

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 406 060**

51 Int. Cl.:

G01C 7/04 (2006.01)

G01C 3/20 (2006.01)

G01C 21/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2006 E 06814586 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2013 EP 1938042**

54 Título: **Creación de bases de datos de terreno optimizadas**

30 Prioridad:

21.09.2005 US 233234

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

05.06.2013

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**SCHIEFELE, JENS;
LAUNER, MARC;
HOUK, RICHARD y
FOX, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 406 060 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

Creación de bases de datos de terreno optimizadas.

5 Campo técnico

La presente solicitud se refiere, en general, a sistemas, procedimientos y herramientas para generar y/o modificar datos de mapas terrestres. Más particularmente, esta solicitud se refiere a bases de datos de terreno para la aviación, que tienen una envolvente de seguridad.

10 Antecedentes

Una base de datos de terreno es un conjunto de datos geográficos que incluyen información acerca del terreno en ciertas ubicaciones. Por ejemplo, la base de datos de terreno puede proporcionar la latitud, la longitud, la elevación desde el nivel del mar e información de la pendiente para ubicaciones en una región geográfica. Además de los datos de terreno, la base de datos puede tener también datos de obstáculos para elementos tales como edificios, torres de radio, etc. Las bases de datos de terreno se utilizan en combinación con una serie de sensores, tales como sensores de sistema de posicionamiento global (GPS), para generar funciones de características superficiales reales de un vehículo en movimiento, tal como una aeronave, un barco o un automóvil. Típicamente, estas funciones se utilizan en aeronaves para mejorar la orientación, el conocimiento de la situación y el guiado, y para proporcionar alertas y advertencias a los pilotos en sistemas de gestión de vuelo, tal como un sistema de advertencia y alarma de impacto (Terrain Awareness and Warning System, TAWS), sistema mejorado de advertencia de proximidad al suelo (EGPWS) y sistemas de aproximación a pista.

Los datos geográficos en estas bases de datos son generados por una diversidad de procedimientos, incluyendo mediciones físicas reales o estimaciones generadas remotamente de las elevaciones de las características geográficas en una zona determinada. Generalmente, los procedimientos que usan mediciones físicas toman una muestra de mediciones físicas en ubicaciones específicas o generadas aleatoriamente y estiman las elevaciones para el resto de la zona no medida realmente. Para crear estimaciones remotas, un sistema remoto de detección realiza una aproximación de una elevación para ubicaciones en la región geográfica, tal como mediante el uso de cartografía por medición y detección de luz (LIDAR), cartografía por satélite, fotografía aérea y otras técnicas conocidas. Un sistema de detección remoto ejemplar es el radar de apertura sintética interferométrico (IFSAR) usado por la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) para la adquisición de datos de terreno del 80% de la masa terrestre de la Tierra. Cada punto de datos de origen en estas bases de datos representa una elevación específica en una ubicación en la superficie de la Tierra (geo-referenciada), frecuentemente correlacionado con un modelo de la Tierra conocido como sistema de referencia WGS 84.

Dependiendo del procedimiento usado para generar la base de datos de terreno, se introducen inexactitudes en los datos. Por ejemplo, los datos SRTM no son tan precisos cuando se miden elevaciones en una zona arenosa, tal como un desierto, ya que la señal usada en el sistema IFSAR puede penetrar en la arena. De esta manera, frecuentemente, la elevación real de la zona arenosa es mayor que la estimación generada por el SRTM. Además de las inexactitudes inherentes al sistema de medición usado, el procedimiento de recogida de datos puede contribuir a imprecisiones adicionales. Por ejemplo, puede generarse una base de datos a partir de unos pocos puntos de datos de localización bastante precisa. Sin embargo, la información es exacta sólo en ciertas ubicaciones, y las elevaciones entre estos puntos pueden ser incorrectas. Por estas razones, las bases de datos generadas por diferentes organizaciones fuente, que usan metodologías de estimación o extrapolación diferentes, proporcionan, generalmente, información contradictoria para las mismas regiones geográficas.

Para compensar por las inexactitudes y garantizar la seguridad de una aeronave que debe sobrevolar el terreno, se establece una envolvente de altitud mínima de seguridad para la región geográfica. Generalmente, una organización de seguridad, tal como la Administración Federal de Aviación (Federal Aviation Administration, FAA), proporciona una envolvente de seguridad para toda la región que se basa en un punto más alto conocido en la región, frecuentemente, tomado de un mapa en papel pre-existente. Por ejemplo, si la montaña más alta en una región de 80,47 por 80,47 km kilómetro tiene una elevación de 4.436,67 metros, entonces la elevación mínima para toda la región de 80,47 por 80,47 km será mayor que 4.436,67 m. Este tipo de envolvente de altitud mínima tiende a producir muchas alertas y advertencias innecesarias (alertas molestas), que un piloto puede aprender a ignorar, provocando, de esta manera, que el piloto se vuelva insensible a advertencias más importantes. Además, un procedimiento estándar consiste en aplicar un área de influencia fija a toda la base de datos. Normalmente, estas áreas de influencia tienen entre 304,8 m y 914,4 m de altura y tienden a generar también numerosas alertas molestas. Estas y otras consideraciones son la razón por la que se ha desarrollado la presente invención. El documento US 2005/014259 se refiere a un procedimiento para actualizar una base de datos geográfica. El equipo de recogida de datos está instalado en cada uno de entre una pluralidad de vehículos, cada uno de los cuales tiene también un sistema de navegación. El equipo de recogida de datos se usa para recoger datos mientras los vehículos son conducidos a lo largo de las carreteras por sus usuarios respectivos. Además, se describe un procedimiento para asignar un nivel de confianza a los datos geográficos. El nivel

de confianza es asignado a los datos geográficos como un atributo. Además, se describe un procedimiento para determinar una posición de un vehículo por medio de estructuras de detección de arcén. Los datos indicadores de las posiciones de las estructuras de arcén están contenidos en una base de datos geográfica. El emparejamiento de las posiciones de las estructuras de arcén detectadas con los datos en la base de datos geográfica que indican las posiciones de las estructuras, puede determinarse la posición del vehículo mientras se está desplazando.

El documento GB 2393342 se refiere a un procedimiento para registrar datos de reconocimiento de imágenes de aeronaves con datos de mapas, que comprende las etapas de registrar 203 datos de imágenes con una cámara 201 digital en una pluralidad de ubicaciones junto con el balanceo, la inclinación y la altura sobre el nivel de mar determinados por un sistema 200 de navegación. La altura sobre el nivel de suelo de la aeronave puede ser calculada directamente usando un radar o un altímetro 202 láser. La altura sobre el nivel de suelo medida directamente es comparada con la altura sobre el nivel de mar, y la altura sobre el suelo se determina a partir de datos de mapas. Esto genera datos de diferencias que pueden ser usados para correlacionar la posición de las imágenes de reconocimiento con los datos de mapas. Se seleccionan los datos de diferencias que tiene una desviación estándar más baja, y en una posición de dichos datos de diferencias seleccionados; se generan datos tridimensionales de la superficie usando una ecuación bicuadrática. Se generan datos de superficie bicuadráticos para cada posición en la que se han registrado datos; se generan datos de diferencia entre dichos datos de altura de mapas y los datos de superficie generados. El error entre los datos de superficie y los datos de altura es minimizado desplazando dichos datos de posición en relación a dichos datos de mapa hasta que se consigue el error mínimo. Los datos de imágenes se registran con los datos de mapas después de aplicar dicho desplazamiento de los datos de imágenes.

La presente invención se describe en las reivindicaciones independientes, con algunas características opcionales descritas en reivindicaciones dependientes de las mismas.

Sumario

Las realizaciones de la presente descripción se refieren a sistemas y procedimientos para la generación de una base de datos de terreno certificable. En las realizaciones, se identifican diversas regiones de prueba. Una región de prueba es una sección o zona definida de la superficie de la tierra que tiene características descriptibles matemáticamente. Un primer conjunto de datos de terreno es recibido para una primera región de prueba, generado por un único procedimiento de adquisición de datos. El primer conjunto de datos de terreno es comparado con un segundo conjunto de datos de terreno para determinar un conjunto de atributos de calidad. A continuación, los atributos de calidad ayudan a determinar, para la región de prueba, un margen de seguridad que está relacionado con un nivel de confianza predeterminado. El margen de seguridad puede ser aplicado a una o más elevaciones para crear una envolvente de seguridad para la región de la prueba. A continuación, la primera región de prueba es comparada con otras regiones que tienen las mismas características o similares. Si las características son similares, y si se usó un procedimiento similar para recoger los datos de terreno para las otras regiones, el margen de seguridad de la primera región de prueba puede ser aplicado a las otras regiones. El procedimiento de generación de atributos de calidad y envolventes de seguridad para regiones de prueba diferentes, o de aplicación de márgenes de seguridad conocidos a las elevaciones de regiones similares, continúa hasta que a todas las regiones se les ha asignado una envolvente de seguridad. De esta manera, se genera una base de datos de terreno a escala mundial, que tiene el mismo nivel de confianza, sin mediciones de calidad, innecesarias y costosas, en todas las zonas del mundo.

Las realizaciones descritas pueden implementarse como un procedimiento informático, un sistema informático, o como un artículo de fabricación, tal como un producto de programa de ordenador. El producto de programa de ordenador puede ser un medio de almacenamiento legible por ordenador en un sistema informático y que codifica un programa de ordenador con instrucciones para ejecutar un procedimiento informático. El producto de programa de ordenador puede ser también una señal propagada sobre un soporte legible por un sistema informático y que codifica un programa informático con instrucciones para ejecutar un procedimiento informático.

Una apreciación más completa de las presentes realizaciones ejemplares y sus mejoras pueden obtenerse con referencia a los dibujos adjuntos, que se resumen brevemente a continuación, la descripción detallada siguiente de las realizaciones ejemplares de la presente invención, y las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Las Figuras 1A y 1B son realizaciones ejemplares de bases de datos de terreno que tienen atributos de calidad establecidos para una primera región de prueba y aplicados a una segunda región según la presente descripción.

La Figura 2 es un diagrama funcional que ilustra un entorno informático y un dispositivo de computación que puede ser operado para proporcionar una base de datos de terreno según la presente descripción.

La Figura 3 es un diagrama funcional de una realización ejemplar de un sistema para crear una base de datos de terreno óptima según la presente descripción.

La Figura 4 es una realización ejemplar de una función de distribución de márgenes de error para una región de

prueba y una realización ejemplar de un margen de seguridad establecido para la región de prueba según la presente descripción.

