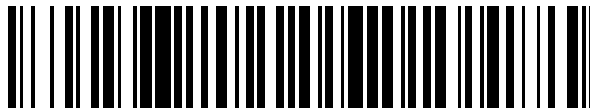


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 259**

51 Int. Cl.:

G08G 5/02 (2006.01)

G08G 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2015 E 15154878 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2017 EP 2908303**

54 Título: **Sistema para proporcionar advertencias de superación en el aterrizaje y su evitación.**

30 Prioridad:

17.02.2014 US 201414181906

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

12.09.2017

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**ENNS, RUSSELL y
KASHAWLIC, BRYAN**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 632 259 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

Sistema para proporcionar advertencias de superación en el aterrizaje y su evitación

Antecedentes

5 La presente divulgación se refiere en general a sistemas de advertencia para ayudar a un piloto cuando se aproxima a una superficie de aterrizaje.

10 El aterrizaje de aeronaves en terrenos no mejorados, inclinados o móviles requiere experiencia de pilotaje experimentada. Por ejemplo, las aeronaves de ala fija a menudo aterrizan en pistas de césped que pueden estar inclinadas. De manera similar, las aeronaves de alas giratorias a menudo intentan aterrizar en superficies de aterrizaje que pueden estar inclinadas y/o móviles. Por ejemplo, los helicópteros a menudo aterrizan en buques de transporte marítimo, tales como naves y portaaviones. La pendiente de la superficie de aterrizaje puede superar los límites permisibles de vehículos, evitando de esta manera el aterrizaje. Por ejemplo, una superficie de aterrizaje excesivamente inclinada o desigual puede causar que la aeronave se desbalancee después del aterrizaje, lo que puede resultar en el vuelco de la aeronave. Adicionalmente, la pendiente de la superficie de aterrizaje puede ser difícil de discernir desde la perspectiva ventajosa o posición de visión de la cabina de mando. Por ejemplo, las condiciones ambientales, como el tiempo, pueden perjudicar la visibilidad de la superficie de aterrizaje de tal manera que un piloto no pueda ver correctamente la pendiente de la superficie de aterrizaje para determinar si la superficie es adecuada para el aterrizaje.

15 Los sistemas convencionales son conocidos por proporcionar advertencias a pilotos con respecto a diferentes condiciones de vuelo. Sin embargo, estos sistemas conocidos pueden no funcionar satisfactoriamente para ayudar a un piloto cuando aterriza la aeronave en una superficie o terreno no mejorado, inclinado o móvil. Además, estos sistemas conocidos no proporcionan asistencia de advertencia o evitación anticipada de terrenos extremadamente inclinados antes de que un piloto intente aterrizar en el terreno. Estos sistemas conocidos tampoco proporcionan una indicación al piloto para evitar el aterrizaje en el terreno inclinado.

20 El documento US 2013/0103233 A1 divulga un método y dispositivo de aterrizaje automático para una aeronave, en particular un avión de transporte, en una pista de aterrizaje que tiene una pendiente fuerte que es superior a un valor predeterminado.

Breve descripción

La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

30 Según una realización, se proporciona un sistema para ayudar a un piloto durante el aterrizaje. El sistema incluye un sistema de determinación de la pendiente de superficie configurado para medir una pluralidad de distancias entre una aeronave y una superficie. El sistema también incluye un sistema de navegación inercial configurado para detectar la información de actitud de la aeronave. El sistema incluye además un sistema de control de vuelo acoplado de manera comunicativa al sistema de determinación de la pendiente de superficie y al sistema de navegación inercial. El sistema de control de vuelo está configurado para estimar un ángulo de pendiente de la superficie basándose en las distancias. El sistema de control de vuelo está configurado además para determinar una o más características de aproximación basándose en el ángulo de pendiente y la información de actitud de la aeronave. El sistema de control de vuelo también está configurado para identificar una condición de advertencia y llevar a cabo una o más medidas de evitación cuando una o más de las características de aproximación superan un umbral predeterminado. El sistema también incluye un dispositivo de señalización al piloto acoplado de manera comunicativa al sistema de control de vuelo. El dispositivo de señalización al piloto está configurado para generar una notificación cuando se identifica la condición de advertencia.

