

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 877**

51 Int. Cl.:

E02F 9/26 (2006.01)

G01C 21/30 (2006.01)

G05D 1/02 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.01.2019 PCT/IL2019/050044**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.08.2019 WO19155454**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2019 E 19751731 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2024 EP 3749811**

54 Título: **Excavación mediante un vehículo no tripulado**

30 Prioridad:
08.02.2018 IL 25742818

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

73 Titular/es:
**ELTA SYSTEMS LTD. (100.0%)
100 Yitzchak Hanassi Boulevard P.O.B. 330
Ashdod 7710201, IL**

72 Inventor/es:
**COHEN, OFIR y
APPELMAN, DINA**

74 Agente/Representante:
DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 989 877 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

Excavación mediante un vehículo no tripulado

5 **Campo técnico**

La materia objeto de la presente invención se refiere a vehículos no tripulados y, más concretamente, a la excavación mediante dichos vehículos.

10 **Antecedentes**

Un vehículo terrestre no tripulado (UGV, por sus siglas en inglés), también conocido como vehículo no tripulado, es una máquina motorizada que se desplaza y opera de forma autónoma, por un teleoperador o por personal que no puede ver el entorno (por ejemplo, cuando no hay ventanas o están bloqueadas por razones de seguridad).

15 Un aspecto técnico del funcionamiento del UGV es la navegación autónoma. Al navegar por el terreno, el UGV debe tener conocimiento de los obstáculos que se encuentran dentro del área atravesada y utilizar esta información para determinar una ruta que evite los obstáculos, a fin de permitir un viaje seguro del vehículo a través del área.

20 Los UGV también pueden realizar otros tipos de operaciones, como por ejemplo excavaciones. Un UGV configurado para excavación está equipado con un implemento de excavación adecuado, como, por ejemplo, una pala o una cuchilla, así como subsistemas relacionados para operar el Implemento de Excavación, para realizar operaciones como cavar, rellenar zanjas, allanar caminos, limpiar obstáculos, etc. Además, el UGV excavador realiza la navegación como parte de sus actividades de excavación, por ejemplo: el UGV puede acercarse al sitio donde se requiere excavación, levantar material y luego navegar para mover el material fuera del sitio. Excavadoras, tractores, buldóceres y retroexcavadoras no tripuladas son ejemplos de estos vehículos no tripulados.

25 El documento de patente US-2013/006.484 A1 representa una pieza relevante de técnica anterior.

30 **Descripción General**

El rastreo de un UGV con un GPS puede no ser lo suficientemente preciso y sufrir discontinuidades que pueden provocar accidentes como colisiones con obstáculos o entrar en zonas no transitables. Además, el rastreo con GPS a veces proporciona datos de posicionamiento vertical insuficientemente precisos (es decir, altitud o “eje z”). Otras técnicas de rastreo incluyen el uso de un sistema de navegación inercial (INS, por sus siglas en inglés) que calcula la posición del UGV a partir de las lecturas recibidas de una unidad de medición inercial (IMU, por sus siglas en inglés).

35 En algunos ejemplos de la materia objeto de la presente invención, el UGV se rastrea utilizando un mapa del entorno utilizando, por ejemplo, un sistema de navegación inercial junto con un escaneo en tiempo real, como se describe en “METHOD OF NAVIGATING AN UNMANNED VEHICLE AND SYSTEM THEREOF” (solicitud de patente israelí 250762, presentada el 29/06/2017). Los aspectos de la invención se presentan en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

45 Para entender la invención y ver cómo puede llevarse a cabo en la práctica, se describirán las realizaciones, como ejemplos no limitativos, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

50 la **Figura 1** es una ilustración estilizada de antes y después de una tarea de excavación para limpiar un montículo, según algunos ejemplos de la materia actualmente descrita;

la **Figura 2** es una ilustración estilizada de antes y después de una operación de excavación de zanja, según algunos ejemplos de la materia objeto actualmente descrita;

55 la **Figura 3** es una ilustración estilizada de antes y durante una tarea de excavación para limpiar rocas, según algunos ejemplos de la materia actualmente descrita;

la **Figura 4** ilustra un diagrama de bloques esquemático de un UGV con capacidad de excavación, según algunos ejemplos de la materia objeto actualmente descrita; y,

60 la **Figura 5** ilustra un diagrama de flujo generalizado de un método para controlar la excavación realizada por un UGV, según algunos ejemplos de la materia objeto actualmente descrita.

Descripción detallada

65 En la siguiente descripción detallada, se establecen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión completa de la invención. Sin embargo, los expertos en la técnica entenderán que el objeto actualmente

descrito puede ponerse en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, los métodos, procedimientos, componentes y circuitos bien conocidos no se han descrito en detalle para no oscurecer el objeto actualmente descrito.

A menos que se indique específicamente de cualquier otra manera, como es evidente de las siguientes discusiones, se aprecia que a lo largo de las discusiones de la descripción que utilizan términos tales como “procesar”, “calcular”, “determinar”, “representar”, “comparar”, “generar”, “evaluar”, “coincidir”, “actualizar”, “crear” o similares, se refieren a la(s) acción(es) y/o proceso(s) de un dispositivo informático que manipulan y/o transforman datos en otros datos, dichos datos representados como cantidades físicas, por ejemplo tales como cantidades electrónicas, y/o representando dichos datos los objetos físicos.

Los términos “ordenador” o “unidad de procesamiento” o “unidad de control” deben interpretarse de manera expansiva para incluir cualquier tipo de dispositivo electrónico con circuitos de procesamiento de datos, que incluye un procesador de ordenador como se describe en la presente memoria a continuación (por ejemplo, una unidad central de procesamiento (CPU), un microprocesador, un circuito electrónico, un circuito integrado (IC), firmware escrito para o portado a un procesador específico como un procesador de señal digital (DSP), un microcontrolador, una matriz de puertas programables en campo (FPGA), un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), etc.) y ejecuta instrucciones de ordenador (por ejemplo, cargadas en una memoria de ordenador) como se describe en la presente memoria.

Las operaciones según las enseñanzas en la presente memoria pueden realizarse por un ordenador especialmente construido para los fines deseados, o por un ordenador de propósito general especialmente configurado para el fin deseado por un programa informático almacenado en un medio de almacenamiento legible por ordenador. En la siguiente descripción detallada, se establecen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión completa de la invención. Sin embargo, los expertos en la técnica entenderán que el objeto actualmente descrito puede ponerse en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, los métodos, procedimientos, componentes y circuitos bien conocidos no se han descrito en detalle para no oscurecer el objeto actualmente descrito.

El término “dispositivo de escaneo” tal como se utiliza en la presente memoria debe interpretarse de manera expansiva para incluir cualquier tipo de dispositivo configurado para identificar que un objeto está presente a una distancia específica y en una dirección específica en relación con el dispositivo. Los ejemplos de dispositivos de escaneo incluyen, entre otros: escáneres láser (incluido LIDAR), RADAR, sensores de imágenes, sonares, etc. Un dispositivo de escaneo puede escanear, por ejemplo, 360° en un plano que rodea el dispositivo, o en algún otro ángulo de escaneo más pequeño (por ejemplo, 180°). Alternativamente, el dispositivo de escaneo puede escanear una esfera o parte de la misma alrededor del UGV. Un dispositivo de escaneo puede proporcionar información para generar un mapa tridimensional del área escaneada. En algunos ejemplos, para ahorrar recursos, se puede generar un mapa 2,5 dimensional, como se detalla a continuación.