La Figura 5 es un diagrama de flujo que representa una realización para establecer los atributos de calidad y un margen de seguridad para una región de prueba.

5 La Figura 6 es un diagrama de flujo que representa una realización para determinar una distribución de márgenes de error para una región de prueba.

La Figura 7 es un diagrama de flujo que representa una realización para establecer un margen de seguridad para una región de prueba en base de una distribución de márgenes de error.

10 La Figura 8 es un diagrama de flujo que representa una realización para generar una base de datos de terreno a escala mundial que tiene márgenes de seguridad aplicados a todas las regiones.

Descripción detallada

15 Ahora, las realizaciones ejemplares de la presente invención se describirán más detalladamente con referencia a los dibujos adjuntos. La descripción no debería interpretarse como limitada a las realizaciones ejemplares descritas en la presente memoria. Por el contrario, estas realizaciones ejemplares se proporcionan de manera que la descripción sea exhaustiva y completa y transmita completamente el alcance de las posibles realizaciones a las personas con conocimientos en la materia.

20 Una vista en sección transversal de una realización ejemplar de una base de datos 100 de terreno se muestra en la Figura 1A. En las realizaciones, la base de datos 100 de terreno contiene información acerca del terreno de una región. La realización ejemplar de la base de datos 100 de terreno es una "base de datos tridimensional" que almacena y proporciona datos de terreno acerca de las ubicaciones y elevaciones. Sin embargo, para simplificar la descripción de la base de datos de terreno, la Figura 1A muestra una vista en sección transversal de solo una parte de la base de datos de terreno total.

25 En las realizaciones, la base de datos 100 de terreno proporciona uno o más puntos de datos, tales como el punto 101 de datos. Un punto de datos puede comprender datos que incluyen, pero no se limitan a, una ubicación, en longitud y latitud, y/o una elevación sobre el nivel del mar. La línea 106 representa el nivel del mar. La flecha 104 representa una elevación ejemplar para una ubicación 105 en la base de datos 100 de terreno. Tras recibir la información y "conectar" una pluralidad de puntos de datos, la base de datos 100 de terreno puede proporcionar una representación ejemplar del terreno, tal como se representa mediante la línea 102. La línea 102 representa la elevación en cualquier ubicación según se extrapola a partir de los datos recogidos.

35 Para establecer una base de datos de terreno optimizada, una zona, que incluye toda o una parte de la superficie terrestre, es seccionada en una pluralidad de regiones. Una región es una zona de la tierra delimitada por algún límite de ubicación. Por ejemplo, una región puede comprender una zona en un cuadrado de 32,19 por 32,19 kilómetros en la superficie de la tierra. La base de datos 100 de terreno, mostrada en la Figura 1A, puede ser una vista en sección transversal de una región. En las realizaciones, una región abarca una parte de la tierra con ciertas características predeterminadas, tales como características geográficas. Por ejemplo, una región puede comprender una región montañosa, colinas, o una región desértica plana. En otras realizaciones, las características predeterminadas de las regiones pueden incluir, pero no están limitadas a, características de uso (tales como urbano, vegetación, o designaciones agrícolas), el procedimiento de recogida usado para los datos de terreno (tales como SRTM o LIDAR), la población, el país o los puntos de referencia. Pueden identificarse una pluralidad de regiones.

45 En las realizaciones, las regiones que tienen características similares se agrupan en conjuntos de regiones. Una o más regiones (o partes de una o más regiones) en cada conjunto pueden designarse como "regiones de prueba". Una región de prueba es una única región o parte de región en la que la calidad de los datos de terreno puede ser evaluada en detalle.

50 La línea 102 en la Figura 1A representa un primer conjunto de datos de terreno para una región de prueba. Los datos 102 de terreno se comparan con otro conjunto de datos de terreno, tales como los datos representados por la línea 108. En las realizaciones, los datos 102 de terreno se recogieron usando un primer procedimiento de recogida, tal como datos SRTM. Los datos 108 de terreno son generados por un segundo procedimiento de recogida, tal como LIDAR. En las realizaciones, se usa un procedimiento de recogida en más zonas o en zonas más grandes (tales como SRTM), mientras que el otro procedimiento es un procedimiento de recogida de alta precisión usado solo para zonas pequeñas (tal como LIDAR). Mediante el uso de estos dos tipos de procedimientos de recogida, puede conseguirse un margen de error para el procedimiento de recogida menos preciso, comparándolo con el procedimiento de recogida de alta precisión.

60 La comparación de los dos conjuntos de datos 102 y 108 de terreno proporciona una pluralidad de "márgenes de error", que son diferencias entre las elevaciones representadas por la línea 102 y la línea 108. Un margen 110 de error ejemplar muestra la diferencia de elevación entre los datos 102 de terreno y los datos 108 de terreno en una ubicación

determinada. Mediante la recogida de una pluralidad de márgenes de error, se genera una distribución de márgenes de error. La distribución de márgenes de error representa la diferencia entre los dos procedimientos de recogida sobre una zona de terreno que tiene ciertas características, tal como se representa por la región de prueba. Usando la distribución de márgenes de error, se selecciona un margen de seguridad ejemplar. Por ejemplo, si el 99,9% de todos los errores son de 15,24 m o menos, un margen de seguridad de 15,24 m asegura que sustancialmente todas las elevaciones reales son menores que la combinación del margen de seguridad y la elevación indicada por la base de datos. Después de aplicar el margen de seguridad a la pluralidad de elevaciones, se genera una "envoltura de seguridad" para la región de prueba. En la realización mostrada en la Figura 1A, los márgenes de seguridad, representados por las flechas 112, se añaden a los datos 102 de terreno para crear la envoltura 114 de seguridad. Las elevaciones representadas por la línea 114 forman los datos de terreno optimizados.

En las realizaciones adicionales, una segunda región definida por la base de datos 116 de terreno se muestra en la Figura 1B. La región de la Figura 1B tiene las mismas características o similares a la región de prueba mostrada en la Figura 1A y es parte del mismo conjunto de regiones. Los datos de terreno, representados por la línea 118, son recogidos con el mismo procedimiento de recogida, menos preciso, que los datos 102 de terreno para la región de prueba en la Figura 1A. De esta manera, una distribución ejemplar de márgenes de error es conocida para este tipo de procedimiento de recogida usado en una región con las mismas características o similares, debido a que la distribución de márgenes de error ya se ha calculado para una región de prueba con la base de datos 100 de terreno en la Figura 1A. Además, un margen de seguridad ejemplar, tal como se representa mediante las flechas 112 en la Figura 1A, fue calculado previamente para el tipo de procedimiento de recogida usado en la región de prueba que tiene las mismas características o similares. De esta manera, con el fin de crear la base de datos 116 de terreno con una envoltura de seguridad, el margen 112 de seguridad, ya calculado para la región de prueba en la Figura 1A, es aplicado a la nueva región en la Figura 1B. Las flechas 120, que tienen los mismos valores que las flechas 112, representan el margen de seguridad aplicado. De esta manera, los valores de terreno con una envoltura de seguridad representada por la línea 122, son creados para otras regiones sin aplicar el análisis del error, costoso y que requiere mucho tiempo, a la base de datos 100 de terreno de la región de prueba en la Figura 1A. Una vez creado o aplicado un margen de seguridad a todas las diferentes regiones, las regiones pueden combinarse en una base de datos de terreno que abarca una zona grande, contigua (tal como un país o incluso, en una realización, una base de datos a escala mundial).

Un ejemplo de un entorno 200 de sistema informático adecuado para implementar la presente invención se ilustra en la Figura 2. El entorno 200 de sistema informático es sólo un ejemplo de un entorno informático adecuado y no pretende sugerir ninguna limitación en relación al alcance de su uso o funcionalidad. Tampoco debería interpretarse que el entorno 200 informático tenga ninguna dependencia o requisito en relación a un componente cualquiera o a una combinación de componentes ilustrados en el entorno 200 operativo ejemplar.

Las realizaciones ejemplares presentadas en la presente descripción son operativas con muchos otros entornos o configuraciones de sistemas informáticos, de propósito general o de propósito especial. Los ejemplos de sistemas, entornos y/o configuraciones informáticas bien conocidas que pueden ser adecuadas para su uso con las realizaciones incluyen, pero no se limitan a, ordenadores personales, ordenadores servidores, dispositivos de mano o portátiles, sistemas multiprocesadores, sistemas basados en microprocesadores, codificadores, electrónica programable de consumo, ordenadores en red, miniordenadores, ordenadores centrales, entornos informáticos distribuidos que incluyen cualquiera de los sistemas o dispositivos anteriores, y similares.

Las realizaciones ejemplares pueden describirse en el contexto general de instrucciones ejecutables por ordenador, tales como módulos de programa, ejecutadas por un ordenador. Generalmente, los módulos de programa incluyen rutinas, programas, objetos, componentes, estructuras de datos, etc., que realizan tareas particulares o implementan tipos de datos abstractos particulares. Las realizaciones ejemplares pueden ponerse en práctica también en entornos informáticos distribuidos, en los que las tareas son realizadas por dispositivos informáticos remotos que están enlazados a través de una red de comunicaciones. En un entorno informático distribuido, los módulos de programa pueden estar situados en medios de almacenamiento de ordenador, tanto locales como remotos, incluyendo dispositivos de almacenamiento de memoria.

Con referencia a la Figura 2, un sistema 200 informático ejemplar para la implementación de las realizaciones ejemplares incluye un dispositivo informático de propósito general en forma de un ordenador 210. Los componentes del ordenador 210 pueden incluir, pero no se limitan a, una unidad 220 de procesamiento, una memoria 230 de sistema y un bus 221 de sistema que acopla diversos componentes del sistema, incluyendo la memoria 230 del sistema, a la unidad 220 de procesamiento. El bus 221 de sistema puede ser cualquiera de entre diversos tipos de estructuras de bus, incluyendo un bus de memoria o un controlador de memoria, un bus periférico o un bus local que usa cualquiera de una entre una diversidad de arquitecturas de bus. A modo de ejemplo, y no como limitación, dichas arquitecturas incluyen el bus Industry Standard Architecture (ISA), el bus Micro Channel Architecture (MCA), el bus Enhanced ISA (EISA), el bus local Video Electronics Standards Association (VESA), el bus Universal Serial Bus (USB) y el bus Peripheral Component Interconnect (PCI), conocido también como bus Mezzanine.

