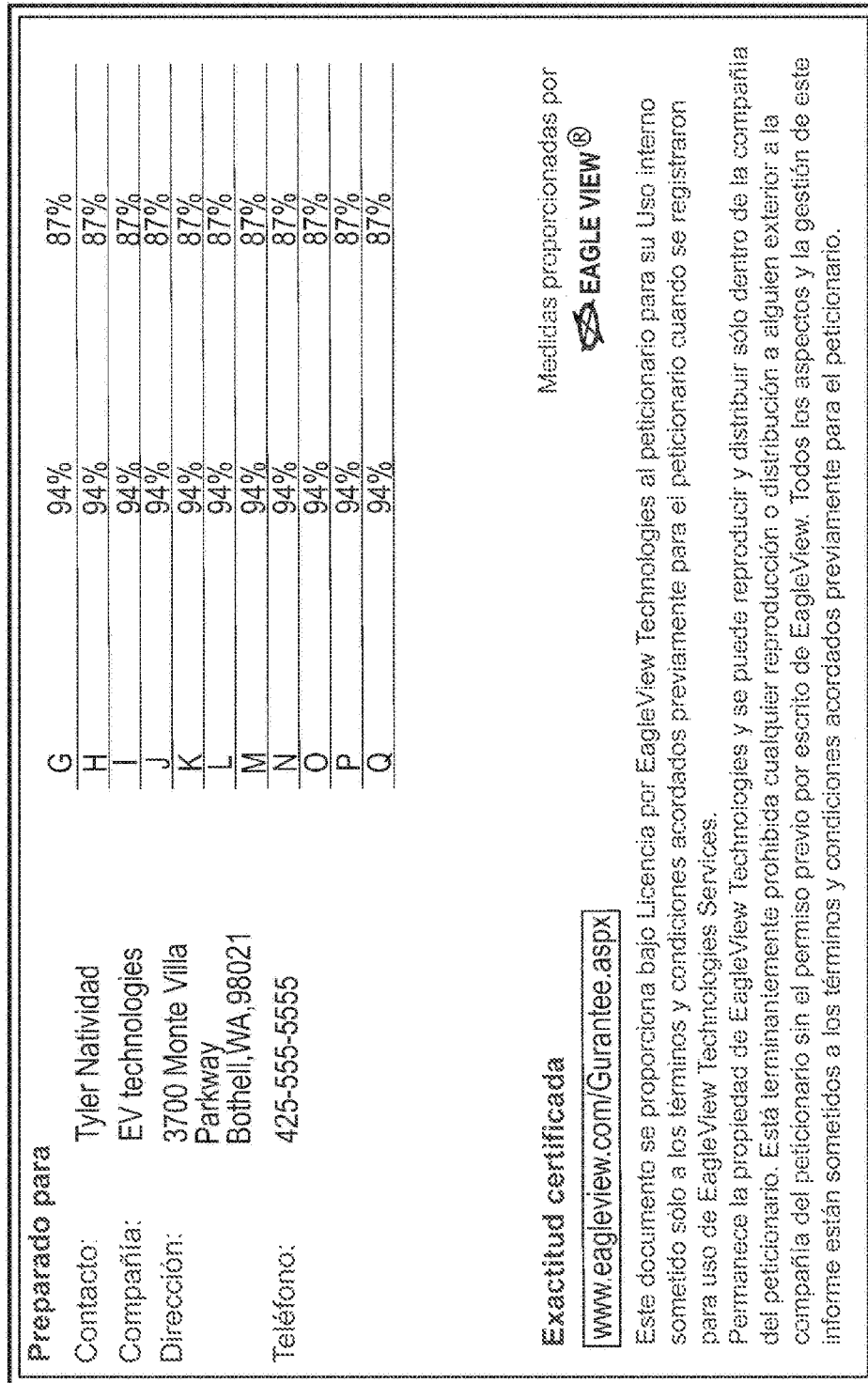
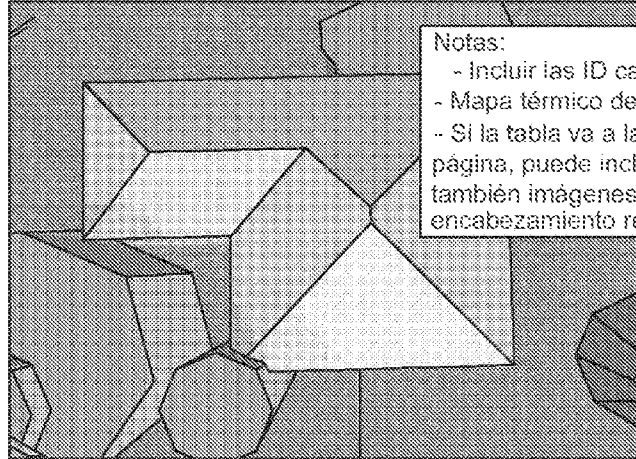


FIG. 8B

Compendio del tejado

26 Jerusalem Ave, Hempstead, NY 11550-6046



Notas:
 - Incluir las ID cara
 - Mapa térmico de TSRF
 - Si la tabla va a la siguiente página, puede incluir también imágenes como encabezamiento repetido

Fracción de recursos solares totales (TSRF)