El término “vehículo terrestre no tripulado” (UGV) tal como se utiliza en la presente memoria debe interpretarse de manera expansiva para incluir cualquier tipo de vehículo que pueda ser operado de forma autónoma, por un teleoperador o por personal a bordo que no puede ver el entorno y se dirige según un mapa o con instrucciones de dirección explícitas.

El término “mapa”, como se usa en la presente memoria, debe interpretarse de manera expandible para incluir cualquier estructura de datos que represente un área geográfica. Un mapa puede ser absoluto, es decir, comprender indicaciones de coordenadas absolutas de un objeto o una ubicación, o relativo, es decir, comprender información sobre ubicaciones u objetos, independientemente de sus ubicaciones en coordenadas absolutas. Un mapa puede consistir en una referencia a otro mapa, combinada con información sobre cómo el mapa de referencia ha cambiado o debería cambiar. Un mapa puede representarse en un dispositivo de visualización computarizado, papel o cualquier otro medio tangible. En algunos ejemplos de la descripción, se puede generar y utilizar un mapa de 2,5 dimensiones. Un mapa de 2,5 dimensiones se refiere a un mapa que indica la altura más baja de un obstáculo sobre el suelo, es decir, la distancia vertical entre el suelo y el obstáculo en cada ubicación del suelo. En otras palabras, se prevé para cada ubicación del terreno la altura del espacio libre sobre el suelo. De esta forma, la información del mapa indica para cada localización la altura libre para el UGV. Por ejemplo, la altura más baja de la copa de un árbol o de un puente en un punto determinado. Se apreciará que para los obstáculos que se encuentran en el suelo, como una casa o el tronco de un árbol, esta altura puede indicarse como cero. De este modo, a efectos de planificación de la trayectoria, se puede tener en cuenta la altura libre al determinar, por ejemplo, si el UGV puede pasar por debajo de un árbol o de un puente.

Las **Figuras 1, 2, y 3** ilustran tipos de operaciones que pueden ser realizadas por una excavadora UGV, según algunos ejemplos de la materia objeto actualmente descrita.

Ahora se hace referencia a **Figura 1**, que ilustra una ilustración estilizada de antes y después de una tarea de excavación de limpieza de montículos, según algunos ejemplos de la manera del tema actual.

La **Figura 1a** muestra una excavadora UGV **100** incluyendo un implemento **110** de excavación (por ejemplo, pala o cuchilla) posicionada para iniciar la operación. La excavadora UGV **100** está situada en un terreno llano. Delante de

la excavadora UGV **100** hay un montículo **120** que tiene 3 metros de ancho y 3 metros de alto. Al costado del montículo que está detrás de la excavadora UGV **100**, hay una zanja **130** de medio metro de profundidad.

5 La **Figura 1b** muestra la excavadora UGV **135** en terreno llano **140**, después de la finalización de la operación, es decir el montículo **120** se ha eliminado y la zanja **130** se ha llenado.

Ahora se hace referencia a la **Figura 2**, que es una ilustración estilizada de antes y después de una tarea de excavación de zanja, según algunos ejemplos de la forma del tema actual.

10 La **Figura 2a** muestra una excavadora UGV **200** posicionada en terreno llano **210**. La **Figura 2b** muestra la excavadora UGV después de la finalización de una operación, es decir, ahora hay una zanja **230** de 10 metros de ancho y 3 metros de profundidad.

15 Ahora se hace referencia a la **Figura 3**, que es una ilustración estilizada de antes y durante una tarea de excavación para limpiar rocas, según algunos ejemplos de la forma del tema actual.

La **Figura 3a** muestra una excavadora UGV **300**, posicionada para iniciar la operación. El implemento **310** de excavación de la excavadora UGV está posicionado para comenzar a mover rocas de una pila **320**.

20 La **Figura 3b** muestra que algunas rocas se han movido de la pila **340**, así como la forma de la pila de rocas **340** permanece. Mientras tanto, la excavadora UGV **330** ha dejado caer algunas rocas **350** de la pila **340** a cierta distancia del sitio original.

25 En la **Figura 3c**, el montón de rocas **370** es más corto (por ejemplo, porque la pila **370** se ha derrumbado debido a la ausencia de las rocas que fueron removidas en la **Figura 3b**), mientras que la excavadora UGV **350** ha colocado su implemento **360** de excavación en un lugar donde no hay rocas ni tierra (por ejemplo, el mapa mantenido por el UGV **350** puede que no haya recibido información actualizada sobre el montículo colapsado **370**, y en consecuencia, movió su implemento **360** de excavación a un lugar donde anteriormente había rocas). En algunos ejemplos de la materia objeto de la presente descripción, el implemento se puede configurar para proporcionar a los sistemas de control del UGV datos de posición de un implemento 360 de excavación, o con datos sobre la cantidad o composición del material contenido en el implemento 360 de excavación. Los sistemas de control del UGV pueden utilizar estos datos para actualizar el mapa topográfico actual del UGV, como se describirá con más detalle a continuación.

35 A continuación se hace referencia a la Figura 4, que muestra un diagrama de bloques esquemático de un UGV **400** con capacidad de excavación, según algunos ejemplos de la materia objeto de esta invención. El UGV **400** puede incluir un sistema **405** de control de vehículos de excavación, que puede incluir unidades de control y monitoreo de una tarea de excavación. La comunicación entre las unidades puede tener lugar, por ejemplo, a través de una tecnología de red cableada como Ethernet o una tecnología de red inalámbrica como Bluetooth, o cualquier otra infraestructura de comunicación apropiada, conocida en la técnica.

40 La unidad **480** de comunicaciones puede, por ejemplo, recibir datos tales como comandos de excavación de, por ejemplo, un operador remoto (humano o máquina) y puede, por ejemplo, transmitir datos tales como información sobre el estado del UGV de excavación a dicho operador. La transmisión/recepción puede tener lugar a través de una red de comunicación celular o cualquier otro medio de comunicación inalámbrico o por cable adecuado.

45 En particular, la unidad **480** de comunicaciones puede recibir un comando de un administrador remoto para realizar una operación de excavación para que el terreno se corresponda con un mapa diana particular. El control vehicular de alto nivel **473** que agrupa las unidades se puede conectar operativamente a la unidad **480** de comunicaciones y puede almacenar los datos del mapa diana recibidos en el mapa diana **437** de la estructura.