Típicamente, el ordenador 210 incluye una diversidad de medios legibles por ordenador. Los medios legibles por ordenador pueden ser cualquier medio disponible que pueda ser accedido por el ordenador 210 e incluye medios tanto volátiles como no volátiles y medios extraíbles y no extraíbles. A modo de ejemplo, y no como limitación, los medios legibles por ordenador pueden comprender medios de almacenamiento informático y medios de comunicación. Los medios de almacenamiento informático incluyen medios volátiles, no volátiles, extraíbles y no extraíbles, implementados en cualquier procedimiento o tecnología para el almacenamiento de información, tal como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos. Los medios de almacenamiento informático incluyen, pero no se limitan a, RAM, ROM, EEPROM, memoria flash u otra tecnología de memoria, dispositivos de almacenamiento de memoria USB, CD-ROM, discos versátiles digitales (DVD) u otro almacenamiento en disco óptico, casetes magnéticos, cinta magnética, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda ser usado para almacenar la información deseada y que pueda ser accedido por el ordenador 210. Típicamente, los medios de comunicación incluyen instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos en una señal de datos modulada, tal como una onda portadora u otro mecanismo de transporte e incluyen cualquier medio de suministro de información. La expresión "señal de datos modulada" significa una señal que tiene una o más de sus características fijadas o cambiadas para codificar información en la señal. A modo de ejemplo, y no como limitación, los medios de comunicación incluyen medios por cable, tal como una red cableada o una conexión de cableado directo, y medios inalámbricos, tales como medios acústicos, de RF, infrarrojos y otros medios inalámbricos. Las combinaciones de cualquiera de los anteriores deberían incluirse también dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

La memoria 230 de sistema incluye medios de almacenamiento informático en forma de memoria volátil y/o no volátil, tales como una memoria 231 de sólo lectura (ROM) y una memoria 232 de acceso aleatorio (RAM). Un sistema 233 básico de entrada/salida (BIOS), que contiene las rutinas básicas que ayudan a transferir información entre elementos dentro del ordenador 210, tal como durante el arranque, es almacenado, típicamente, en ROM 231. Típicamente, la RAM 232 contiene datos y/o módulos de programa que están inmediatamente accesibles, y/o están siendo utilizados actualmente, por la unidad 220 de procesamiento. A modo de ejemplo, y no de limitación, la Figura 2 ilustra el sistema 234 operativo, los programas 235 de aplicación, otros módulos 236 de programa, y datos 237 de programa, un sistema y una base de datos de terreno para crear la base de datos de terreno, tal como la base de datos 100 de terreno (Figura 1A), se almacenarían como datos 237 de programa y se visualizarían desde la RAM 232.

El ordenador 210 puede incluir también otros medios de almacenamiento informático extraíbles/no extraíbles, volátiles/no volátiles. Solo a modo de ejemplo, la Figura 2 ilustra un ordenador 210 con una interfaz 240 de memoria no extraíble, no volátil, que lee desde o escribe a unos medios 241 magnéticos no extraíbles, no volátiles, tales como una unidad de disco duro. El ordenador 210 puede incluir también una interfaz 250 de memoria no volátil que lee desde o escribe en un dispositivo 251, tal como una unidad de disco, que lee desde o escribe en unos medios 252 extraíbles, no volátiles, tales como un disco magnético. Además, el ordenador 210 puede incluir una unidad 255 de disco óptico que lee desde o escribe en un disco 256 óptico extraíble, no volátil, tal como un CD ROM u otros medios ópticos. Otros medios de almacenamiento informático extraíbles/no extraíbles, volátiles/no volátiles, que pueden ser usados en el entorno operativo ejemplar incluyen, pero no se limitan a, casetes de cinta magnética, tarjetas de memoria flash, discos versátiles digitales, cinta de vídeo digital, dispositivos de almacenamiento de memoria USB, RAM de estado sólido, ROM de estado sólido y similares. Típicamente, la unidad 241 de disco duro está conectada al bus 221 del sistema a través de una interfaz de memoria no extraíble, tal como la interfaz 240, y la unidad 251 de memoria flash y la unidad 255 de disco óptico están conectadas, típicamente, al bus 221 de sistema a través una interfaz de memoria extraíble, tal como la interfaz 250.

Las unidades y sus medios de almacenamiento informático asociados descritos anteriormente e ilustrados en la Figura 2, proporcionan un almacenamiento de instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa y otros datos para el ordenador 210. Por ejemplo, la unidad 241 de disco duro se ilustra como almacenamiento de sistema operativo 244, programas 245 de aplicación, otros módulos 246 de programa, y datos 247 de programa, que pueden ser los mismos o diferentes del sistema operativo 234, de los programas 235 de aplicación, de otros módulos 236 de programa y de los datos 237 de programa. El sistema operativo 244, los programas 245 de aplicación, otros módulos 246 de programa y los datos 247 de programa reciben números diferentes aquí para ilustrar que, como mínimo, son copias diferentes.

Un usuario puede introducir comandos e información en el ordenador 210 a través de una interfaz 260 de entrada de usuario conectada a los dispositivos de entrada de usuario, tales como un teclado 262 y un dispositivo 261 señalador, denominado comúnmente ratón, bola o panel táctil. Otros dispositivos de entrada (no mostrados) pueden incluir un micrófono, un joystick, un mando para juegos, una antena parabólica, un escáner o similares. Frecuentemente, estos y otros dispositivos de entrada están conectados a la unidad 220 de procesamiento a través de una interfaz 260 de entrada de usuario que está acoplada al bus 221 de sistema, pero pueden estar conectados por otras interfaces y estructuras de bus, tales como un puerto paralelo, un puerto para juegos o un bus serie universal (USB).

Un monitor 291 u otro tipo de dispositivo de visualización está conectado también al bus 221 del sistema a través de una interfaz, tal como una interfaz 290 de vídeo. Además del monitor 291, el ordenador 210 puede incluir también otros dispositivos periféricos de salida, tales como altavoces 297 y una impresora 296, que pueden estar conectados a través de una interfaz 295 periférica de salida.

El ordenador 210 puede operar en un entorno de red usando conexiones lógicas a uno o más ordenadores remotos, tales como un ordenador 280 remoto. El ordenador 280 remoto puede ser un ordenador personal, un servidor, un router, un PC de red, un dispositivo similar u otro nodo de red común y, típicamente, incluye muchos o todos los elementos descritos anteriormente con respecto al ordenador 210, aunque sólo se ha ilustrado un dispositivo 281 de almacenamiento de memoria en la Figura 2. Las conexiones lógicas representadas en la Figura 2 incluyen una red 271 de área local (LAN) y una red 273 de área amplia (WAN), pero pueden incluir también otras redes, tales como redes inalámbricas. Dichos entornos de red son comunes en oficinas, redes informáticas a escala de empresa, intranets e Internet.

Cuando se usa en un entorno de red LAN, el ordenador 210 está conectado a la LAN 271 a través de una interfaz de red o adaptador 270. Cuando se usa en un entorno de red WAN, típicamente, el ordenador 210 incluye un módem 272 u otros medios para establecer comunicaciones por la WAN 273, tal como Internet. El módem 272, que puede ser interno o externo, puede estar conectado al bus 221 del sistema a través de la interfaz 260 de entrada de usuario, u otro mecanismo adecuado. En un entorno de red, los módulos de programa representados con respecto al ordenador 210, o partes de los mismos, pueden ser almacenados en el dispositivo 281 de memoria de almacenamiento remoto. A modo de ejemplo, y no como limitación, los programas 285 de aplicación remotos residen en el dispositivo 281 de memoria. Se apreciará que las conexiones de red mostradas son ejemplares y que pueden usarse otros medios de establecimiento de un enlace de comunicaciones entre los ordenadores.

Un sistema 300 ejemplar para la creación de bases de datos de terreno óptimas se muestra en la Figura 3. El sistema 300, en las realizaciones, comprende un motor 302 de base de datos de terreno que recibe entradas y/o proporciona salidas. En las realizaciones, las entradas comprenden una entrada 304 de usuario, un primer conjunto de datos 310 de elevación, un segundo conjunto de datos 312 de elevación, y un nivel 320 de confianza o de integridad, todos los cuales se explican más adelante, en la presente memoria. Una salida ejemplar es una base de datos 318 de terreno de zonas que tiene datos de terreno optimizados.

El motor de base de datos 302 de terreno comprende, en las realizaciones, un módulo 306 de selección de región/región de prueba, un módulo 308 de atributo de calidad, un módulo 314 de margen de seguridad y/o un módulo 316 de correlación. En las realizaciones, el módulo 306 de selección de región/región de prueba identifica y establece una pluralidad de regiones y regiones de prueba. En una realización, una entrada 304 de usuario proporciona una selección de la región y/o la región de prueba. Por ejemplo, un usuario identifica y/o asigna un límite alrededor de una región en la base de datos de terreno que está delimitada por un conjunto de ubicaciones. En otras palabras, el usuario puede elegir ubicaciones en la base de datos de terreno que abarcan o encierran la región y/o la región de prueba. El usuario puede elegir la región en base al tipo de terreno u otras características. En otra realización, el módulo 306 de selección de región/región de prueba selecciona automáticamente las regiones y/o las regiones de prueba. Por ejemplo, la base de datos de terreno puede incluir información de tipo de terreno para partes de una base de datos de terreno. El módulo 306 de selección de región/región de prueba establece una región para las partes de la base de datos de terreno que tienen ciertos tipos de terreno y sus alrededores. En las realizaciones, el módulo 306 de selección de región/región de prueba agrupa las regiones que tienen las mismas características o similares en grupos de regiones.

Una o más selecciones de región de prueba son enviadas al módulo 308 de atributo de calidad. El módulo 308 de atributo de calidad determina los atributos de calidad para una o más de entre la pluralidad de regiones de prueba. En una realización, el módulo 308 de atributo de calidad recibe un primer conjunto de datos 310 de terreno. El primer conjunto de datos 310 de terreno proporciona datos de terreno para la región de prueba y se compila usando un procedimiento o sistema de recogida determinado. El módulo 308 de atributo de calidad recibe también un segundo conjunto de datos 312 de terreno que proporciona también datos de terreno para la región de prueba, pero que se compilan usando un procedimiento o sistema de recogida diferente del primer conjunto de datos 310 de terreno. En las realizaciones, el primer conjunto de datos 310 de terreno se compila usando un procedimiento menos preciso, pero un procedimiento que tiene datos de terreno para la mayoría de la superficie de la tierra (tal como SRTM). El segundo conjunto de datos 312 de terreno se compila usando un procedimiento de alta precisión (tal como LIDAR), pero un procedimiento que tiene datos de terreno para sólo zonas limitadas de la superficie terrestre.