ID tejado	Paso	Acimut	Acceso solar anual	Acceso solar may-oct	Acceso solar nov-abr	Fracción de recursos solares totales (TSRF)
A	26°	274°	94%	87%	85%	87%
B	26°	274°	94%	87%	85%	87%
C	26°	274°	94%	87%	85%	87%
D	26°	274°	94%	87%	85%	87%
E	26°	274°	94%	87%	85%	87%
F	26°	274°	94%	87%	85%	87%
G	26°	274°	94%	87%	85%	87%
H	26°	274°	94%	87%	85%	87%
I	26°	274°	94%	87%	85%	87%
J	26°	274°	94%	87%	85%	87%

Informe SunSite Complete™

Para 26 Jerusalem Ave, Hempstead, NY 1155-6046

Informe: 12345678

 **EAGLE VIEW**®
 11 de julio de 2018

Copyright © 2008-2018 EagleView Technologies, Inc. -Todos los Derechos Reservados-Cubierto por las patentes números 8,078,436; 8,145,578; 8,170,840; 8,209,152; 8,515,125. Otras patentes en tramitación.

Página 1 de 12

FIG. 8C

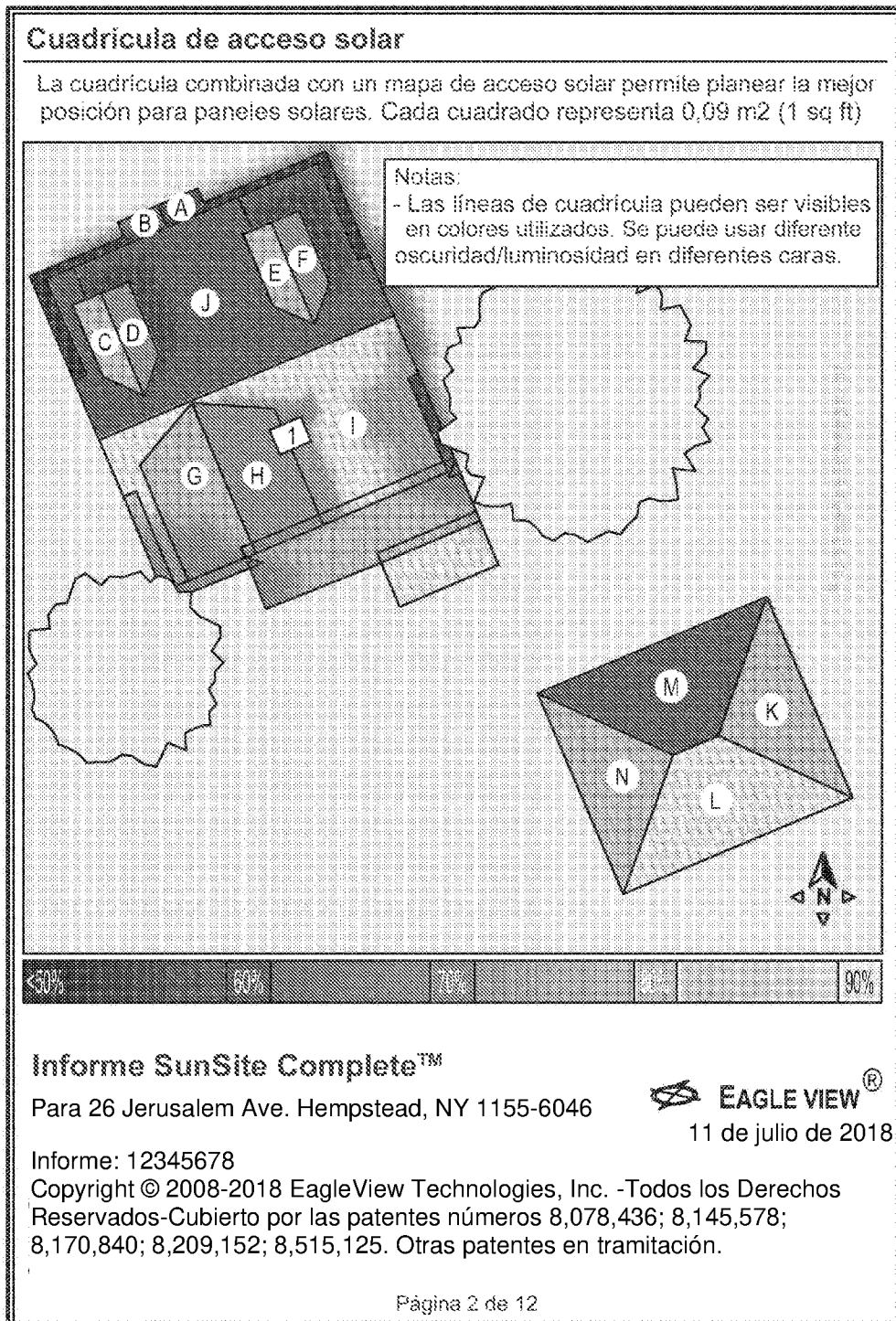


FIG. 8D

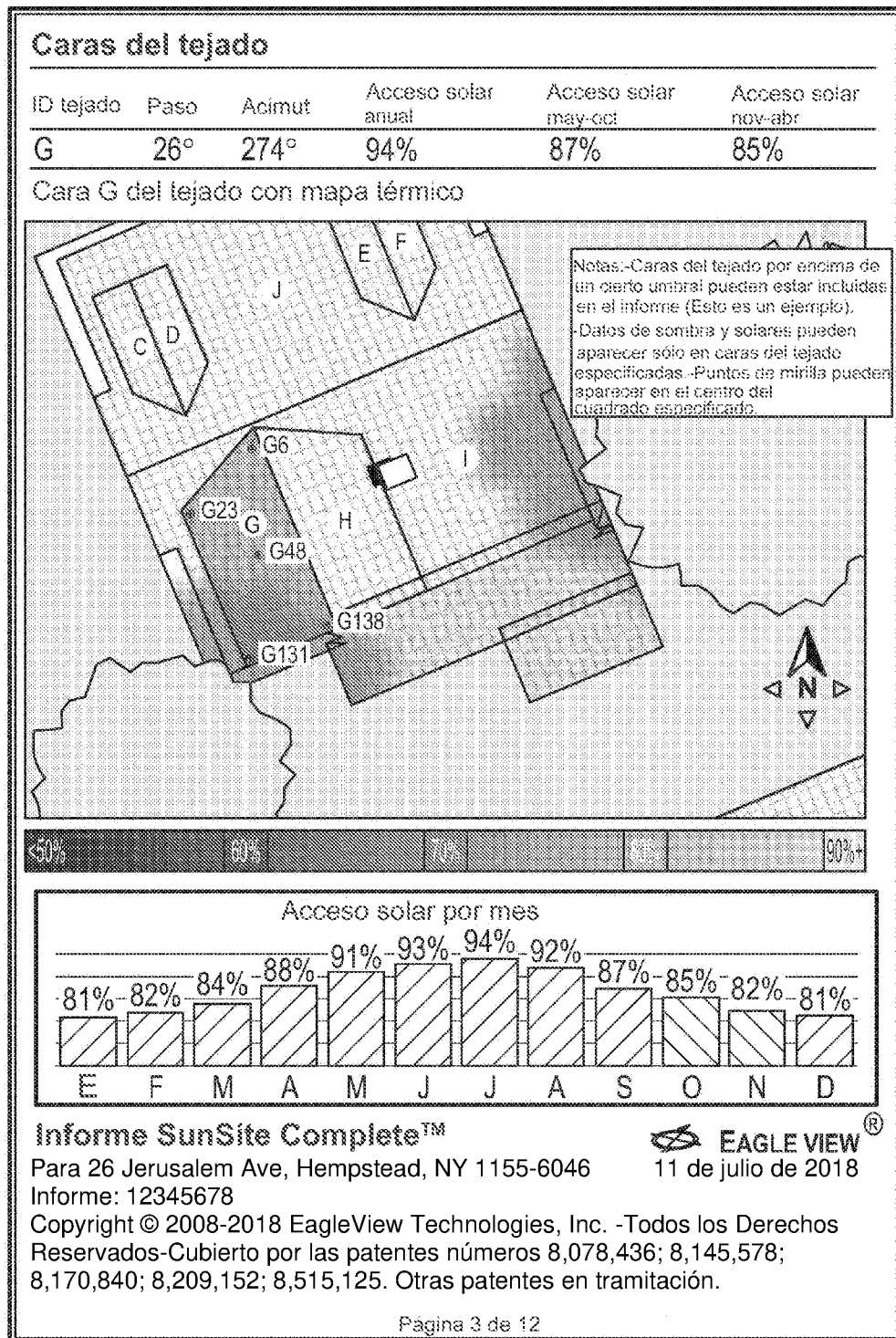
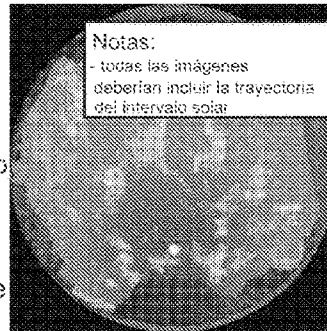


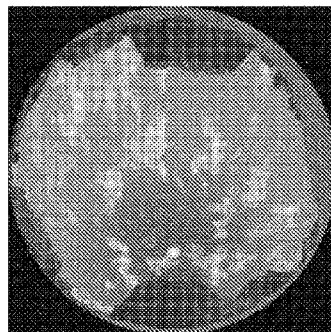
FIG. 8E

Cara G del tejado - vistas de mirilla seleccionadas

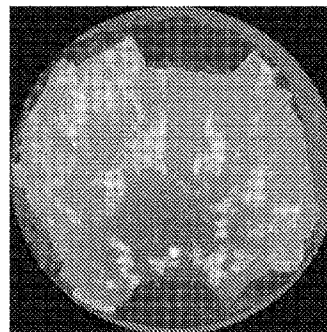
Las vistas de mirilla permiten ver qué árboles y estructuras pueden estar proyectando sombra a cada sección del tejado. La trayectoria del sol está marcada en las vistas por la cuadrícula amarilla. Una selección completa de vistas está disponible en el sitio web para cada 0,09 m2 (pie cuadrado) de cada cara.