35 Las características y funciones que se han indicado se pueden conseguir independientemente en diversas realizaciones o pueden combinarse incluso en otras realizaciones, cuyos detalles adicionales se pueden ver con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

45 Breve descripción de los dibujos

La divulgación se puede comprender mejor con referencia a los siguientes dibujos y descripción. Los componentes de las figuras no son necesariamente a escala, el énfasis, en cambio, se hace sobre la ilustración de los principios de la divulgación. En los dibujos, los números iguales representan partes iguales.

La figura 1 es una vista esquemática de una aeronave que tiene un sistema de advertencia según una realización.

50

La figura 2 es una ilustración de la aeronave de la figura 1 que se prepara para aterrizar sobre una superficie según una realización.

La figura 3 es una ilustración de la aeronave de la figura 1 que muestra la operación de sensores fijos según una realización.

5 La figura 4 es una ilustración de la aeronave de la figura 1 que muestra la operación de sensores de suspensión según una realización.

La figura 5 es un diagrama de bloques de sistema que muestra los componentes de un sistema de advertencia según una realización.

10 La figura 6 es una ilustración de operaciones para ayudar a un piloto cuando se aproxima a una superficie según una realización.

Descripción detallada

15 La siguiente descripción detallada de ciertas realizaciones se comprenderá mejor cuando se lea conjuntamente con los dibujos adjuntos. Como se podrá entender las diversas realizaciones no están limitadas a las disposiciones e instrumentos mostrados en los dibujos. En la medida en que las figuras ilustran diagramas de los bloques funcionales de diversas realizaciones, los bloques funcionales no son necesariamente indicativos de la división entre los circuitos de *hardware*. De esta manera, por ejemplo, pueden implementarse uno o más de los bloques funcionales (por ejemplo, procesadores, controladores o memorias) en una única pieza de *hardware* (por ejemplo, un procesador de señal de propósito general o memoria de acceso aleatorio, disco duro o similar) o múltiples piezas de *hardware*. De manera similar, todos los programas pueden ser programas autónomos, pueden incorporarse como subrutinas en un sistema operativo, pueden ser funciones en un paquete de *software* instalado y similar. Como se
20 podrá entender las diversas realizaciones no están limitadas a las disposiciones e instrumentos mostrados en los dibujos.

25 Como se utiliza en el presente documento, un elemento o etapa enumerada en singular y que empieza por la palabra "un" o "una" debe entenderse que no excluye el plural de dichos elementos o etapas, a no ser que dicha exclusión se indique explícitamente. Asimismo, las referencias a "una realización" no pretenden interpretarse como excluyendo la existencia de realizaciones adicionales que incorporan también las características enumeradas. Además, a no ser que se indique explícitamente lo contrario, las realizaciones "que comprenden" o "que tienen" un elemento o una pluralidad de elementos que tienen una propiedad particular pueden incluir tales elementos adicionales que no tengan esa propiedad.

30 Como se utiliza en el presente documento, los términos "sistema", "unidad" o "módulo" pueden incluir un sistema de *hardware* y/o *software* que opera para realizar una o más funciones. Por ejemplo, un módulo, unidad o sistema puede incluir un procesador de ordenador, un controlador u otro dispositivo basado en lógica que realiza operaciones basadas en instrucciones almacenadas en un medio de almacenamiento legible por ordenador tangible y no transitorio, tal como una memoria de ordenador. Alternativamente, un módulo, unidad o sistema puede incluir
35 un dispositivo de cableado que realiza operaciones basadas en la lógica de cableado del dispositivo. Los módulos, sistemas o unidades mostrados en las figuras adjuntas pueden representar el *hardware* que opera a base del *software* o las instrucciones de cableado, dirigiendo el *software* el *hardware* para realizar las operaciones o una combinación de las mismas.

40 En el presente documento se describen métodos y sistemas para ayudar a un piloto de aeronave en el momento en que la aeronave se aproxima a una superficie de aterrizaje. Por ejemplo, en diversas realizaciones, se proporciona un sistema para ayudar a un piloto durante el aterrizaje con señales táctiles intuitivas (por ejemplo, proporcionar como parte de un dispositivo de señalización al piloto acoplado de manera comunicativa a un sistema de control de vuelo) para advertir al piloto y evitar el aterrizaje en pendientes cuyo ángulo supere el permitido para la aeronave. El sistema también puede llevar a cabo una o más medidas de evitación. En diversas realizaciones, la aeronave puede
45 ser guiada por un piloto a bordo de la aeronave, o puede no tripularse de manera que la aeronave sea pilotada por un operador remoto en una estación de operación remota. Por lo tanto, el sistema de señalización puede estar a bordo de la aeronave o puede estar en la estación de operación remota. Por ejemplo, la estación de operación remota puede incluir un controlador de eje vertical y un controlador de traducción (por ejemplo, una palanca de paso cíclico).