El módulo 308 de atributo de calidad compara el primer conjunto de datos 310 de terreno con el segundo conjunto de datos 312 de terreno. En las realizaciones, el módulo 308 de atributo de calidad correlaciona los puntos de datos en el primer conjunto de datos 310 de terreno a puntos de datos en el segundo conjunto de datos 312 de terreno que tienen

la misma ubicación o similar. A continuación, el módulo 308 de atributo de calidad determina un margen de error de elevación restando la elevación para un primer punto de datos en el primer conjunto de datos 310 de terreno de la elevación del punto de datos correlacionado en el segundo conjunto de datos 312 de terreno. Se determina el margen de error de elevación para cada punto de datos correlacionado. Cada diferencia de elevación se almacena como parte de una función de densidad de márgenes de error, tal como se ha explicado con relación a la Figura 4.

La distribución de márgenes de error es enviada al módulo 314 de margen de seguridad. El módulo 314 de margen de seguridad determina y aplica el margen de seguridad para la zona de prueba. En las realizaciones, el módulo 314 de margen de seguridad recibe un nivel 320 de confianza o de integridad desde un usuario. El nivel 320 de integridad es un intervalo de confianza o nivel de seguridad deseado para los datos de terreno en la región de prueba. Por ejemplo, un intervalo de confianza puede ser 10^{-3} , lo que representa que sólo 1 en mil elevaciones reales está por encima de la envolvente de seguridad, o 10^{-6} , lo que representa que sólo 1 en un millón de elevaciones reales está por encima de la envolvente de seguridad. El módulo 314 de margen de seguridad determina la elevación, en la distribución de márgenes de error, que representa el nivel de confianza deseado, tal como se explica en conjunción con la Figura 4. El módulo 314 de margen de seguridad envía la selección de margen de seguridad al módulo 316 de correlación.

El módulo 316 de correlación correlaciona las regiones de prueba con otras regiones que tienen las mismas características o similares a las regiones de prueba. En las realizaciones, la región de prueba que tiene un margen de seguridad determinado es comparada con una o más regiones diferentes. El módulo 316 de correlación determina si las dos regiones tienen el mismo tipo de terreno y procedimientos de recogida similares para los datos de terreno. Si dos regiones están correlacionadas, el módulo 316 de correlación aplica el margen de seguridad de la región de prueba a la región correlacionada. Este procedimiento continúa hasta que se ha aplicado un margen de seguridad medido a todas las regiones de prueba y se ha aplicado un margen de seguridad correlacionado a todas las demás regiones. Todas las regiones que tienen el mismo nivel de confianza, por ejemplo, 10^{-7} , se ensamblan en una base de datos 318 de terreno de zonas y se proporcionan al usuario.

Una representación gráfica de una distribución 400 de márgenes de error con márgenes de seguridad determinados se muestra en la Figura 4. El gráfico está formado en dos ejes. El primer eje 402 representa la cantidad de margen de error en la elevación entre dos puntos de datos en dos conjuntos de datos de terreno. El segundo eje 404 representa el número de ocurrencias para el margen de error específico en la elevación. Las ocurrencias del margen de error forman la distribución 406 de márgenes de error.

En la realización ejemplar, se establece un margen de seguridad para un nivel de confianza proporcionado. En las realizaciones, se proporciona uno de entre tres o más niveles de confianza, Θ_1 (408), Θ_2 (410) y Θ_3 (412). A continuación, se determina un margen de seguridad para cada nivel de confianza. Por ejemplo, el nivel de confianza 408 puede representar un nivel de confianza de 10^{-3} . De esta manera, se determina una elevación, tal como un valor 414 de elevación, para el que el 99,9% de todos los errores de elevación están a la izquierda de la elevación. Un enfoque matemático similar se usa para determinar el margen de seguridad para los demás niveles de confianza.

Un procedimiento 500 ejemplar para establecer los atributos de calidad para una región de prueba se muestra en la Figura 5. La operación 502 de establecimiento establece una región de prueba. En las realizaciones, un módulo de selección de región/región de prueba, tal como un módulo 306 de selección de región/región de prueba (Figura 3), selecciona la región de prueba. Una región de la prueba puede ser seleccionada automáticamente o puede ser seleccionada con una entrada de usuario. En las realizaciones, la región de prueba tiene ciertas características, tales como el tipo de terreno (por ejemplo, regiones geomorfológicas que incluyen zonas montañosas o rocosas, colinas o regiones planas) o vegetación (por ejemplo, selva tropical, bosque, pantano o desierto). En la selección de la región de prueba, se define una zona geográfica, tal como un cuadrado de 8,047 por 8,047 kilómetros, para abarcar la región de prueba.

La operación 504 de recepción recibe dos o más conjuntos de datos de terreno para la región de prueba. La operación 506 de determinación determina uno o más atributos de calidad, tales como un error en la elevación, para uno o más de los conjuntos de datos de terreno para la región de prueba. En las realizaciones, un conjunto de datos de terreno es muy exacto, y uno o más conjuntos de datos de terreno se comparan con el conjunto de datos de terreno de alta precisión. Se genera una distribución de márgenes de error para cada conjunto de datos de terreno y se asigna a ese conjunto de datos de terreno para la región de prueba. Una realización ejemplar de la determinación de los atributos de calidad se describe a continuación en conjunción con la Figura 6.

La operación 508 de establecimiento establece una envolvente de seguridad para la región de prueba. En las realizaciones, se recibe un nivel de confianza. El nivel de confianza especifica un requisito estadístico para el margen de seguridad, por ejemplo, sólo 1 en mil elevaciones debería estar por encima de la envolvente de seguridad. El nivel de confianza se aplica a la distribución de márgenes de error para determinar una elevación que cumpla con el nivel de confianza. La elevación determinada se convierte en el margen de seguridad.

La operación 510 de aplicación aplica el margen de seguridad al conjunto de datos de terreno para el cual se aplica la distribución de márgenes de error. En otras palabras, para cada punto de datos, la elevación del margen de seguridad se suma a la elevación para ese punto de datos. Las nuevas elevaciones, con el margen de seguridad aplicado, se almacenan como una base de datos de terreno óptima para la región de prueba. Además, la aplicación del margen de seguridad a las elevaciones de otras regiones, que tienen las mismas características o similares que la región de prueba, puede generar nuevas elevaciones (es decir, una envolvente de seguridad) para esas otras regiones.

Una realización ejemplar de un procedimiento 600 para la comparación de dos conjuntos de datos de terreno se muestra en la Figura 6. La operación 602 de correlación correlaciona un punto de datos en un primer conjunto de datos de terreno con un punto de datos en un segundo conjunto de datos de terreno. En las realizaciones, se determina la ubicación, tal como la longitud y la latitud, de un punto de datos en un primer conjunto de datos de terreno. Las ubicaciones de los puntos de datos en el segundo conjunto de datos de terreno son escaneadas en busca de un punto de datos que tenga la misma ubicación o casi la misma. En una realización, la distancia entre las ubicaciones de los puntos de datos en el primer conjunto de datos de terreno y el segundo conjunto de datos de terreno se calcula usando el teorema de Pitágoras. La distancia es igual a la raíz cuadrada de la suma de la diferencia al cuadrado de latitud entre los puntos de datos y la diferencia al cuadrado de longitud entre los puntos de datos, es decir,

$$Dist. = \sqrt{((\Delta Latitud)^2 + (\Delta Longitud)^2)}$$

Aunque este cálculo simple funciona para dos puntos que están en estrecha proximidad, puede necesitarse una ecuación más complicada si surgen errores de distancia debido a que la superficie de la tierra es curvilínea, es decir, los valores de latitud y de longitud en un primer conjunto de datos de terreno pueden no tener la misma elevación que los valores de latitud y de longitud en un segundo conjunto de datos de terreno. En las realizaciones, para situaciones más complicadas, la fórmula para encontrar la distancia ortodrómica entre dos puntos viene determinada por:

$$Dist. = 2 * \arcsen \left(\sqrt{\left(\sen \left(\frac{lat1 - lat2}{2} \right) \right)^2 + \cos(lat1) * \cos(lat2) * \left(\sen \left(\frac{lon1 - lon2}{2} \right) \right)^2} \right)$$

Una vez descubierto el punto de datos en el segundo conjunto de datos de terreno que está más cerca del punto de datos en el primer conjunto de datos de terreno, los dos puntos de datos se correlacionan. En las realizaciones, sólo hay un punto de datos correlacionado en el segundo conjunto de datos de terreno para cada punto de datos en el primer conjunto de datos de terreno.

Sin embargo, en las realizaciones, el segundo conjunto de datos de terreno puede tener también una resolución mayor. En otras palabras, para cada zona predeterminada, el segundo conjunto de datos de terreno tendrá más puntos de datos que el primer conjunto de datos de terreno. En una realización, la operación 602 de correlación puede buscar todos los puntos de datos en el segundo conjunto de datos de terreno que están dentro de una distancia predeterminada desde un punto de datos en el primer conjunto de datos de terreno y, a continuación, puede seleccionar el punto de datos en el segundo conjunto que tenga la mayor diferencia en elevación con el punto de datos correlacionado en el primer conjunto de datos. Por ejemplo, la operación 602 de correlación puede consultar cada uno de los puntos en el segundo conjunto de datos de terreno que están dentro de un radio de 100 metros de la ubicación de un punto de datos en el primer conjunto de datos de terreno. El punto de datos en el segundo conjunto de datos de terreno que tiene la mayor diferencia en la elevación puede ser correlacionado con el punto de datos en el primer conjunto de datos de terreno. De esta manera, los errores o imprecisiones adicionales resultantes de la diferencia de resolución entre los dos conjuntos de datos de terreno se compensarán correlacionando los puntos dentro de los dos conjuntos de datos que tengan la mayor discrepancia, rellenando, de esta manera, el margen de seguridad que se aplica.

La operación 604 de determinación determina si hay más puntos de datos en el primer conjunto de datos de terreno que aún no se han correlacionado con un punto de datos en el segundo conjunto de datos de terreno. Si hay más puntos de datos para ser correlacionados, el flujo se ramifica a SÍ a la operación 602 de correlación. Sin embargo, si no hay más puntos de datos para ser correlacionados, el flujo se ramifica a NO a la operación 606 de determinación. La operación 606 de determinación calcula un error en elevación entre los puntos de datos correlacionados. En las realizaciones, el valor de la elevación para el punto de datos en el primer conjunto de datos de terreno se resta del valor de la elevación del punto de datos en el segundo conjunto de datos de terreno. De esta manera, si la elevación

del punto de datos en el primer conjunto de datos de terreno es mayor, se registra un error negativo. El margen de error en la elevación es asignado a los puntos de datos correlacionados.