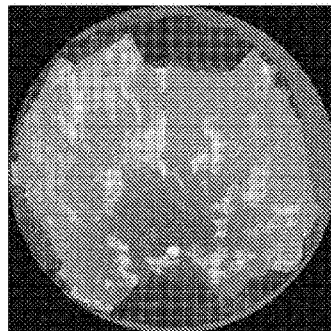
Vista desde cara G, cuadrado de cuadrícula 6



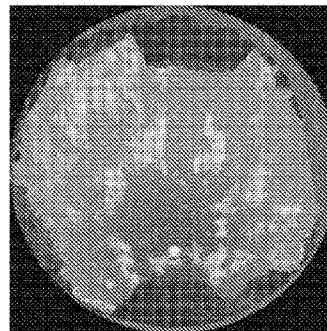
Vista desde cara G, cuadrado de cuadrícula 23



Vista desde cara G, cuadrado de cuadrícula 48



Vista desde cara G, cuadrado de cuadrícula 131



Vista desde cara G, cuadrado de cuadrícula 138

Informe SunSite Complete™

Para 26 Jerusalem Ave, Hempstead, NY 1155-6046

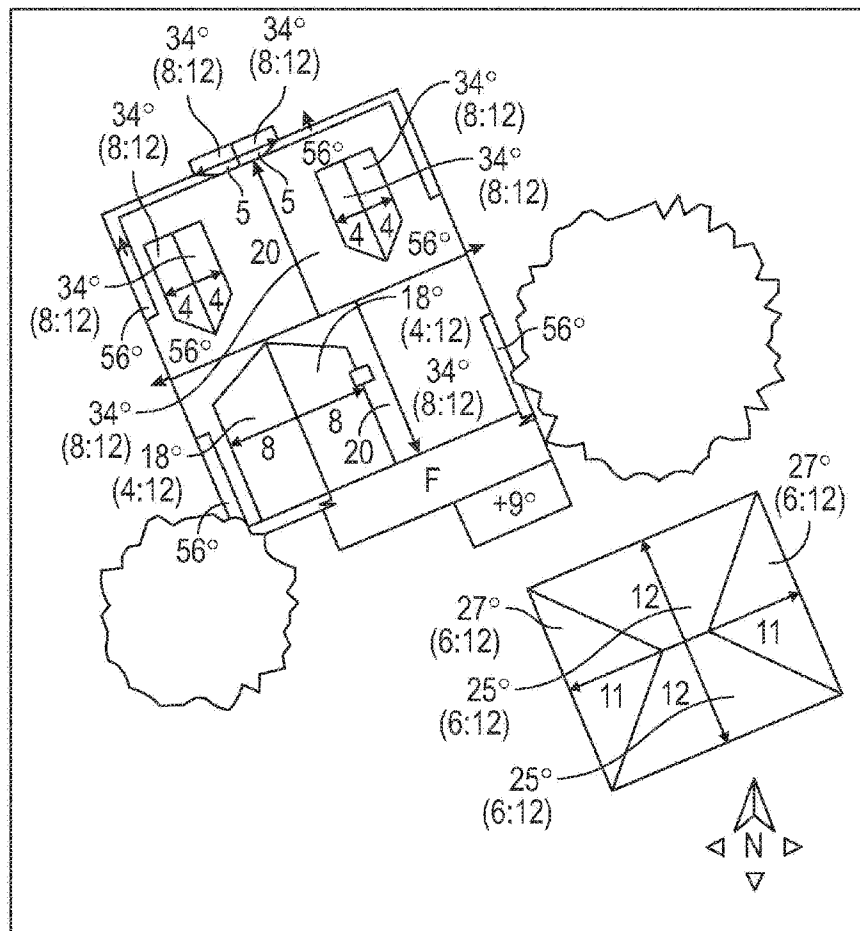
Informe: 12345678

Copyright © 2008-2018 EagleView Technologies, Inc. -Todos los Derechos Reservados-Cubierto por las patentes números 8,078,436; 8,145,578; 8,170,840; 8,209,152; 8,515,125. Otras patentes en tramitación.

 **EAGLEVIEW**
11 de julio de 2018

Paso y vigas

Las longitudes de viga (redondeadas al número entero más cercano) sobre 1,52 m (5 pies). En algunos casos, las marcas de segmento se han eliminado por legibilidad. Los signos más comienzan algunos números para evitar confusión cuando se giran (p. ej., +6 y +9). Los pasos se marcan para áreas de cara mayores que 1,86 m² (20 sq ft). En algunos casos, las marcas de paso se han eliminado por legibilidad.



Informe SunSite Complete™

Para 26 Jerusalem Ave, Hempstead, NY 1155-6046

Informe: 12345678

EAGLE VIEW®

11 de julio de 2018

Copyright © 2008-2018 EagleView Technologies, Inc. -Todos los Derechos Reservados-Cubierto por las patentes números 8,078,436; 8,145,578; 8,170,840; 8,209,152; 8,515,125. Otras patentes en tramitación.