50 En operación, el sistema de advertencia puede proporcionar diferentes tipos de advertencias de superación en el aterrizaje y/o mecanismos de evitación, tales como alertas de vibración, marcha hacia atrás y/o paradas suaves, entre otras, que se pueden aplicar, por ejemplo, a uno o más controladores de a bordo de la aeronave en la estación de operación remota (por ejemplo, controlador de eje vertical y/o controlador de traducción (de la estación de operación remota). En diversas realizaciones, la superficie es una superficie de aterrizaje sobre la cual la aeronave

está intentando aterrizar, tal como, por ejemplo, una pista, un helipuerto, una superficie móvil con base en una nave, una superficie no mejorada y similar. Los sistemas y métodos de diversas realizaciones ayudan al piloto proporcionando notificación, tal como uno o más tipos de señalización diferentes, o llevar a cabo medidas de evitación, antes de que una o más características de aproximación superen los límites permitidos.

5 Las características de aproximación en diversas realizaciones se basan en la pendiente de la superficie. Los límites permitidos pueden basarse, por ejemplo, en la geometría, las características de rendimiento y/o los límites estructurales de la aeronave. Debe observarse que aunque la notificación al piloto puede describirse como incluyendo al menos uno de entre una señal auditiva, una señal visual o una señal táctil, pueden proporcionarse otras señales según se desee o se necesite.

10 En general, uno o más sistemas de advertencia de diversas realizaciones pueden incluir uno o más ordenadores de control de vuelo acoplados de manera comunicativa a uno o más sensores o detectores, tal como la configuración como un sistema de determinación de la pendiente de superficie en una realización. El sistema de determinación de la pendiente de superficie puede incluir una pluralidad de sensores de a bordo y/o fuera de la aeronave que están configurados para medir una distancia entre la aeronave y la superficie. Un ordenador de control de vuelo también
15 puede incluir un sistema de control de vuelo configurado para utilizar la distancia para determinar una o más condiciones de advertencia. Por ejemplo, en diversas realizaciones, el sistema de control de vuelo puede activar una condición de advertencia cuando una característica de aproximación supera un umbral, tal como un umbral predeterminado o predefinido. Sin embargo, el umbral puede cambiarse, tal como basándose en una entrada de usuario, condiciones de vuelo, o condiciones de aterrizaje, entre otros. En diversas realizaciones, por ejemplo, la
20 característica de aproximación puede ser un límite en la pendiente permisible de la superficie de aterrizaje (por ejemplo, cuando la superficie de aterrizaje está excesivamente inclinada de manera que el aterrizaje en la superficie puede ser inseguro).

25 Debe observarse que en diversas realizaciones, el sistema de advertencia opera en combinación con el dispositivo de señalización al piloto para proporcionar una advertencia al piloto cuando el sistema de control de vuelo activa la condición de advertencia (que también puede incluir la realización de medidas de evitación). Por lo tanto, el sistema puede ayudar a un piloto con diferentes señales (y medidas de evitación) cuando aterriza en un terreno inclinado.

Mediante la práctica de diversas realizaciones, se puede proporcionar una seguridad de vuelo mejorada y/o un riesgo reducido durante el aterrizaje. Por ejemplo, al estimar la pendiente de la superficie de aterrizaje, el sistema de advertencia puede determinar una parte de la superficie que quizá sea inapropiada para el aterrizaje, así como una
30 parte de la superficie que es más deseable para el aterrizaje. Opcional o adicionalmente, el sistema de advertencia puede proporcionar un material didáctico para ayudar a determinar si la superficie es una superficie de aterrizaje apropiada. Como otro ejemplo, el sistema de advertencia puede permitir que el piloto aterrice en una superficie durante las inclemencias del tiempo, donde la visibilidad de la superficie puede verse afectada.

35 Un efecto técnico de diversas realizaciones consiste en el aterrizaje mejorado de aeronaves, tal como en terrenos desiguales o en superficies móviles con base en nave. Un efecto técnico de diversas realizaciones consiste en una reducción de la confianza en el juicio del piloto o de la habilidad del piloto para evitar accidentes al aterrizar en diferentes superficies, tales como superficies inclinadas o móviles. Un efecto técnico de diversas realizaciones consiste en una reducción de accidentes de vuelco de aeronaves.