5 La operación 608 de determinación determina si hay más puntos de datos correlacionados que requieren un margen de error de elevación calculado. Si hay más puntos de datos correlacionados para los cuales todavía tiene que calcularse un margen de error, el flujo se ramifica a YES a la operación 606 de determinación. Si no hay más puntos de datos correlacionados que requieren un cálculo del margen de error, el flujo se ramifica a NO a la operación 610 de compilación. La operación 610 de compilación compila todos los valores de los márgenes de error en la distribución de márgenes de error. En las realizaciones, la distribución de márgenes de error contiene información acerca del número de ocurrencias para cada margen de error en elevación, tal como se muestra en la distribución ejemplar en la Figura 4. En las realizaciones adicionales, otros atributos de calidad incluyen, pero no se limitan a, margen de error promedio, varianza en el margen de error, desviación estándar en el margen de error, moda de los errores, mayor margen de error en elevación y menor cantidad de margen de error en elevación.

15 Una realización ejemplar de un procedimiento 700 para generar una envolvente de seguridad se muestra en la Figura 7. La operación 702 de recepción recibe los atributos de calidad, tales como una distribución de márgenes de error, para el conjunto de datos de terreno para la región de prueba. La operación 704 de establecimiento establece un nivel de confianza para la base de datos de terreno. En una realización, un usuario introduce un nivel de confianza deseado, tal como 10^{-3} .

20 La operación 706 de aplicación aplica el nivel de confianza a la distribución de márgenes de error para determinar un margen de seguridad, tal como se explica en conjunción con la Figura 4. En una realización, se elige una elevación en la que el número de márgenes de error de elevación por debajo de la elevación elegida es igual al nivel de confianza. Por ejemplo, si el nivel de confianza es 10^{-3} , sólo uno de cada mil márgenes de error de elevación en la distribución de márgenes de error estará por encima de la elevación elegida. Una persona con conocimientos en la materia reconocerá los cálculos estadísticos necesarios para determinar esta elevación.

25 Una realización ejemplar de un procedimiento 800 para generar una base de datos de terreno a gran escala con el mismo nivel de confianza se muestra en la Figura 8. La operación 802 de establecimiento establece una región siguiente (donde al menos ya se ha creado una región de prueba). La región siguiente es de nuevo una zona geográfica delimitada, tal como un cuadrado de 32,19 por 32,19 kilómetros, y tiene ciertas características, por ejemplo, la región es una región montañosa.

30 La operación 804 de determinación determina el tipo de procedimiento o procedimientos de recogida usados para obtener el uno o más conjuntos de datos de terreno para la región siguiente. Por ejemplo, la región puede incluir datos desde dos conjuntos de bases de datos de terreno, una que usa SRTM y la otra que utiliza un reconocimiento físico. La operación 806 de correlación correlaciona la región siguiente con una región de prueba establecida previamente. En las realizaciones, se determina una región de prueba con características similares a la región siguiente. Por ejemplo, las dos regiones pueden constituir regiones montañosas. La región de prueba ya tiene un conjunto de atributos de calidad calculados.

35 Durante la correlación de las regiones, la operación 808 de determinación determina si las dos regiones han usado un procedimiento de recogida similar, por ejemplo, SRTM, para obtener los datos de terreno. En las realizaciones, el procedimiento de recogida usado para obtener los datos de terreno es una de las características de la región. Si las regiones correlacionadas no comparten al menos un procedimiento de recogida similar, el flujo se ramifica a NO a la operación 806 de correlación para buscar otra zona de prueba con características similares. Sin embargo, si las regiones correlacionadas comparten un procedimiento de recogida común, el flujo se ramifica a YES a la operación 810 de establecimiento.

40 La operación 810 de establecimiento establece el nivel de confianza para la base de datos de terreno deseada. En las realizaciones, una organización comercial o gubernamental establece los niveles de confianza para ciertas bases de datos de terreno. Por ejemplo, una base de datos de terreno usada para el aterrizaje de aviones comerciales puede tener un nivel de confianza muy alto, por ejemplo, una en un millón de elevaciones está fuera de la envolvente de seguridad. Todos los datos de terreno dentro de la base de datos de terreno deben cumplir este nivel de confianza. De esta manera, se introduce o establece el nivel de confianza.

45 La operación 812 de aplicación aplica el margen de seguridad desde la región de prueba similar a la región siguiente. En las realizaciones, el margen de seguridad de elevación determinado para la región de prueba usando el mismo nivel de confianza se aplica a todas las elevaciones en la región siguiente. La operación 814 de determinación determina si hay otra región en la base de datos de terreno a gran escala que todavía tiene que recibir un margen de seguridad. Si hay otra región, el flujo se ramifica a YES a la operación 802 de establecimiento. Si no hay otra región, el flujo se ramifica a NO a la operación 816 de compilación.

5 La operación 816 de compilación compila todos las regiones en una base de datos de terreno a gran escala que tiene un nivel de confianza uniforme. Como tal, el creador de la base de datos de terreno no tiene que realizar un análisis estadístico en cada región. Por el contrario, mediante la determinación de un margen de seguridad para una zona de prueba y la aplicación del margen de seguridad determinado a regiones similares, es decir, regiones que tienen características similares, el creador de la base de datos de terreno genera una base de datos de terreno a gran escala que tiene un nivel de confianza predeterminado.

10 A modo de ejemplo, considérense dos regiones desérticas, el desierto de Gobi, en Mongolia, y el desierto de Mojave. Ambas regiones desérticas pueden formar una región con características similares, por ejemplo, las dunas de arena, vegetación escasa y seca, etc. Cada región puede tener datos de terreno recogidos con un procedimiento de recogida de menor precisión, pero prolífico, tal como SRTM. Sin embargo, la región que abarca el desierto de Gobi puede no tener ningún dato de terreno de alta precisión, debido a la lejanía y la inaccesibilidad general de la región. Por el contrario, la región (o una parte de la región) que abarca el desierto de Mojave puede tener datos de terreno de alta precisión procedentes de otra fuente de recogida, tal como LIDAR, ya que gran parte de esta región es más accesible a las personas con los recursos para producir los datos de terreno costosos y de la alta precisión. Como tal, una parte de la región que abarca el desierto de Mojave, tal como una región de 8,047 por 8,047 kilómetros, con datos de terreno de alta precisión, es determinada como una región de prueba.

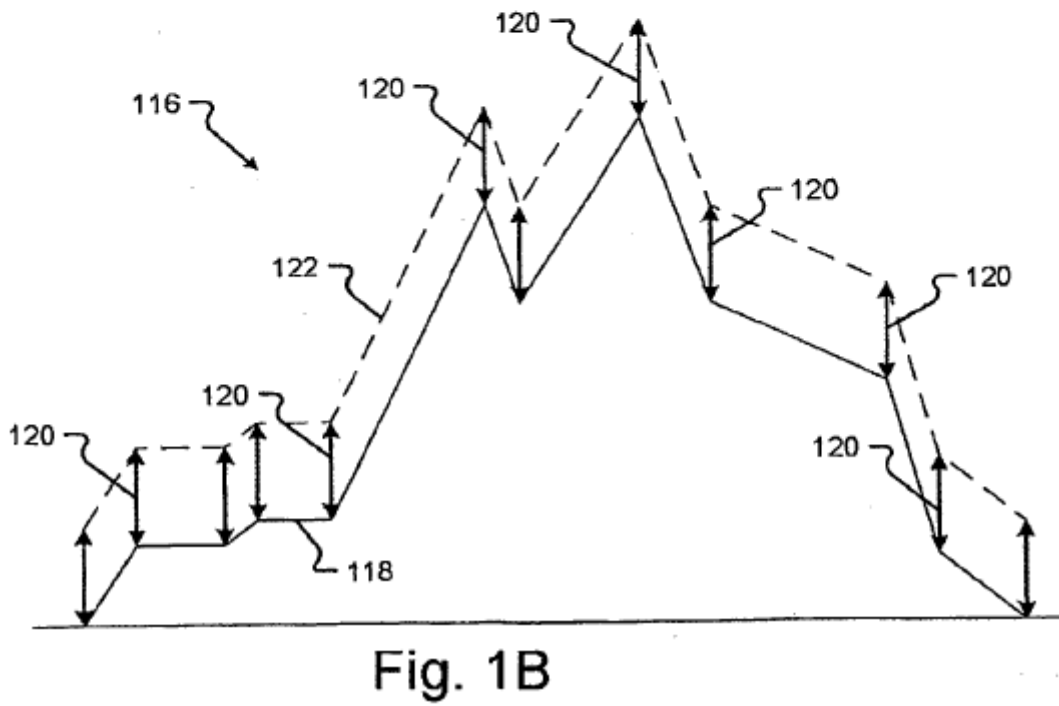
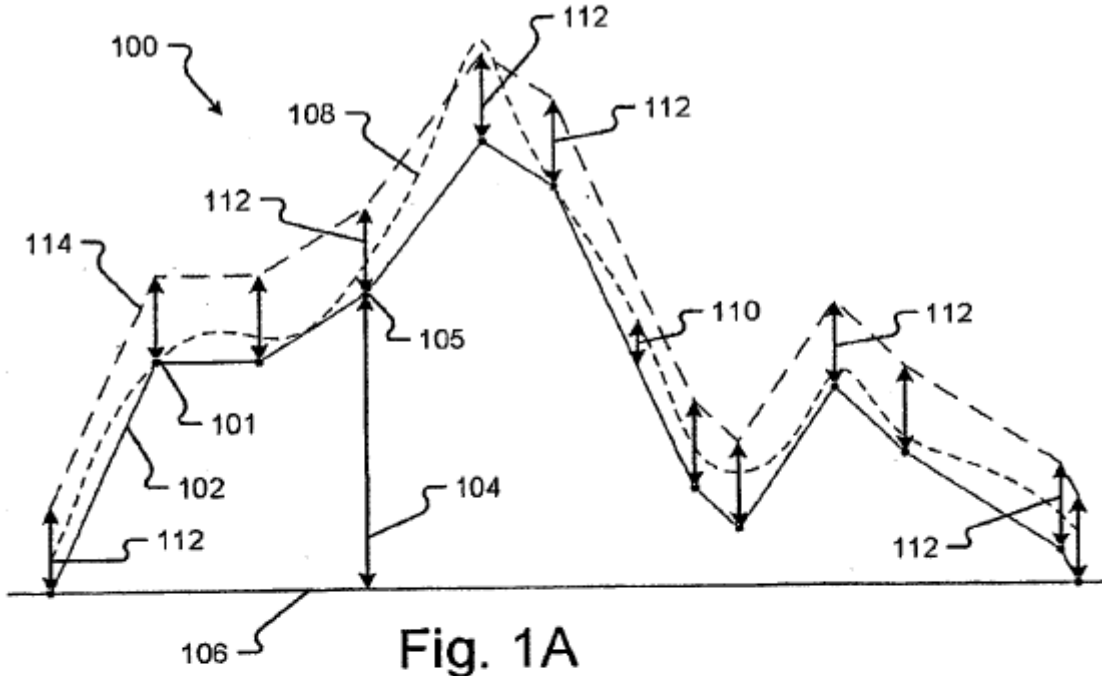
20 Una comparación entre los datos de terreno de alta precisión y los datos de terreno menos precisos para la región de prueba del desierto de Mojave pueden generar una distribución de márgenes de error, tal como se muestra en la Figura 4. Con un cierto nivel de confianza, se genera un margen de seguridad con la distribución de márgenes de error. A continuación, el margen de seguridad se aplica a los datos de terreno menos precisos para generar un conjunto de datos de terreno óptimos establecidos para la región completa del desierto de Mojave.