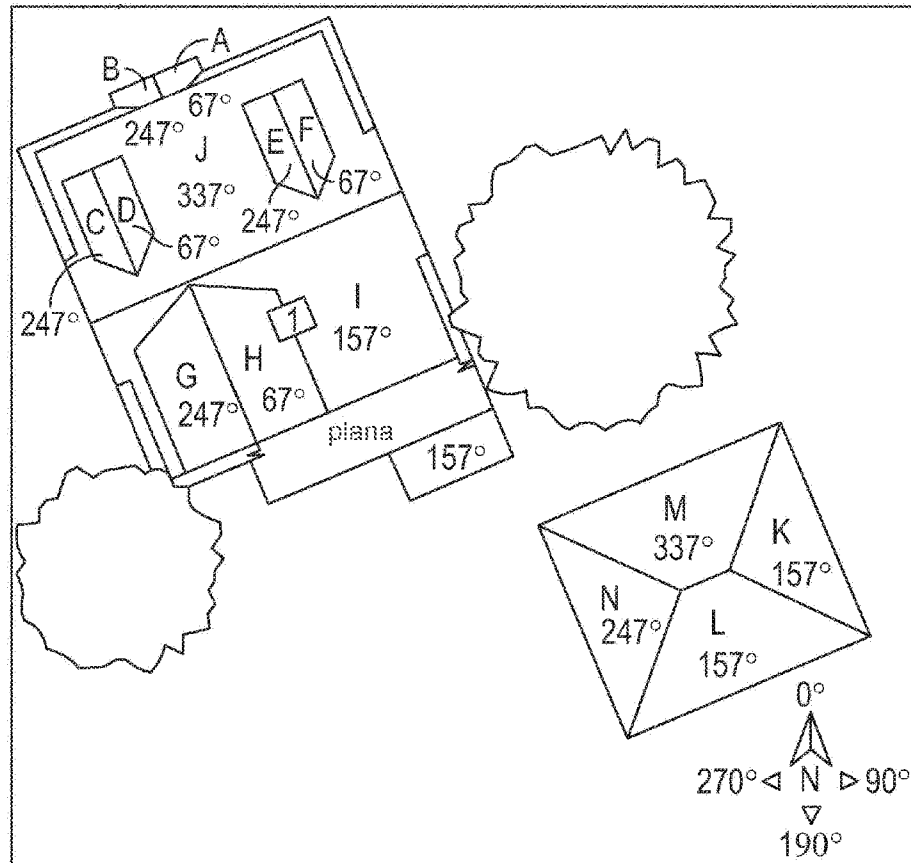
Página 5 de 12

FIG. 8G

Acimut y área

El acimut es la orientación de la estructura al norte. En este tejado esquemático las direcciones de las caras están marcadas en grados. Las caras que miran al sur forman 110,09 m² (1.185 sq ft) y el 45% de este tejado.

Nota: áreas y porcentajes totales se basan en la dirección y se supone 360° (0°) como el norte verdadero.



Informe SunSite Complete™

EAGLE VIEW®
11 de julio, 2018

Para 26 Jerusalem Ave, Hempstead, NY 1155-6046

Informe: 12345678

Copyright © 2008-2018 EagleView Technologies, Inc. -Todos los Derechos Reservados-Cubierto por las patentes números 8,078,436; 8,145,578; 8,170,840; 8,209,152; 8,515,125. Otras patentes en tramitación.

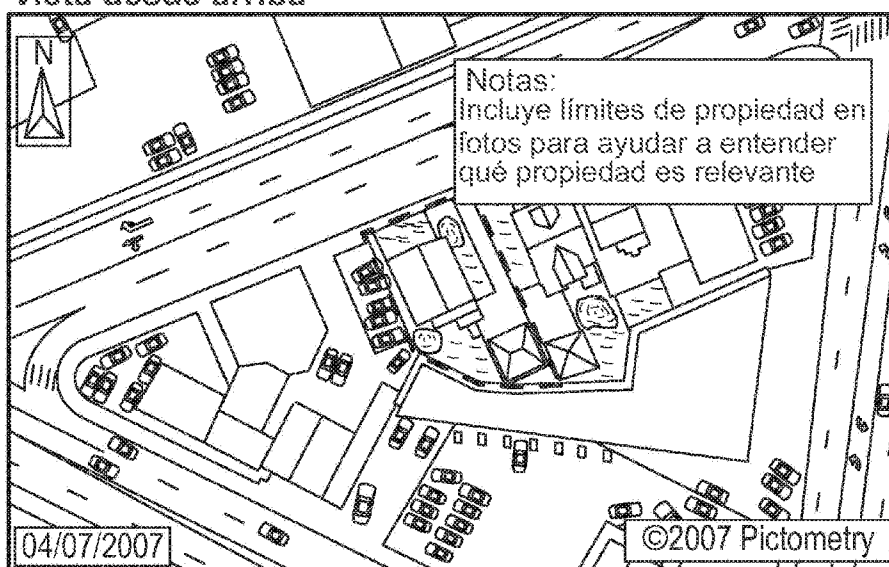
Página 6 de 12

FIG. 8H

Imágenes

Estas son imágenes de la propiedad desde múltiples ángulos.

Vista desde arriba



Informe SunSite Complete™

 EAGLE VIEW®

Para 26 Jerusalem Ave, Hempstead, NY 1155-6046

11 de julio de 2018

Informe: 12345678

Copyright © 2008-2018 EagleView Technologies, Inc. -Todos los Derechos Reservados-Cubierto por las patentes números 8,078,436; 8,145,578; 8,170,840; 8,209,152; 8,515,125. Otras patentes en tramitación.