50 El Implemento **410** de excavación es un implemento utilizado por el vehículo de excavación para levantar, depositar, empujar, arrastrar o de otro modo mover tierra u otro material excavable. El implemento **410** de excavación puede ser, por ejemplo, un cucharón o una pala excavadora, una cuchilla de buldócer de un tipo particular (como una cuchilla recta, una cuchilla inclinada, una cuchilla de dientes en peine, etc.) o un cucharón de retroexcavadora, etc. El implemento **410** de excavación puede estar equipado, por ejemplo, con un borde cortante, y puede estar adaptado para mover un tipo específico de material, por ejemplo, mover tierra, mover canteras, mover grava, mover nieve, mover arena, etc. En algunos ejemplos de la materia objeto de la presente descripción, el implemento **410** de excavación puede contener material excavado o de otro tipo en su interior. En algunos ejemplos de la materia objeto de descripción actual, el implemento **410** de excavación puede empujar material excavado u otro material a lo largo del suelo mientras el vehículo se mueve. En algunos ejemplos, el implemento **410** de excavación se puede acoplar a una excavadora ami (no mostrada) que a su vez está acoplada al vehículo.

55 Los sensores **420** de excavación se pueden conectar operativamente al implemento **410** de excavación y pueden recibir y/o detectar información perteneciente al implemento **410** de excavación. Los sensores **420** de excavación pueden comprender un solo dispositivo sensor o varios dispositivos sensores.

En algunos ejemplos de la materia objeto de descripción actual, los sensores **420** de excavación pueden detectar la posición y orientación del implemento **410** de excavación.

5 Los datos de posición y orientación pueden incluir, por ejemplo, la altura del implemento **410** de excavación con respecto a la parte inferior del vehículo de excavación o con respecto al suelo, la distancia de extensión del implemento **410** de excavación en relación con la parte delantera del vehículo de excavación, la trayectoria del cucharón del implemento **410** de excavación, la inclinación horizontal o la inclinación vertical del implemento **410** de excavación etc.

10 En algunos ejemplos, los sensores **420** de excavación pueden detectar datos relacionados con el peso actual o el volumen actual del material excavado u otro material que se encuentra actualmente contenido, empujado o manipulado de otro modo por el implemento **410** de excavación.

15 La funcionalidad de detección de posición, orientación y contenido de los sensores **420** de excavación se puede implementar mecánicamente, por ejemplo: incluyendo una báscula con resorte para medir el peso del material contenido dentro del implemento **410** de excavación, o incluyendo componentes mecánicos que midan las posiciones de los componentes del UGV (como un brazo excavador) que puedan mover el implemento **410** de excavación. La funcionalidad de detección de posición, orientación y contenido de los sensores **420** de excavación se puede implementar electrónicamente, por ejemplo: incluyendo un dispositivo de escaneo, por ejemplo, un sistema de análisis de imágenes basado en cámara que puede evaluar (por ejemplo, utilizando un procesador de imágenes integrado configurado para ejecutar algoritmos de procesamiento de imágenes apropiados) el volumen (cantidad) y la composición del material en el implemento **410** de excavación, así como detectar la distancia del implemento **410** de excavación desde el suelo, la parte delantera del vehículo, la parte inferior del vehículo y/o otros puntos de referencia. La funcionalidad de detección del estado de los sensores **420** de excavación puede implementarse mediante otros mecanismos adecuados, o mediante combinaciones adecuadas de los mencionados anteriormente.

25 Los sensores **465** de navegación pueden ser un sistema de navegación autónomo que utiliza mediciones proporcionadas por una unidad de medición inercial para rastrear la posición, la velocidad y la orientación de un objeto en relación con una posición, orientación y velocidad iniciales.

30 En algunos ejemplos, los sensores **465** de navegación pueden habilitar la navegación inercial con evitación de obstáculos como se muestra en la **Figura 3** de la solicitud de patente israelí 250762 antes mencionada.

35 Los sensores **445** de mapeo pueden incluir un dispositivo de escaneo (por ejemplo, cámaras, láser, LIDAR, etc.) que examina el área alrededor del vehículo.

40 La unidad **430** de control de excavación se puede conectar operativamente al implemento **410** de excavación y puede controlar el movimiento del implemento **410** de excavación. La unidad **430** de control de excavación puede controlar el implemento **410** de excavación utilizando mecanismos electrónicos, mecánicos u otros mecanismos adecuados, o combinaciones de ellos.

45 En algunos ejemplos de la materia objeto de la presente descripción, la unidad **430** de control de excavación puede, por ejemplo, subir y bajar el implemento **410** de excavación a una altura determinada. En algunos ejemplos, la unidad **430** de control de excavación puede, por ejemplo, extender y retraer el implemento **410** de excavación a una distancia determinada con respecto al suelo, la parte inferior del vehículo **100** de excavación, **u otro punto de referencia**. En algunos ejemplos, la unidad **430** de control de excavación puede, por ejemplo, aumentar y disminuir el ángulo del cucharón con respecto al suelo (trayectoria del cucharón) del implemento **410** de excavación. En algunos ejemplos, la unidad **430** de control de excavación puede, por ejemplo, aumentar y disminuir la inclinación horizontal o vertical del implemento **410** de excavación.

50 La unidad **430** de control de excavación se puede conectar operativamente a los sensores **420** de excavación y puede, por ejemplo, recibir información sobre el estado de los sensores **420** de excavación. En algunos ejemplos, la unidad **430** de control de excavación puede, por ejemplo, recibir datos sobre la activación, desactivación, calibración u otra información de estado relacionada con la operación de los sensores **420** de excavación.

55 La unidad **435** de control de subsistemas del vehículo puede controlar varios subsistemas del vehículo de excavación, incluidos, por ejemplo, los subsistemas de dirección, aceleración y frenado del vehículo, etc.

60 El control del vehículo de bajo nivel **415** puede ser una agrupación de unidades que pueden formar la unidad **430** de control de excavación y la unidad **435** de control de subsistemas del vehículo.

La unidad **470** de navegación se puede conectar operativamente a los sensores **465** de navegación y puede recibir de los sensores **465** de navegación datos como la ubicación actual del vehículo y suministrarlos a la unidad **425** de áreas invisibles.

65 La unidad **440** de mapeo 3D se puede conectar operativamente a los sensores **445** de mapeo y a la unidad **470** de navegación. La unidad **440** de mapeo 3D puede generar y mantener información cartográfica sobre el terreno que

rodea inmediatamente al vehículo, así como sobre un área más amplia. La información de mapeo se puede generar en base a datos obtenidos, por ejemplo, por los sensores **445** de mapeo (utilizando por ejemplo un dispositivo de escaneo) y las técnicas de navegación inercial realizadas por la unidad **470** de navegación en conjunción con los sensores **465** de navegación.

5 La unidad **425** de áreas invisibles se puede conectar operativamente a la unidad **440** de mapeo 3D, y los sensores **420** de excavación, y puede, por ejemplo, recibir datos de mapeo 3D de la Unidad **440** de mapeo 3D, así como datos de los sensores **420** de excavación.

10 La ubicación del vehículo se puede conocer a partir de los datos de la Unidad **440** de mapeo 3D y la posición y orientación relativas del implemento **410** de excavación se puede determinar en función de los sensores **420** de excavación. A partir de esta información, se puede inferir la ubicación y orientación del mapa del implemento **410** de excavación.

15 La unidad **425** de áreas invisibles puede utilizar estos datos para, por ejemplo, derivar información topográfica relacionada con áreas de terrenos que no están dentro de la línea de visión, o que son inaccesibles para la unidad de mapeo, por ejemplo: un área que se está excavando actualmente. La obtención de información topográfica a partir de datos de los sensores **420** de excavación se describe con más detalle a continuación, con referencia a **Figura 5**.