25 Además, el margen de seguridad usado con la región de prueba del desierto de Mojave puede ser aplicado también a regiones similares. De esta manera, el desierto de Gobi y el desierto de Mojave tienen características similares. Sin embargo, no existen datos de terreno altamente precisos para la región del desierto de Gobi. El margen de seguridad generado para la región de prueba del desierto de Mojave se aplica a los datos de terreno para toda la región del desierto de Gobi. Mediante el uso de este procedimiento, pueden usarse los datos de terreno de alta precisión para una región de prueba para evaluar la calidad de los procedimientos de recogida de datos de terreno en otras regiones. Este conocimiento permite la generación de bases de datos de terreno más precisas para regiones que no han sido sometidas a reconocimientos más precisos.

35 Aunque las realizaciones ejemplares de la presente memoria han sido descritas en un lenguaje específico para las características estructurales, los actos metodológicos y los medios legibles por ordenador que contienen dichos actos, debe entenderse que el alcance de la descripción definida en las reivindicaciones adjuntas no se limita necesariamente a la estructura, los actos o medios específicos descritos. La persona con conocimientos en la materia reconocerá otras realizaciones o mejoras que están dentro del alcance y el espíritu de la descripción. Por lo tanto, la estructura, los actos o los medios específicos se describen como realizaciones ejemplares.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema 300 para generar una base de datos 318 de terreno óptima, que comprende:
 - 5 un módulo 306 de selección de región/región de prueba que selecciona una o más regiones y una o más regiones de prueba;
 - un módulo 308 de atributo de calidad que genera atributos de calidad para uno o más conjuntos de datos 310, 312 de terreno para una región de prueba seleccionada por el módulo de selección de región/región de prueba;
 - 10 un módulo 314 de margen de seguridad que determina un margen de seguridad a partir de los atributos de calidad para uno o más conjuntos de datos de terreno para la región de prueba, y
 - un módulo 316 de correlación que correlaciona la región de prueba a una o más regiones diferentes.
2. Sistema definido en la reivindicación 1, en el que el módulo 306 de selección de región/región de prueba selecciona la una o más regiones según las características de una o más regiones.
3. Sistema definido en la reivindicación 2, en el que las características comprenden un tipo de terreno.
4. Sistema definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el módulo 308 de atributo de calidad compara un primer conjunto de datos 310 de terreno para la región de prueba y un segundo conjunto de datos 312 de terreno para la región de prueba.
5. Sistema definido en la reivindicación 4, en el que el módulo 308 de atributo de calidad genera una distribución 406 de márgenes a partir de los márgenes de error de elevación.
6. Sistema definido en la reivindicación 5, en el que el módulo 314 de margen de seguridad determina el margen de seguridad a partir de la distribución 406 de márgenes de error.
7. Sistema definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el módulo 314 de margen de seguridad recibe un nivel 320 de confianza y genera el margen de seguridad de elevación en base al nivel de confianza.
8. Un procedimiento para crear una base de datos 318 de terreno a gran escala, que comprende:
 - 35 establecer una pluralidad de regiones;
 - establecer una o más regiones de prueba de entre la pluralidad de regiones 502;
 - generar atributos de calidad para una primera zona 506 de prueba;
 - determinar un margen de seguridad para la primera región de prueba a partir de los atributos de calidad, en el que el margen de seguridad se correlaciona con un nivel 508 de confianza predeterminado;
 - 40 aplicar el margen de seguridad a una segunda región que no incluye los atributos de calidad, en el que la primera región de prueba y la segunda región tienen características 812 similares;
 - repetir las etapas anteriores hasta que se aplique un margen de seguridad a cada una de entre la pluralidad de regiones; y
 - compilar datos a partir de todas las regiones en la base de datos 816 de terreno a gran escala.
9. Procedimiento definido en la reivindicación 8, en el que la base de datos de terreno a gran escala abarca sustancialmente todo el mundo.
10. Procedimiento definido en la reivindicación 8 ó 9, en el que la generación de los atributos de calidad para la primera región 506 de prueba comprende:
 - 50 comparar un primer conjunto de datos de terreno con un segundo conjunto de datos de terreno para la primera región 600 de prueba, y
 - generar una distribución de márgenes de error de los errores 406 de elevación para la primera región de prueba; y
 - 55 en el que la determinación del margen de seguridad para la primera región de prueba comprende determinar un valor de elevación en la distribución 408, 410 ó 412 de márgenes de error que se correlaciona con el nivel de confianza.
11. Procedimiento definido en la reivindicación 8, en el que el margen de seguridad para la primera región de prueba se aplica solo a la segunda región si se usan procedimientos de recogida similares para derivar los datos de terreno para la primera región de prueba y la segunda región 808.