Página 7 de 12

FIG. 8I

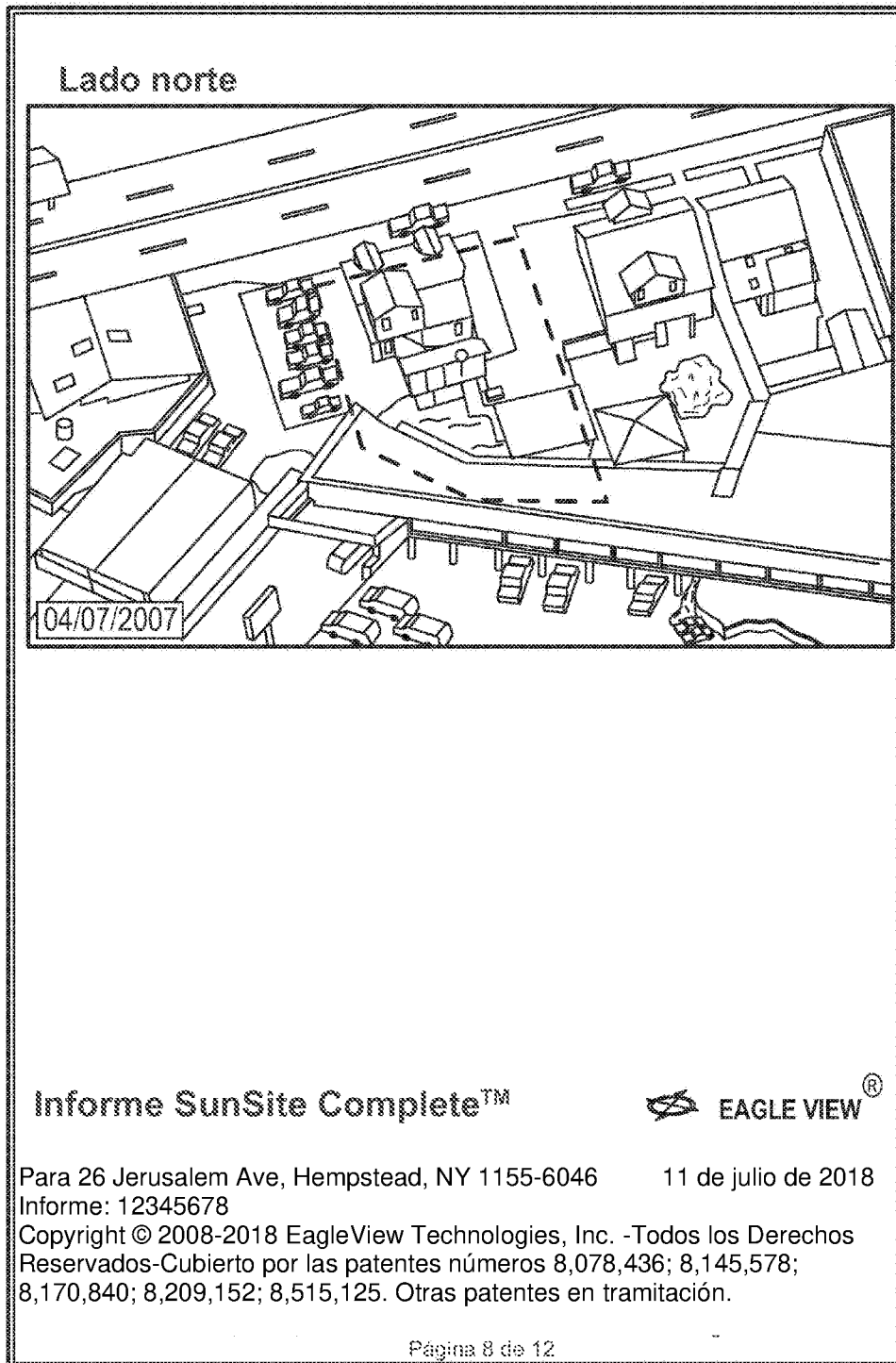


FIG. 8J