20 La información topográfica, junto con la información cartográfica contextual relevante, se puede poner a disposición, por ejemplo, de la unidad **460** de comparación de terrenos como se describe a continuación.

25 La unidad **460** de comparación de terrenos se puede conectar operativamente a la unidad **425** de áreas invisibles. La unidad **460** de comparación de terrenos puede recibir, por ejemplo, datos topográficos, así como, por ejemplo, datos cartográficos 3D asociados de la unidad **425** de áreas invisibles y actualizar en consecuencia, por ejemplo, la estructura de datos del mapa **427** de comparación de terrenos.

30 El mapa **427** de comparación de terrenos puede ser una estructura de datos mantenida, por ejemplo, por la unidad **460** de comparación de terrenos, y utilizada, por ejemplo, por la unidad **450** de control de excavación. El mapa **427** de comparación de terrenos puede ser una representación del terreno a medida que cambia durante el proceso de excavación. El mapa **427** de comparación de terrenos puede incluir metadatos que indiquen a la unidad **450** de control de excavación las acciones que deben realizarse para completar una operación de excavación. La unidad **460** de comparación de terrenos puede utilizar el mapa diana **437** en su mantenimiento del mapa **427** de comparación de terrenos - por ejemplo la unidad **460** de comparación de terrenos puede utilizar el mapa diana **437** para evaluar qué operaciones de excavación quedan pendientes y, en consecuencia, crear metadatos en el mapa **427** de comparación de terrenos.

35 La unidad **430** de control de excavación se puede conectar operativamente a la unidad **450** de control de excavación y puede recibir instrucciones de la unidad **450** de control de excavación. Las instrucciones de la unidad **450** de control de excavación a la unidad **430** de control de excavación pueden ser, por ejemplo, instrucciones relativas al movimiento del implemento **410** de excavación como se demuestra arriba. La posición y orientación reales del implemento **410** de excavación como lo indican los sensores **420** de excavación puede diferir de la posición en la que se encuentra la unidad **430** de control de excavación que previamente dirigió su colocación. Por ejemplo, podría suceder que la unidad **430** de control de excavación dirija la colocación de implementos **410** de excavación a una coordenada particular, pero un obstáculo físico hace que sea físicamente imposible para el implemento **410** de excavación ser colocado allí. En esta situación, los sensores **420** de excavación pueden indicar la ubicación real.

40 La unidad **435** de control de subsistemas del vehículo puede controlar los subsistemas físicos (a modo de ejemplo no limitativo: dirección, frenos, etc., pero no el Implemento de Excavación) utilizados durante la realización de tareas de navegación y excavación.

45 El control **473** de vehículos de alto nivel puede ser una agrupación de unidades que pueden comprender la unidad **490** de planificación de trayectorias y la unidad **450** de control de excavaciones. Además, el control **473** de vehículos de alto nivel puede comunicarse con la unidad **480** de comunicación, y escribir datos del mapa Diana en el mapa diana **437**.

50 La unidad **490** de planificación de trayectorias se puede conectar operativamente al mapa **427** de comparación de terrenos. La unidad **490** de planificación de trayectorias se puede conectar operativamente a la unidad **435** de control de subsistemas del vehículo y puede enviar comandos a la unidad **435** de control de subsistemas del vehículo. La unidad **490** de planificación de trayectorias puede ser responsable del control de alto nivel de las maniobras del vehículo (por ejemplo, determinar cuándo se deben incluir los metadatos del mapa **427** de comparación de terrenos indicando que es necesario cambiar la posición y orientación del vehículo) y puede emitir comandos apropiados a la unidad **435** de control de subsistemas del vehículo.

La unidad **450** de control de excavación puede, por ejemplo, controlar la operación de excavación integrada del vehículo de excavación y dirigir otras unidades de control para que el UGV **400** pueda realizar tareas útiles de varias etapas, como cavar, mover tierra y dejar caer la tierra en otro lugar para excavar un área determinada.

5 La unidad **450** de control de excavación se puede conectar operativamente a la unidad **430** de control de excavación y al mapa **427** de comparación de terrenos.

10 La unidad **450** de control de excavación puede controlar la excavación y el movimiento de tierra u otros materiales del vehículo (a través de la unidad **430** de control de excavación). La unidad **450** de control de excavación puede enviar comandos a la unidad **430** de control de excavación y recibir información de estado de la misma.

La operación de la unidad **450** de control de excavación se describe con más detalle a continuación con referencia a la **Figura 5**.

15 Ahora la atención se dirige a la **Figura 5**, que representa un diagrama de flujo generalizado de la secuencia de excavación, según ciertos ejemplos de la materia objeto de la presente invención. Se observa que si bien algunas operaciones se describen en la presente memoria con referencia a elementos descritos en la **Figura 4**, lo anterior se hace sólo a modo de ejemplo y no debe interpretarse como limitativo de ningún modo.

20 Se observa que durante la excavación puede haber una incapacidad temporal de los sensores **445** de mapeo para escanear el área relevante (por ejemplo, cuando una zanja que se está cavando es inaccesible a la vista del dispositivo de escaneo, fuera del campo visual del dispositivo de escaneo). Escanear el área para monitorear el progreso de la excavación podría requerir que el UGV se aleje del sitio de excavación para escanear adecuadamente el área que se está excavando. El método descrito en la **Figura 5** puede permitir el mapeo del área que se está excavando y al mismo tiempo eliminar la necesidad de que el UGV se aleje del sitio de excavación.

25 El vehículo (por ejemplo, la unidad **460** de comparación de terrenos) puede recibir (**510**) datos cartográficos (o “mapa”) que representan el terreno actual, por ejemplo, de la unidad **440** de mapeo 3D. En algunos ejemplos los datos de la unidad **440** de mapeo 3D incluye datos, por ejemplo, de sensores **445** de mapeo. En algunos ejemplos, los sensores **445** de mapeo comprenden un dispositivo de escaneo (por ejemplo: LIDAR, cámaras, láser, etc.) que pueden proporcionar datos de salida de escaneo que proporcionan información sobre las distancias entre los objetos en el área y el UGV en una multiplicidad de direcciones. En algunos ejemplos los datos de la unidad **440** de mapeo 3D incluye datos de, por ejemplo, sensores **465** de navegación.

30 El vehículo (por ejemplo, la unidad **450** de control de excavación) puede recibir (**510**) datos de mapeo diana (también denominados “mapa diana”) que representan la configuración prevista del terreno después de completar una operación de excavación.

35 En algunos ejemplos de la materia objeto de descripción actual, la Unidad **480** de comunicación puede recibir datos de mapeo diana, por ejemplo, desde un administrador remoto. La Unidad **480** de comunicación puede entonces, por ejemplo, comunicar los datos de mapeo diana al grupo de unidades de control **473** de vehículo de alto nivel, que luego puede almacenar los datos en la estructura mapa diana **437**.

40 El término “datos de mapeo diana” se utiliza en la presente memoria para brindar simplicidad y claridad, y denota datos indicativos de la finalización de la tarea de excavación. En algunos ejemplos, los datos de mapeo diana son simplemente una representación del resultado del terreno previsto utilizando el mismo método de mapeo que utiliza la unidad **440** de mapeo 3D.