40 Como se utiliza en el presente documento, cuando se hace referencia a una "superficie", esto se refiere generalmente a una parte de terreno o a un objeto (por ejemplo, una nave) en el que puede aproximarse una aeronave para aterrizar. Por consiguiente, la superficie puede incluir un terreno artificial o natural. Por ejemplo, la superficie puede ser una pista, un helipuerto, una carretera y/o similar. Como otro ejemplo, la superficie puede ser una superficie no mejorada tal como un campo de césped, superficie de grava y/o similar.

45 Según la presente invención, la superficie es una superficie móvil. Por ejemplo, la superficie puede ser un helipuerto a bordo de un buque de transporte marítimo, tal como, por ejemplo, una nave o un portaaviones. Como tal, el término superficie no se limita a un tipo particular de clase de superficie sobre la que está intentando aterrizar la aeronave.

50 De manera similar, como se utiliza en el presente documento, el término "aeronave" se refiere generalmente a cualquier vehículo aéreo. En diversas realizaciones, la aeronave puede ser una aeronave de elevación vertical capaz de despegue y aterrizaje de campo corto o vertical (VSTOL). En algunas realizaciones, la aeronave puede ser aeronave de ala fija o aeronave de alas giratorias. En diversas realizaciones, el avión de alas giratorias puede incluir un giroavión tal como, por ejemplo, un helicóptero. Por lo tanto, el término aeronave no está limitado a una aeronave de ala fija o de alas giratorias particular.

55 Con referencia ahora a la figura 1, debe observarse que esta figura es de naturaleza esquemática y se destina meramente como ejemplo. En diversas realizaciones, se pueden omitir, modificar o agregar diversos aspectos (por

ejemplo, dimensiones y posiciones relativas) o sistemas. Además, se pueden combinar diversos módulos, sistemas u otros aspectos. Una vez más, diversos módulos o sistemas pueden separarse en submódulos o subsistemas y/o la funcionalidad de un módulo o sistema determinado puede compartirse entre los mismos o asignarse de manera diferente a diferentes módulos o sistemas.

5 La figura 1 ilustra un sistema de advertencia 100 según una realización. En la realización ilustrada, el sistema de advertencia 100 se proporciona como parte de una plataforma aérea o en combinación con la misma, tal como una aeronave 102, que incluye un sistema de determinación de la pendiente de superficie 104, un sistema de navegación inercial 106, un sistema de control de vuelo 108 y un dispositivo de señalización al piloto 110. Por ejemplo, el sistema de advertencia 100 puede proporcionar un entorno dentro de la aeronave 102 que ayuda a un piloto 146 a operar la aeronave 102, en particular, a aterrizar la aeronave 102, que puede interconectar o interactuar con uno o más de los sistemas o componentes descritos con más detalle en el presente documento.

15 En la realización ilustrada, la aeronave 102 está incorporada como un helicóptero. Sin embargo, la aeronave 102 puede ser cualquier vehículo aéreo como se ha indicado anteriormente. La aeronave 102 también puede incluir otros sistemas y componentes para apoyar la operación de los diversos componentes descritos en el presente documento (por ejemplo, sistemas de posicionamiento global (GPS), sistemas de comunicación, antenas, instrumentos, interfaces piloto-vehículo, palancas de mando, mandos y/o similar). La aeronave 102 también puede incluir cableado para acoplar de manera comunicativa diversos componentes entre sí. Por ejemplo, el sistema de determinación de la pendiente de superficie 104 puede estar acoplado de manera comunicativa al sistema de control de vuelo 108 a través del cableado 112. Como se utiliza en el presente documento, el cableado puede incluir cualquier medio de comunicación eléctrico u óptico para acoplar de manera comunicativa un componente a otro. El cableado puede ser acoplamiento directo de diversos componentes, o puede ser parte de una red eléctrica. Por ejemplo, en diversas realizaciones, el cableado 112 puede ser un componente de un sistema de bus múltiplex tal como, por ejemplo, un bus de Estándar Militar (MIL-STD) 1553, un bus de Aeronautical Radio Incorporated® (ARINC) 429, una red de canal de fibra, y/o similar. En algunas realizaciones, el acoplamiento comunicativo de algunos (o todos) de los componentes puede proporcionarse de forma inalámbrica.