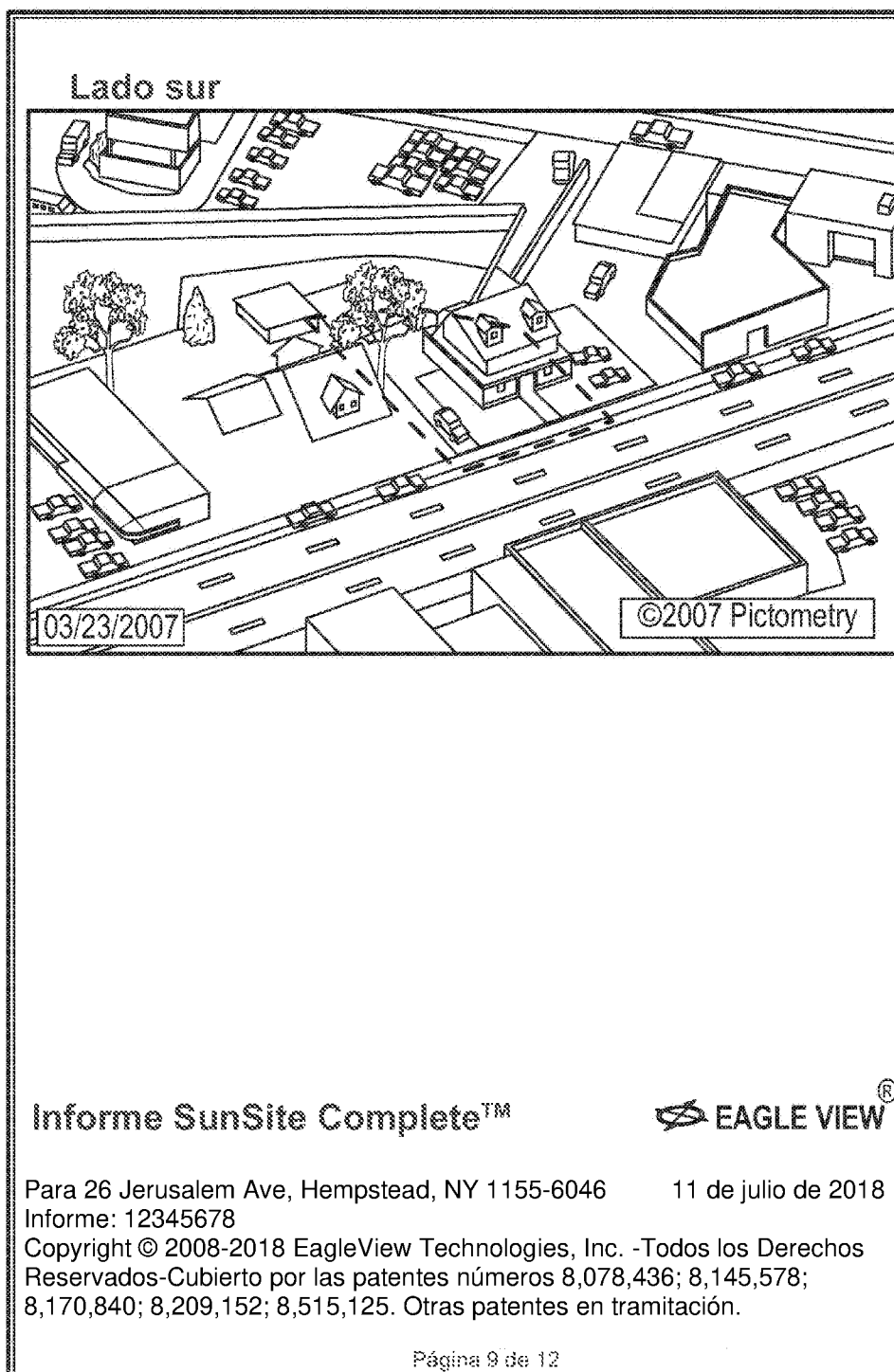


FIG. 8K

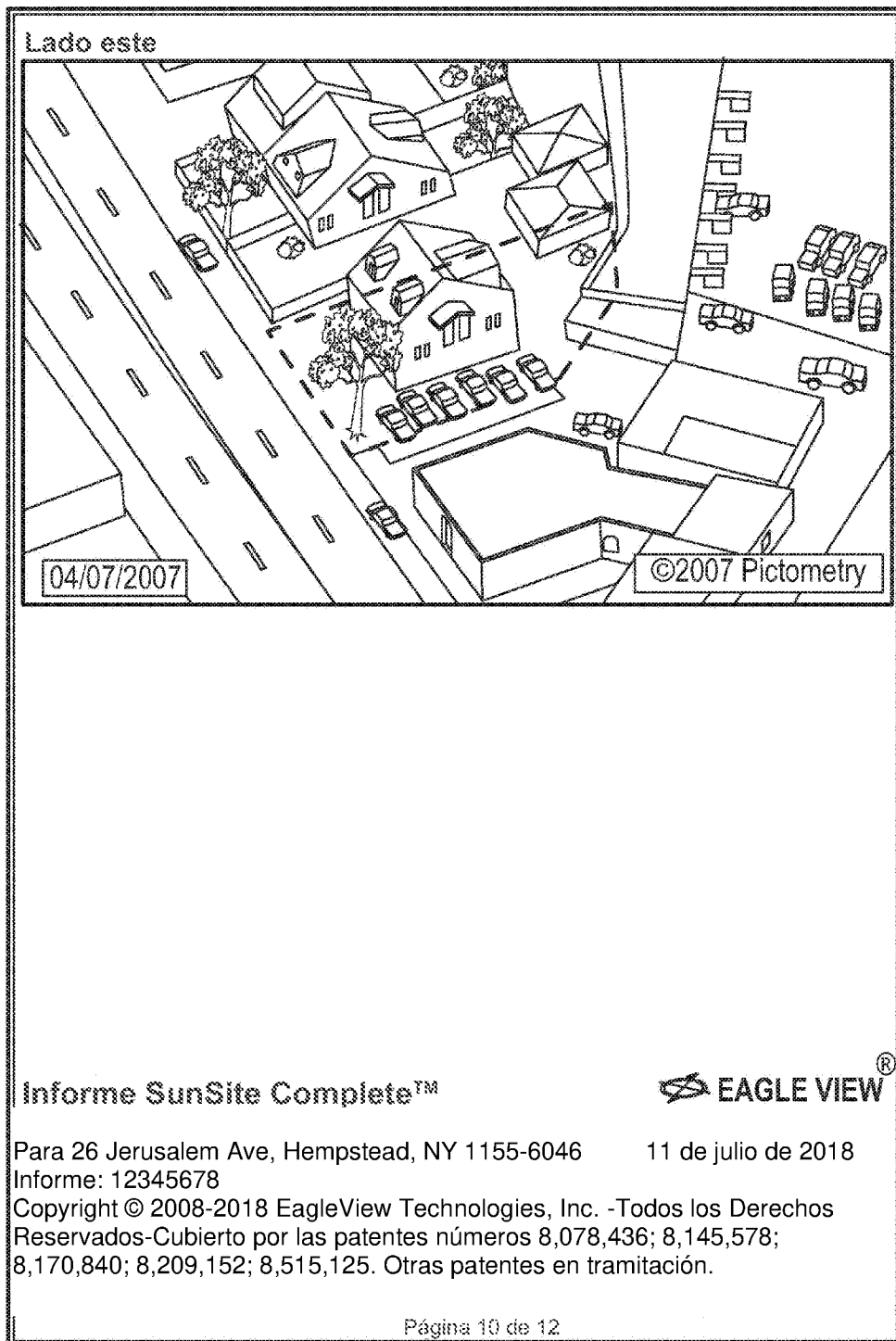