45 En otros ejemplos, los datos de mapeo diana pueden consistir, por ejemplo, en datos que representan la diferencia entre una configuración de terrenos inicial y el resultado de terrenos previsto. A modo de ejemplo no limitativo: los datos indicativos de la finalización de la tarea de excavación podrían consistir en ocho coordenadas que indiquen los ángulos de una zanja a cavar. Si el terreno es actualmente plano, los datos de mapa diana podrían especificar que debe haber una zanja de dimensiones 2 metros de profundidad x 2 metros de ancho x 50 metros de largo en una ubicación particular, y que una rampa (en una ubicación particular) con 20 grados de inclinación y un cierto ancho y largo debe conectar la zanja con el suelo nivelado.

50 En algunos ejemplos, la recepción de los datos de mapeo diana por parte del vehículo puede constituir en efecto un comando para llevar a cabo una tarea de excavación particular, es decir, en este caso particular, la excavación de la zanja con las dimensiones específicas es la tarea de excavación.

55 La ejecución de la tarea de excavación puede ser compleja. Por ejemplo, cavar una zanja puede implicar mover el vehículo a una ubicación particular y manipular el implemento **410** de excavación para quitar tierra, mover el vehículo a una ubicación diferente, dejar caer la tierra, etc. El vehículo (por ejemplo, la unidad **460** de comparación de terrenos) puede mantener, por ejemplo, un mapa **427** de comparación de terrenos con estructura de datos implementada por ordenador describiendo el terreno actual a medida que cambia durante la excavación.

- 5 El vehículo (por ejemplo, la unidad **460** de comparación de terrenos) puede incluir métodos implementados por ordenador para comparar el terreno actual (por ejemplo: como se refleja en los datos de la unidad de mapeo 3D y se almacena en el mapa **427** de comparación de terrenos) con el terreno diana (por ejemplo: tal como está almacenado en el mapa diana **437**) y determinar la secuencia de manipulaciones individuales de los componentes del vehículo (como elevar o bajar el implemento **410** de excavación, extendiendo o retrayendo el implemento **410** de excavación, girar las ruedas del vehículo, acelerar el motor, frenar, etc.) que son necesarios para completar la tarea de excavación. Estas manipulaciones individuales de componentes del vehículo se denominarán en adelante “operaciones de excavación incremental” o simplemente “operaciones de excavación”.
- 10 Habiendo recibido un mapa diana (por ejemplo, almacenado en mapa diana **437**), el vehículo (por ejemplo, la unidad **460** de comparación de terrenos) puede, por ejemplo, calcular (**510**) una o más operaciones de excavación incrementales que se realizarán para completar una tarea de excavación ordenada.
- 15 En algunos ejemplos del tema aquí descrito, la unidad **460** de comparación de terrenos puede, luego, por ejemplo, escribir metadatos que describan estas operaciones de excavación incrementales en el mapa **427** de comparación de terrenos. Cuando el terreno actual es idéntico al mapa diana, por ejemplo, no se escriben más operaciones de excavación incrementales en el mapa **427** de comparación de terrenos.
- 20 En algunos ejemplos del tema aquí descrito, la unidad **460** de comparación de terrenos luego puede, por ejemplo, escribir datos que describan estas operaciones de excavación incrementales en una estructura separada del mapa **427** de comparación de terrenos (como una cola de comandos).
- 25 Tras el cálculo de las siguientes operaciones incrementales, el vehículo (por ejemplo: una unidad como la unidad **430** de control de excavación siendo controlado por la unidad **450** de control de excavación leyendo del mapa **427** de comparación de terrenos) puede, por ejemplo, ejecutar (**520**) la primera operación de excavación incremental pendiente (por ejemplo: elevar o bajar el implemento **410** de excavación, extendiendo o retrayendo el implemento **410** de excavación).
- 30 Se observa que en algunas ocasiones, la operación de excavación incremental determinada podría no involucrar el implemento **410** de excavación, sino, por ejemplo, acelerar el motor, activar los frenos u otras operaciones controladas por, por ejemplo, la unidad **435** de control de subsistemas del vehículo. En tales ocasiones, la unidad **490** de planificación de trayectorias puede leer la operación de excavación incremental desde el mapa **427** de comparación de terrenos e instruir a la unidad **435** de control de subsistemas del vehículo para realizar la operación de excavación incremental.
- 35 El vehículo (por ejemplo, la unidad **425** de áreas invisibles) puede recibir a continuación (**530**) datos de los sensores **420** de excavación desde los sensores **420** de excavación. Estos datos pueden incluir, por ejemplo, la posición del implemento **410** de excavación, la inclinación horizontal o vertical del implemento **410** de excavación, la trayectoria del implemento **410** de excavación, el volumen o masa del material actualmente contenido en el implemento **410** de excavación etc. Los datos de los sensores **420** de excavación pueden comprender, por ejemplo, información que se detecta como consecuencia de la operación de excavación incremental ejecutada recientemente.
- 40 A modo de ejemplo no limitativo, si la excavación incremental recientemente ejecutada colocó el implemento **410** de excavación en un lugar donde, según el mapa del terreno actual, se encuentra tierra, la medición del material contenido en el implemento **410** de excavación como se indica en los datos de los sensores **420** de excavación pueden reflejar la cantidad de tierra que realmente está presente en esa ubicación, como se describirá a continuación.
- 45 A continuación, el vehículo (por ejemplo, la unidad **425** de áreas invisibles) puede inferir (**540**) información topográfica de los datos de los sensores **420** de excavación y luego el vehículo (por ejemplo, la unidad **460** de comparación de terrenos) puede actualizar (**540**) el mapa **427** de comparación de terrenos para reflejar, por ejemplo, la topografía actual del terreno. En algunos ejemplos, el vehículo (por ejemplo, la unidad **460** de comparación de terrenos) puede actualizar (**540**) el mapa **427** de comparación de terrenos para reflejar, por ejemplo, las próximas operaciones de excavación incrementales requeridas.
- 50 Los siguientes son ejemplos no limitativos de cómo funciona la unidad **425** de áreas invisibles pueden inferir información topográfica a partir de los datos que recibe de los sensores **420** de excavación:
- 55 a) Considerar una circunstancia en la que i) la operación de excavación incremental ejecutada más recientemente fue mover el implemento **410** de excavación a una coordenada particular en el espacio tridimensional, y ii) los datos de los sensores **420** de excavación ahora indican que el implemento **410** de excavación se encuentra en esa coordenada particular y está vacío. Esto podría ocurrir, por ejemplo, si el vehículo (por ejemplo, la unidad **450** de control de excavación) ha estado excavando tierra, por ejemplo, de un montículo en un lugar determinado, y ahora el montículo ha sido limpiado (es decir, la excavación está completa).
- 60 Esto también podría ocurrir, por ejemplo, si el vehículo (por ejemplo, la unidad **450** de control de excavación) intentó excavar tierra de un lugar determinado, pero la tierra ya no estaba allí (por ejemplo, porque se desprendió por sí sola).
- 65

5 La unidad **425** de áreas invisibles puede considerar estos datos de los sensores **420** de excavación como indicación de que no hay tierra, obstáculos u otros objetos en la coordenada actual del implemento **410** de excavación, y que no haya tierra, obstáculo u otro objeto en el camino entre las coordenadas 3D anteriores del implemento **410** de excavación y las coordenadas 3D actuales del implemento **410** de excavación. La unidad **460** de comparación de terrenos puede recibir esta información de la unidad **425** de áreas invisibles y luego actualizar el mapa **427** de comparación de terrenos respectivamente.