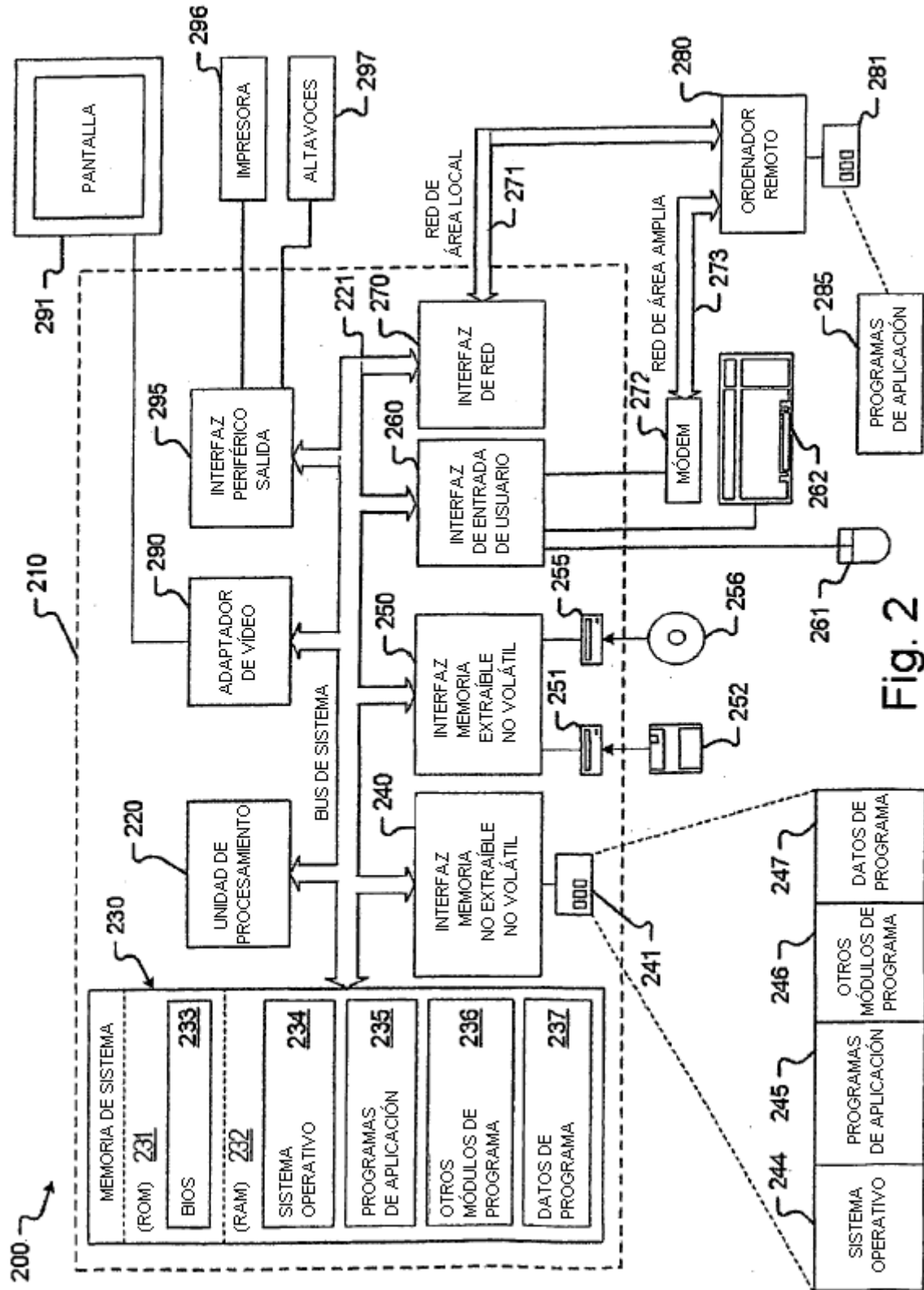


Fig. 2

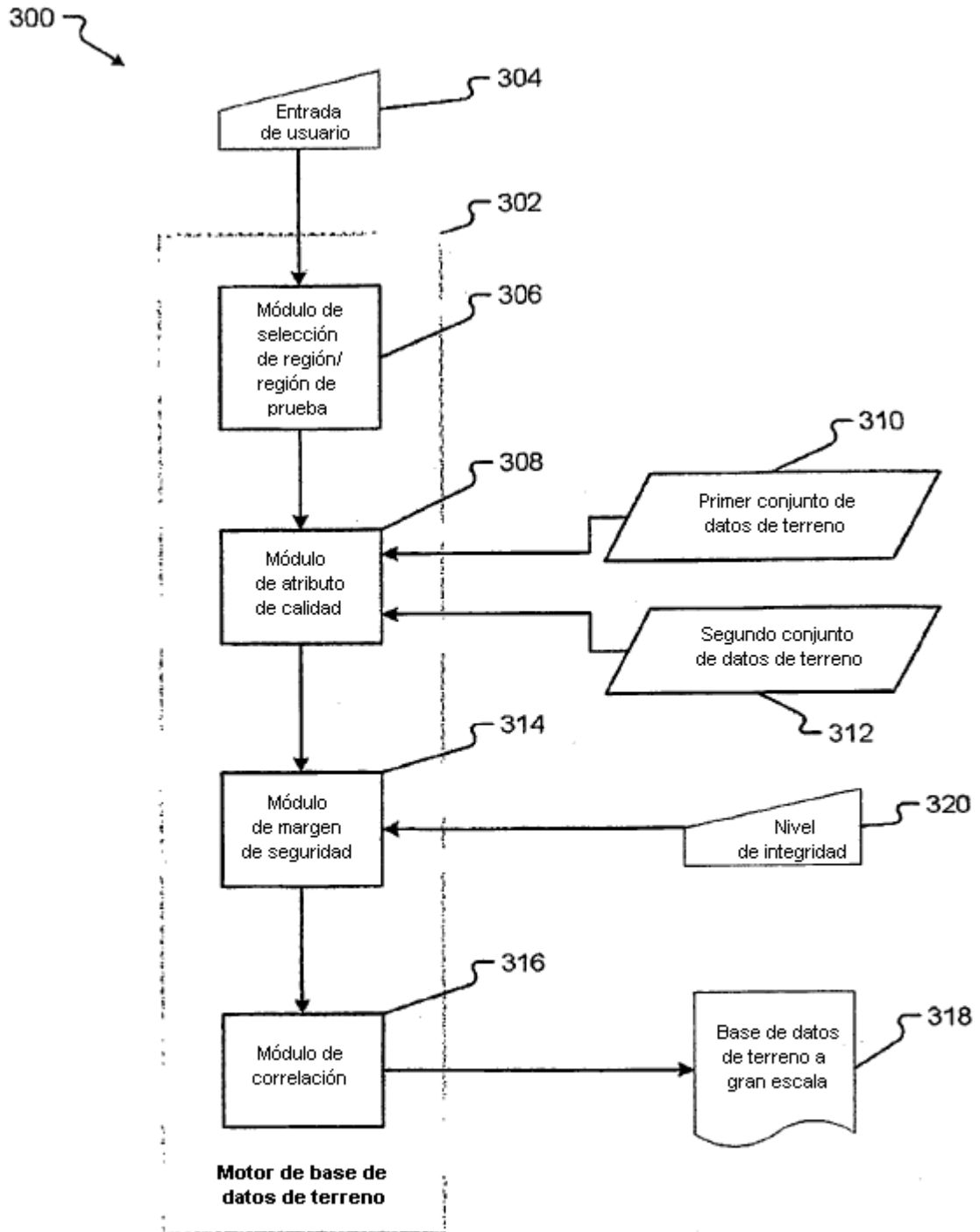


Fig. 3

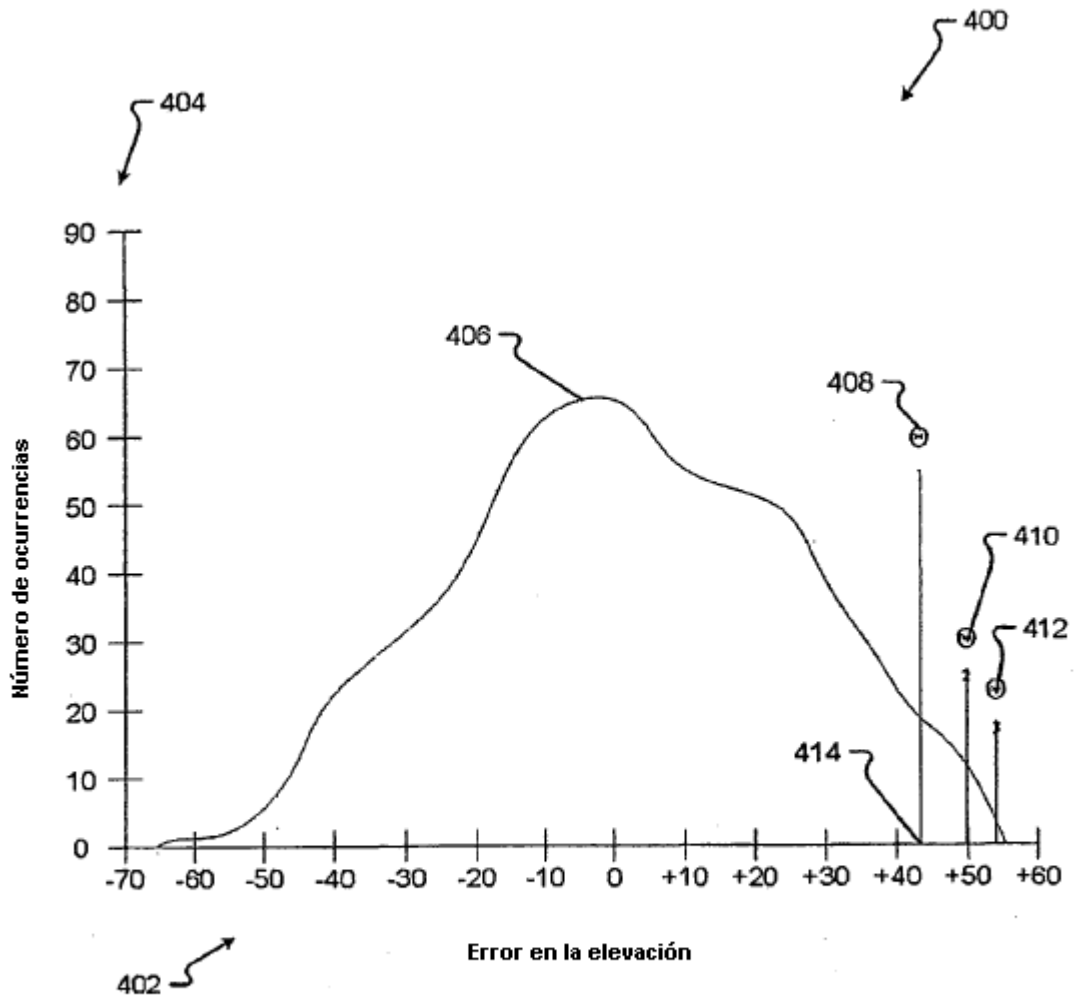


Fig. 4

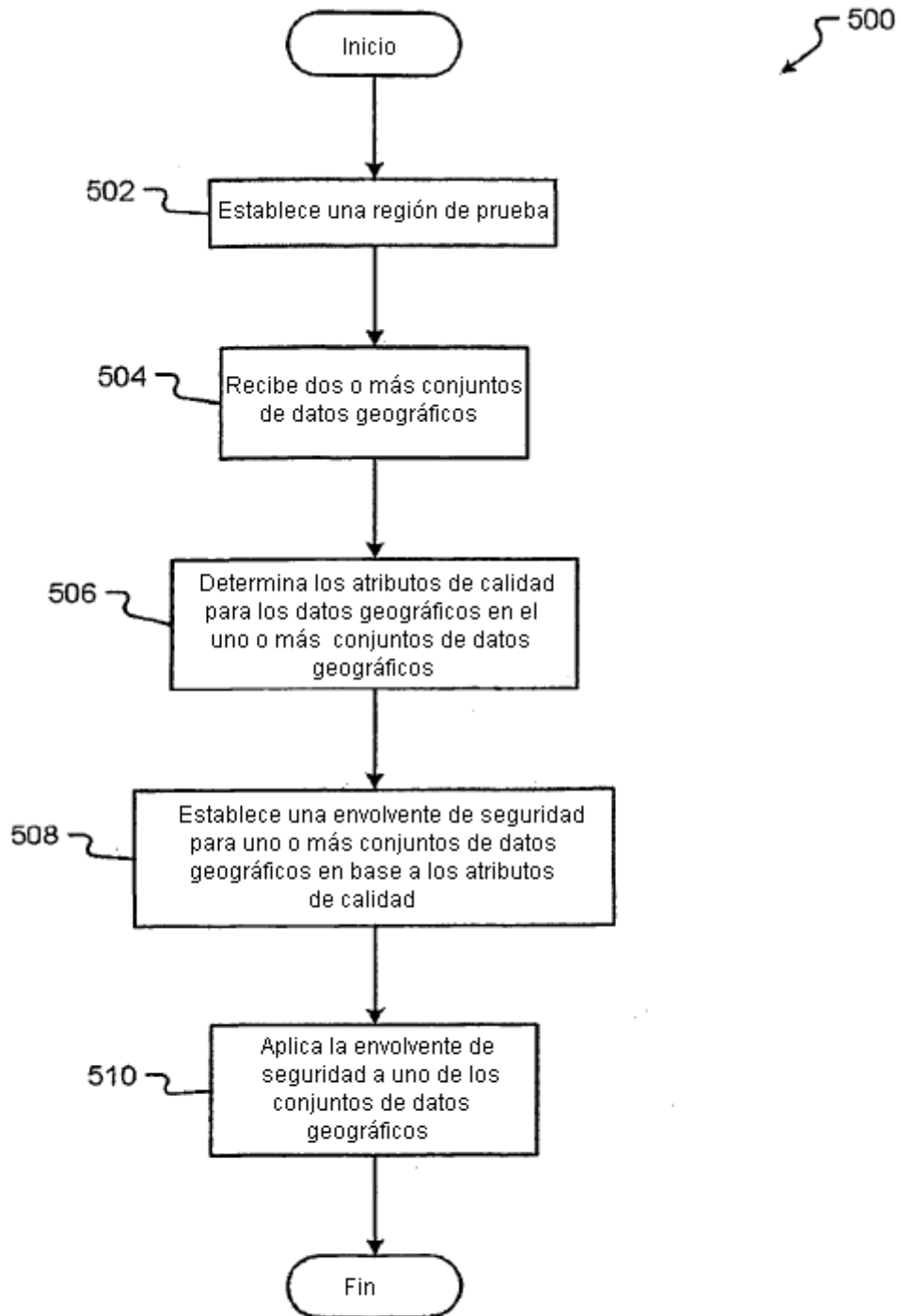