FIG. 8L

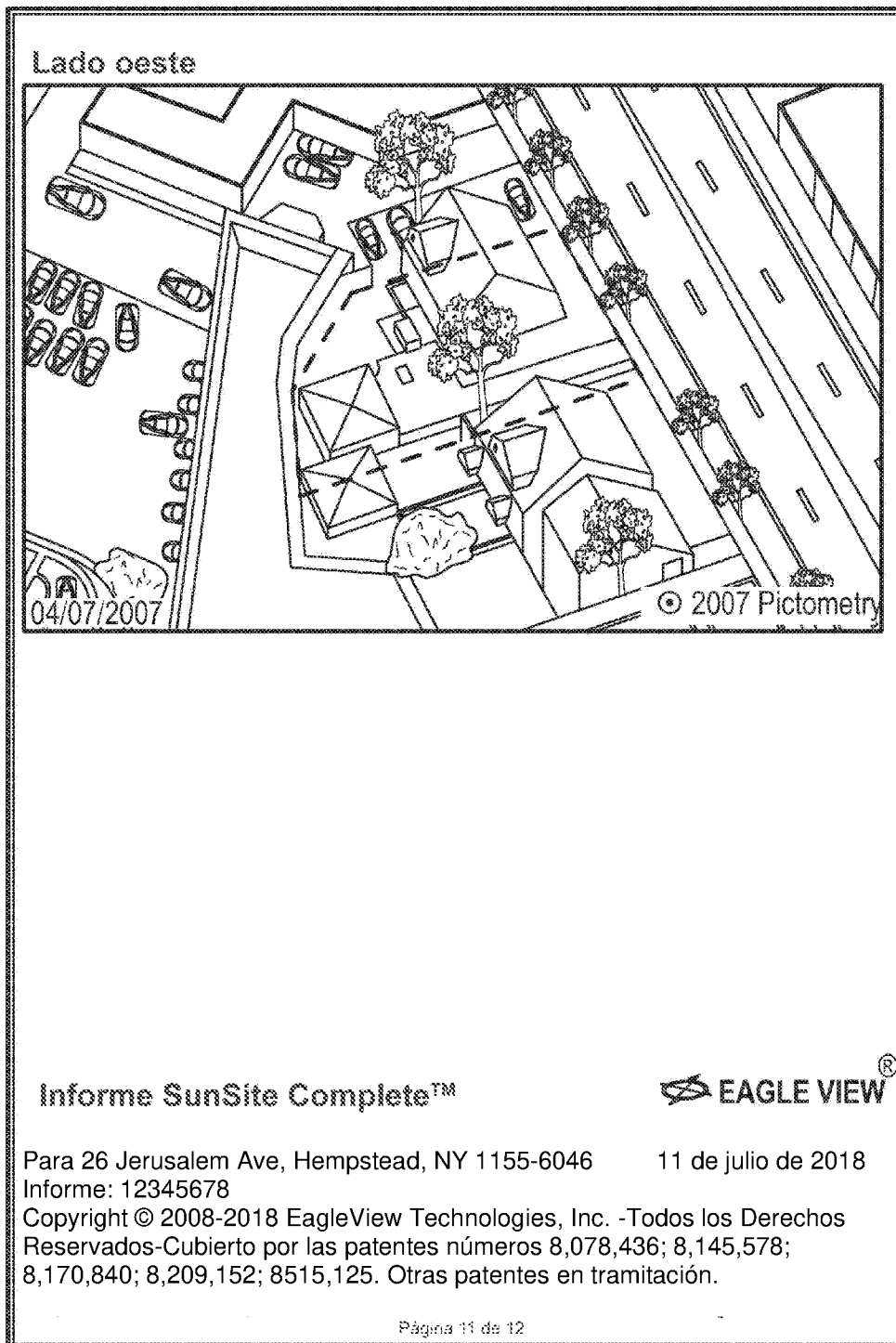


FIG. 8M