10 b) Considerar una circunstancia en la que i) la operación de excavación incremental ejecutada más recientemente fue mover el implemento **410** de excavación a una coordenada 3D particular, y ii) los datos de los sensores **420** de excavación ahora indican que el implemento **410** de excavación se encuentra en una coordenada, diferente de la prevista anteriormente, ubicada en el camino entre las Coordenadas 3D anteriores del implemento **410** de excavación y las Coordenadas 3D previstas del implemento **410** de excavación y que el implemento **410** de excavación contiene tierra.

15 La unidad **425** de áreas invisibles puede considerar estos datos de los sensores **420** de excavación como indicación de que existe tierra o algún otro tipo de obstáculo imprevisto en las coordenadas actuales del implemento **410** de excavación. La unidad **460** de comparación de terrenos luego puede actualizar el mapa **427** de comparación de terrenos respectivamente.

20 Tras la actualización del mapa **427** de comparación de terrenos, la unidad **460** de comparación de terrenos puede comparar el mapa **427** de comparación de terrenos con el mapa diana **437** y calcular (**550**) una o más operaciones de excavación incremental siguientes. Como se describió anteriormente, la unidad **460** de comparación de terrenos puede, por ejemplo, escribir metadatos en el mapa **427** de comparación de terrenos para indicar a la unidad **450** de control de excavación qué operaciones de excavación incrementales quedan por realizar. Si el mapa **427** de comparación de terrenos es sustancialmente el mismo que el mapa diana **437**, entonces no habrá ninguna otra operación de excavación incremental.

25 El vehículo (p. ej., por la unidad **450** de control de excavación) a continuación verifica (**560**) si queda pendiente realizar una próxima excavación incremental. En caso contrario, la tarea de excavación habrá finalizado. De lo contrario, el vehículo (por ejemplo, la unidad **450** de control de excavación) realiza otro ciclo ejecutando (**520**) la próxima operación de excavación incremental.

30 Se observa que las enseñanzas de la materia objeto de la presente descripción no están limitadas por lo descrito con referencia a la **Figura 5** y los componentes descritos con referencia a la **Figura 4**. Una funcionalidad equivalente y/o modificada puede consolidarse o dividirse de otra forma y puede implementarse en cualquier orden o combinación apropiado de software, firmware y hardware, y ejecutarse en un dispositivo adecuado. Las flechas que se muestran en la Figura 4 ejemplifican la posible transferencia de comandos y/o datos entre componentes, pero no indican que dichos comandos/datos sean necesarios o que los comandos/datos no fluyan en la dirección opuesta o entre otros componentes.

35 Se debe entender que la invención no se limita en su aplicación a los detalles expuestos en la descripción contenida en la presente memoria o ilustrados en los dibujos. La invención es susceptible de otros ejemplos y de ser practicada y llevada a cabo de diversas maneras. Por lo tanto, debe entenderse que la fraseología y la terminología empleadas en la presente memoria tienen el fin de descripción y no deben considerarse como limitativas. Como tal, los expertos en la técnica apreciarán que la concepción en la que se basa esta descripción puede utilizarse fácilmente como una base para diseñar otras estructuras, métodos y sistemas para llevar a cabo los diversos fines del objeto actualmente descrito.

40 También se entenderá que el sistema según la invención puede implementarse, al menos parcialmente, en un ordenador adecuadamente programado. Asimismo, la invención contempla un programa de ordenador legible por un ordenador para ejecutar el método de la invención. La invención contempla además una memoria legible por ordenador no transitoria que incorpora de forma tangible un programa de instrucciones ejecutables por ordenador para ejecutar el método de la invención.

45 Los expertos en la materia apreciarán fácilmente que se pueden aplicar diversas modificaciones y cambios a los ejemplos de la invención como se describió anteriormente sin alejarse de su alcance, definido en y por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por ordenador para controlar una tarea de excavación mediante un vehículo (100) de excavación autónomo que comprende un dispositivo de escaneo y un sistema de navegación inercial (INS), donde un resultado deseado de la tarea de excavación se describe mediante un mapa diana, (437) comprendiendo el método:
 - a) operar el dispositivo de escaneo para escanear repetidamente un área que rodea al vehículo de excavación autónomo y actualizar repetidamente en función de los datos obtenidos por el escaneo, un mapa que representa al menos una parte del área, siendo el mapa relativo a una ubicación del vehículo y comprende celdas, cada una de las cuales está clasificada en una cierta clase y es **caracterizado por** un tamaño igual o mayor que un valor de deriva acumulado del INS en una distancia predefinida; recibir del INS, datos del INS indicativos de una ubicación y orientación actuales del vehículo con respecto a una ubicación y orientación anteriores; y actualizar la ubicación del vehículo en relación con las celdas del mapa basándose en los datos del INS;
 - b) ejecutar una secuencia de excavación, que comprende:
 - mover un implemento (410) de excavación equipado con un sensor (420) para ejecutar una operación de excavación;
 - recibir datos indicativos de la topografía actual del terreno desde el sensor;
 - actualizar el mapa de acuerdo a los datos indicativos de la topografía actual del terreno;
 - calcular una operación de excavación en función de una diferencia entre el mapa y el mapa diana; y
 - ejecutar la operación de excavación.
2. El método de la reivindicación 1, que comprende además: repetir la secuencia de excavación de la etapa b) hasta que el mapa sea sustancialmente idéntico al mapa diana.
3. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde los datos indicativos de la topografía actual del terreno recibidos desde el sensor incluyen datos de topografía del terreno pertenecientes a una ubicación que es inaccesible para el dispositivo de escaneo.
4. El método de la reivindicación 3, en donde la ubicación que es inaccesible para el dispositivo de escaneo comprende un área que está debajo del vehículo.
5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde los datos indicativos de la topografía actual del terreno comprenden la ubicación del implemento de excavación.
6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde los datos indicativos de la topografía actual del terreno comprenden datos indicativos de una cantidad de material contenido en el implemento de excavación.
7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde los datos indicativos de la topografía actual del terreno comprenden datos indicativos de una composición del material contenido en el implemento de excavación.
8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde el mapa del terreno es tridimensional y en donde la actualización del mapa incluye la actualización del mapa tridimensional de la topografía.
9. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde el mapa del terreno es de 2,5 dimensiones.
10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde la clase determinada se selecciona de un grupo que comprende celdas transitables y no transitables.
11. Un sistema montable en un vehículo terrestre no tripulado (UGV), que comprende al menos un procesador configurado para ejecutar el método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.
12. Un vehículo terrestre no tripulado (UGV) que comprende el sistema de la reivindicación 11, estando configurado el sistema para funcionar a bordo del UGV; el UGV comprende además:
 - un implemento que comprende un sensor;