Fig. 5

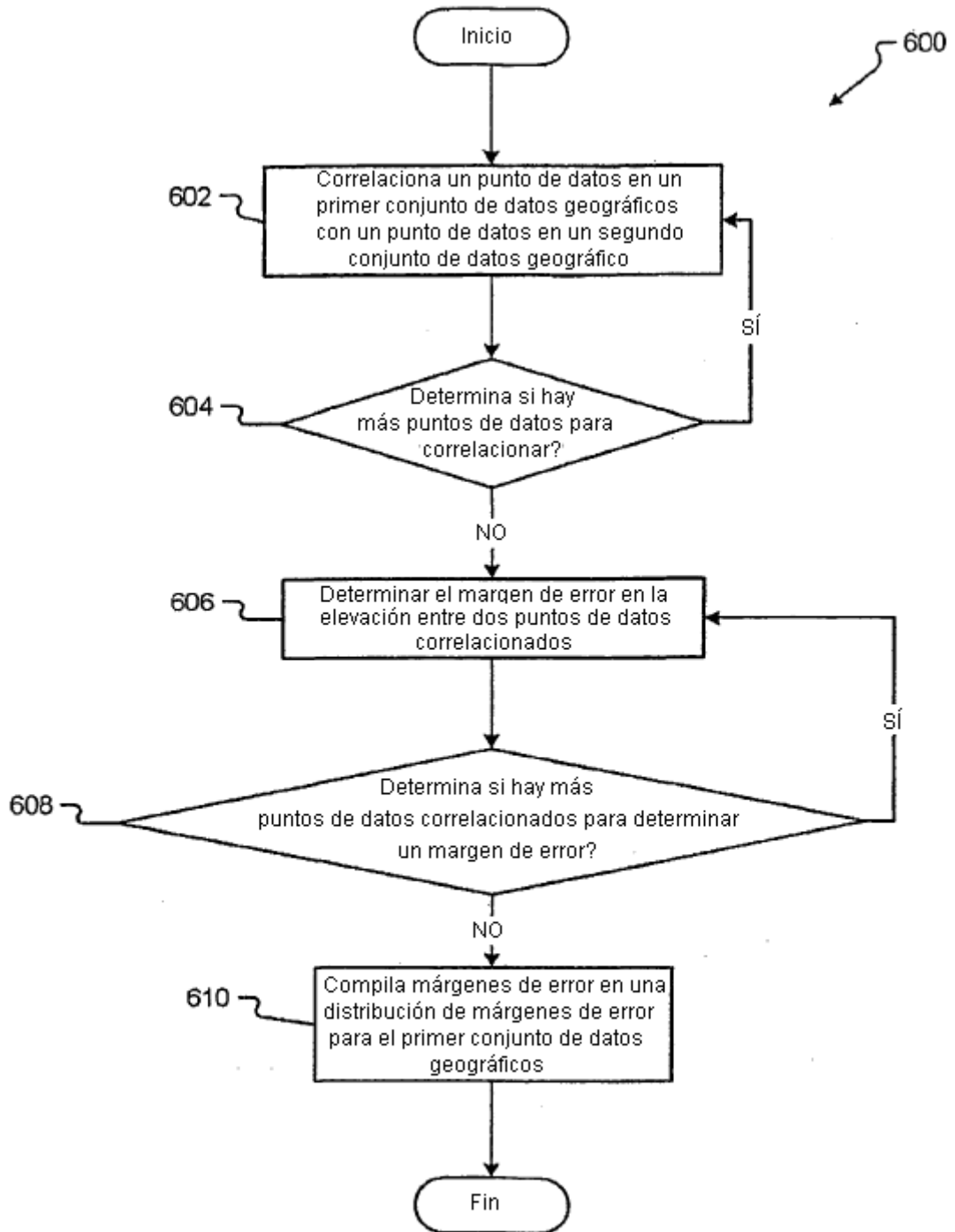


Fig. 6

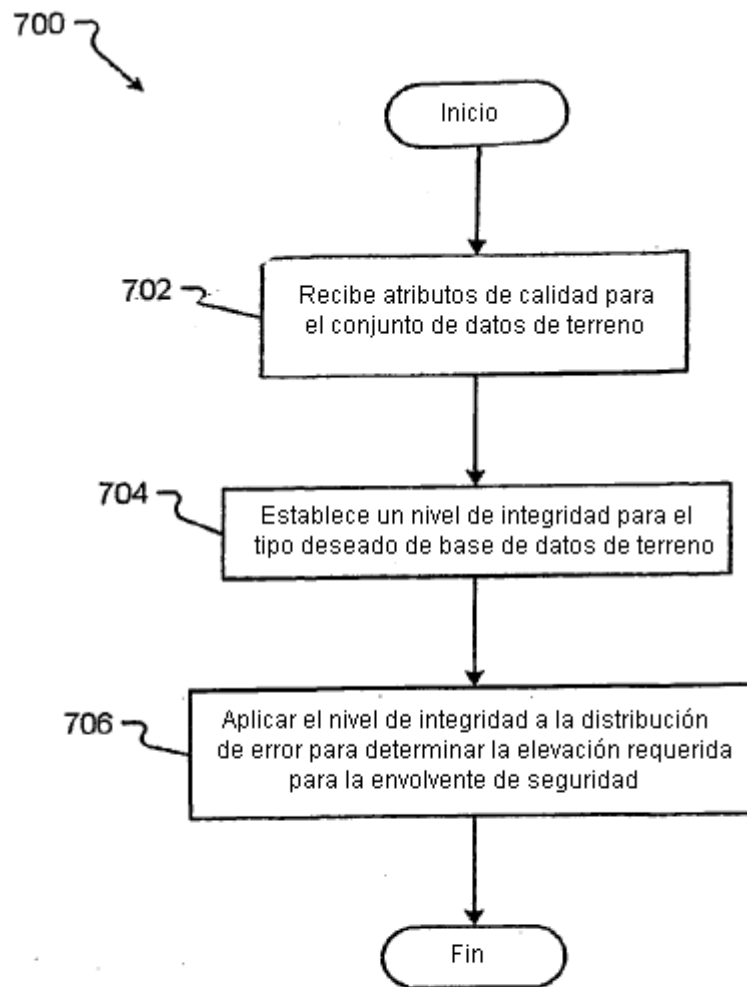


Fig. 7

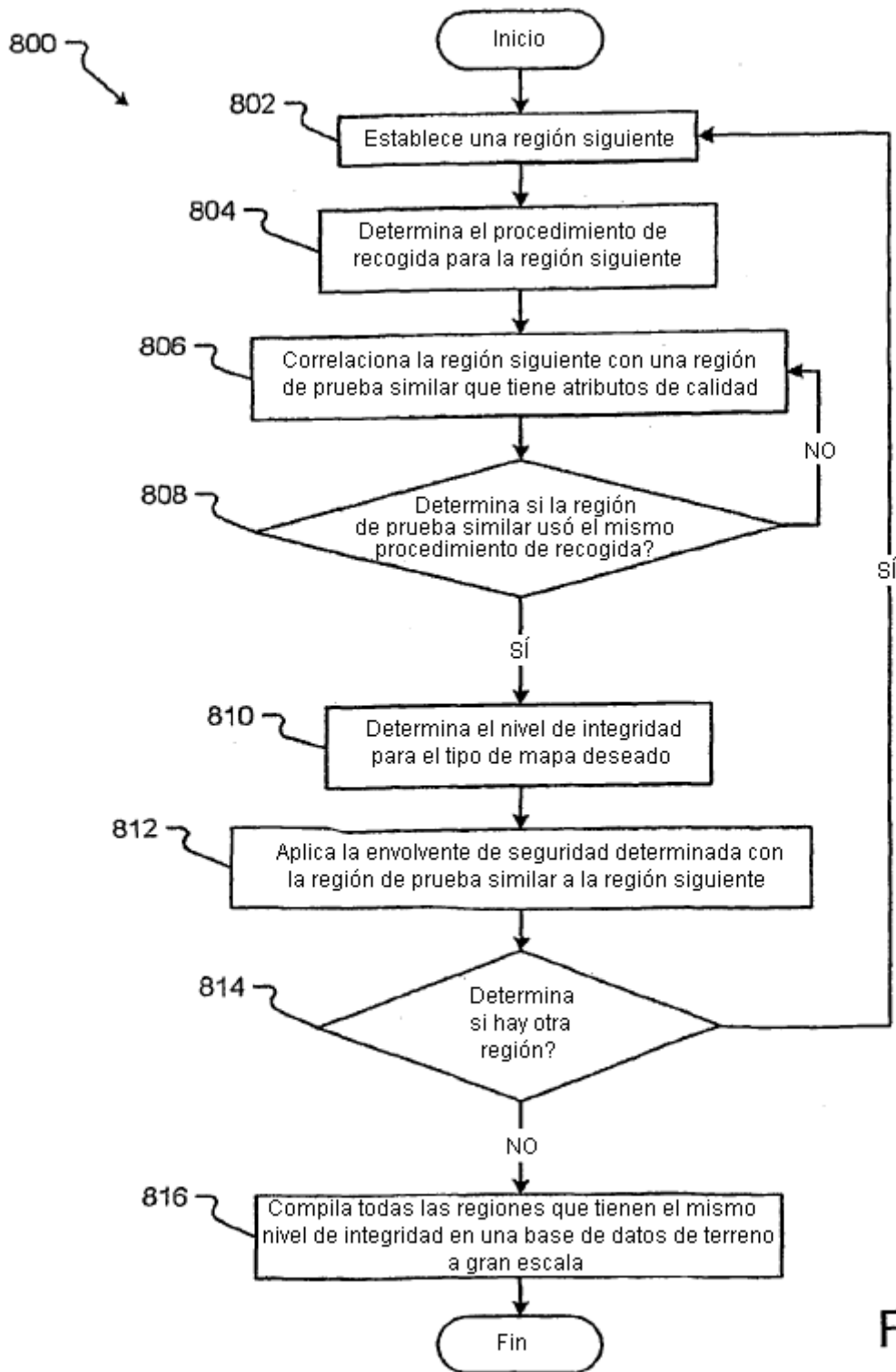


Fig. 8