- 5 un dispositivo de escaneo configurado para escanear un área que rodea al UGV, para así proporcionar datos de salida de escaneo que proporcionan información sobre las distancias entre los objetos en el área y el UGV en una multiplicidad de direcciones;
- 5 un sistema de navegación inercial (INS) que proporciona datos indicativos de la ubicación y orientación actuales del UGV en relación con una ubicación y orientación anteriores;
- 5 un subsistema de control del vehículo configurado para recibir instrucciones de control del vehículo y controlar el UGV según las instrucciones, incluidas las instrucciones de control generadas para ejecutar la tarea de excavación.
- 10 13. El UGV de la reivindicación 12, en donde el sistema comprende un segundo procesador, en donde el sensor está configurado para ejecutar la actualización del mapa y el segundo procesador está configurado para ejecutar la secuencia de excavación.
- 15 14. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan por un ordenador, provocan que el ordenador lleve a cabo las etapas de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

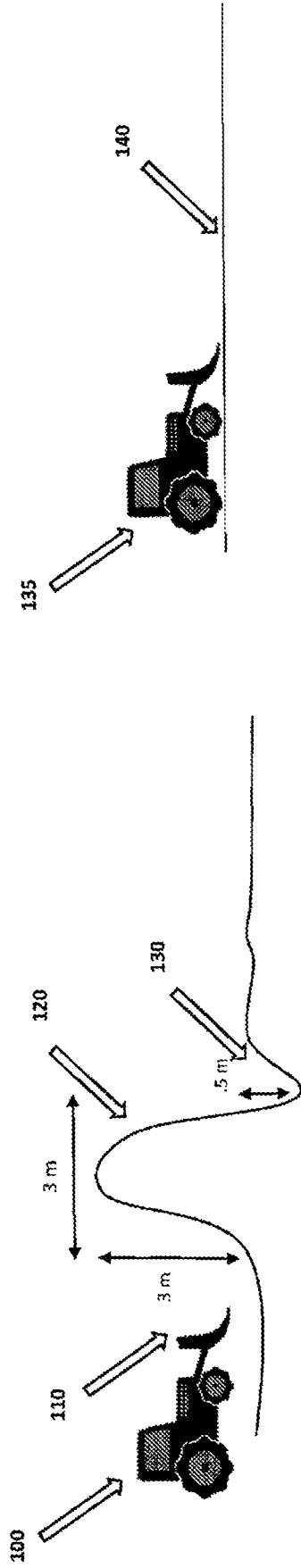


Figure 1b

Figure 1a

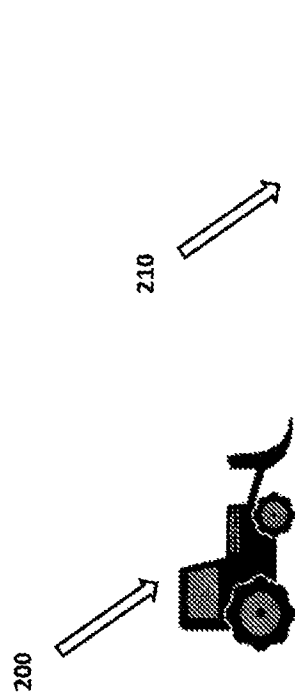


Figure 2a

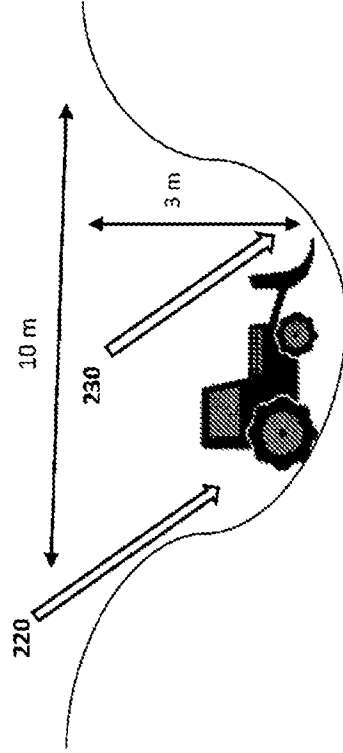


Figure 2b

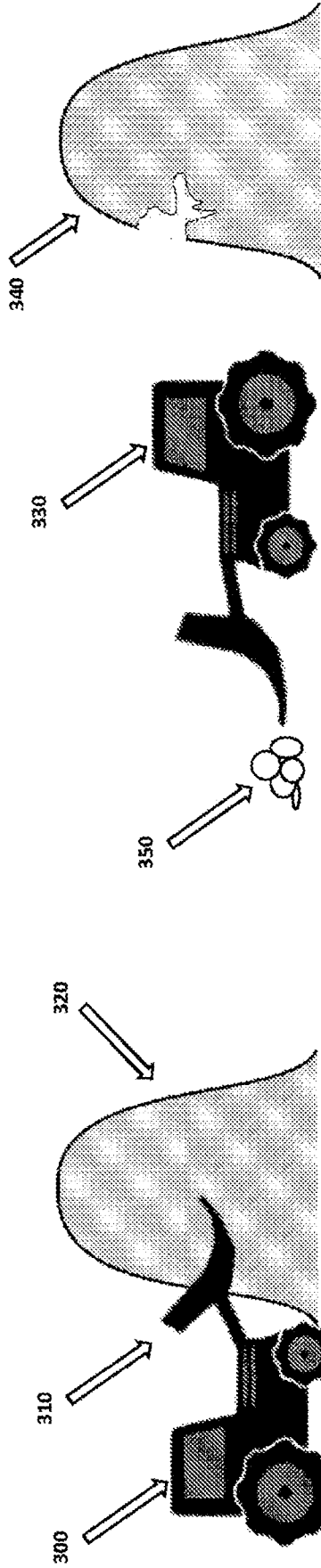


Figure 3a

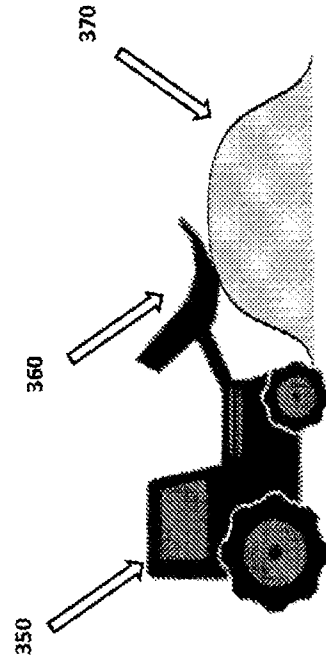


Figure 3b

Figure 3c

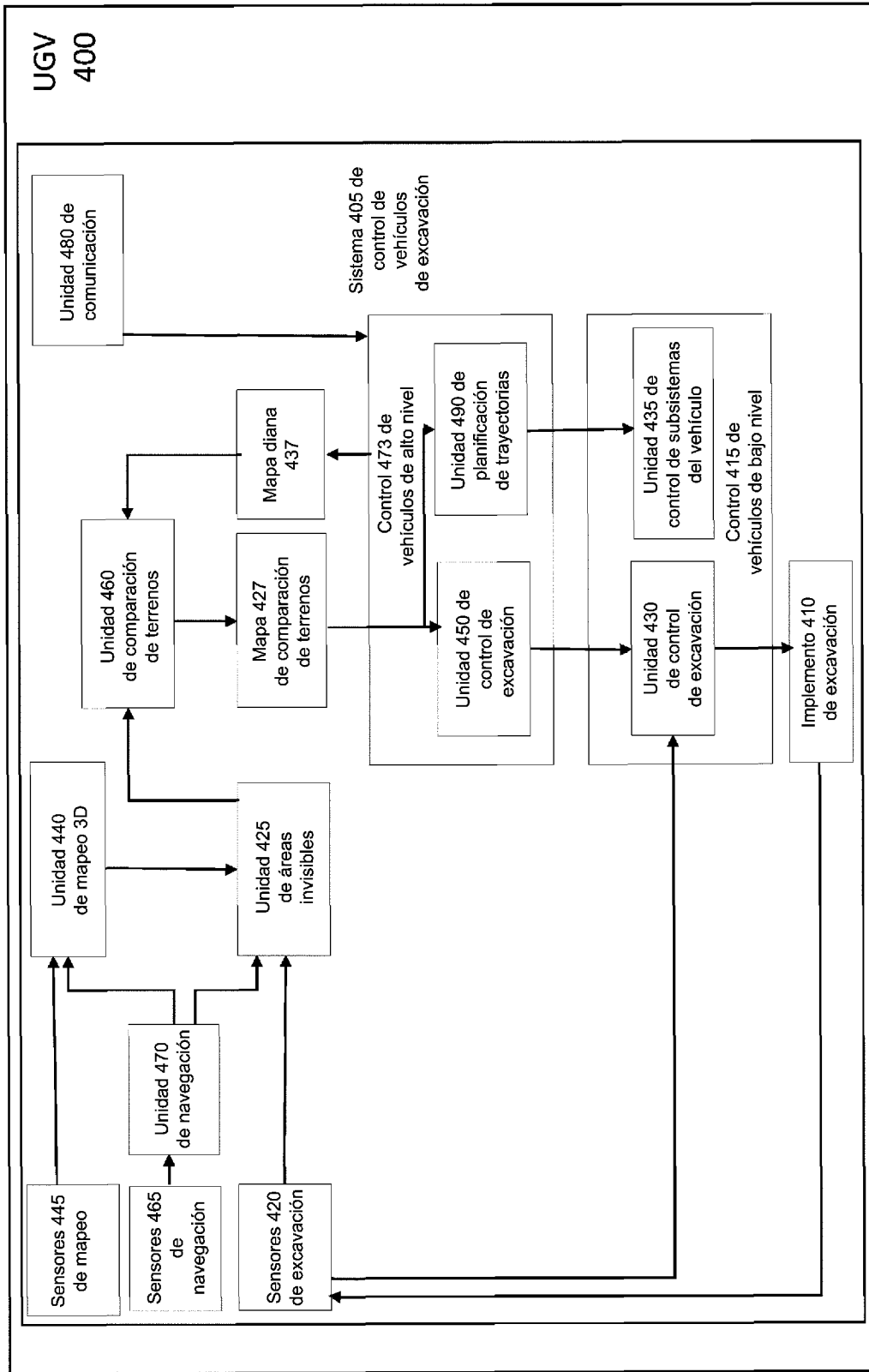


Figura 4

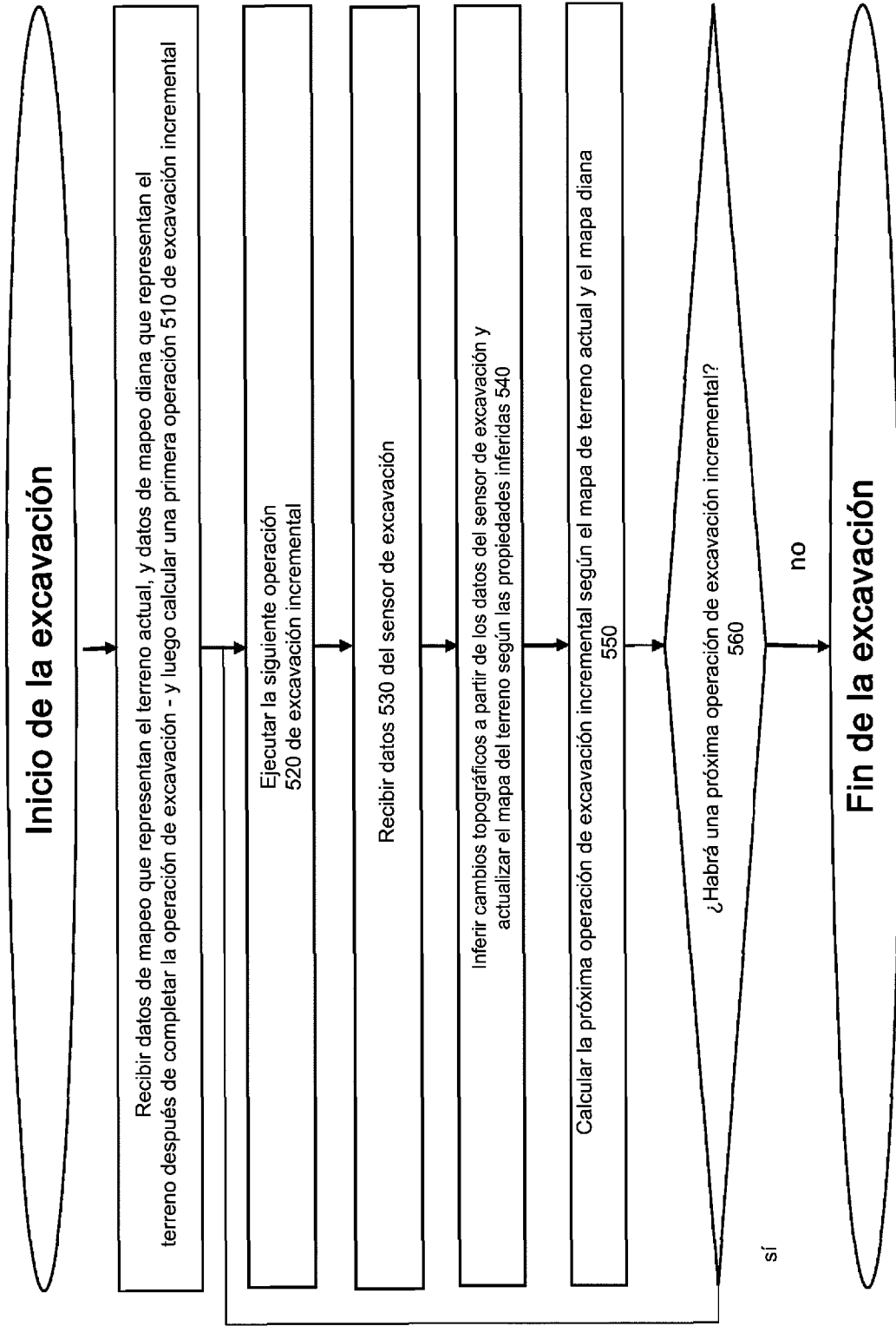


Figura 5