20 El sistema de navegación inercial 106 está configurado para detectar información de actitud asociada con la aeronave 102. Por ejemplo, en diversas realizaciones, la información de actitud puede incluir ángulos de Euler asociados con la actitud de la aeronave 102. Por ejemplo, los ángulos de Euler pueden incluir un ángulo de paso del eje del cuerpo θ_h (mostrado en las figuras 3 y 4), un ángulo de balanceo del eje del cuerpo ϕ_h (no mostrado) y un ángulo de guiñada del eje del cuerpo ψ_h (no mostrado). Los ángulos de Euler pueden definir la actitud de la aeronave 102 con respecto a una superficie de nivel 120 ideal (mostrada en las figuras 2), como se conoce comúnmente en la técnica. El sistema de navegación inercial 106 puede configurarse también para detectar información de localización geográfica, tal como la latitud, longitud y altitud asociadas con la aeronave 102. Por ejemplo, en diversas realizaciones, el sistema de navegación inercial 106 puede estar configurado con un sistema de posicionamiento global para detectar la información de ubicación geográfica. El sistema de navegación inercial 106 puede estar acoplado de manera comunicativa al sistema de control de vuelo 108 a través del cableado 116 de manera que el sistema de navegación inercial 106 pueda proporcionar la información de actitud al sistema de control de vuelo 108 y/u otros componentes. Como se ha indicado anteriormente, el cableado 116 puede estar incorporado como una red eléctrica.

30 Con referencia a la figura 2, y siguiendo con la referencia a la figura 1, esta figura ilustra una aeronave 102 que se prepara para aterrizar sobre una superficie 118 según una realización. La superficie 118 puede ser cualquier superficie de aterrizaje como se ha indicado anteriormente. La superficie 118 puede inclinarse en una o más direcciones con respecto a una superficie de nivel 120. La superficie de nivel 120 puede representar un plano imaginario que no tiene pendiente (por ejemplo, un plano de nivel tal que la aceleración de la gravedad sea perpendicular a la cara del nivel de superficie 120). La superficie 118 puede estar inclinada a base de un ángulo θ formado por la intersección de la superficie 118 y la superficie de nivel 120 en una dirección longitudinal X. De manera similar, la superficie 118 puede estar inclinada a base de un ángulo ϕ formado por la intersección de la superficie 118 y la superficie de nivel 120 en una dirección lateral Y como se ha indicado anteriormente. La pendiente de la superficie 118 causada por los ángulos θ y ϕ puede afectar la actitud de la aeronave 102 cuando la aeronave 102 aterriza sobre la superficie 118 (por ejemplo, el peso de la aeronave 102 en las ruedas o partes de aterrizaje de la aeronave, tales como patines).

35 En algunas realizaciones, como se ha descrito en el presente documento, el aterrizaje de la aeronave 102 sobre la superficie 118 puede hacer que la aeronave 102 se vuelva inestable y/o pueda dañar la aeronave 102. Por ejemplo, la superficie 118 puede tener una pendiente grande (por ejemplo, un ángulo θ que tiene un valor entre aproximadamente 7° a 12° o más) de manera que cuando la aeronave 102 descansa sobre la superficie 118, una parte de la superficie puede interferir o chocar con una parte de la aeronave 102. Alternativamente, la aeronave 102 puede estar configurada de manera que el centro de gravedad (C.G.) de la aeronave 102 pueda hacer que la aeronave 102 se desbalancee o sea inestable (por ejemplo, rodar o voltear) si la aeronave 102 aterriza sobre la superficie 118.

Diversas realizaciones del sistema de advertencia 100 (mostrado en la figura 1) proporcionan una notificación cuando la superficie 118 puede ser inadecuada para el aterrizaje, que incluye una o más señales diferentes en diversas realizaciones. El sistema de control de vuelo 108 (mostrado en la figura 1) está acoplado de manera comunicativa al sistema de determinación de la pendiente de superficie 104 y al sistema de navegación inercial 106 (mostrado en la figura 1). El sistema de control de vuelo 108 puede configurarse para estimar la pendiente de la superficie 118 basándose en la información de distancia recibida del sistema de determinación de la pendiente de superficie 104.

El sistema de determinación de la pendiente de superficie 104 está configurado para determinar o medir una pluralidad de distancias entre la aeronave 102 y la superficie 118. La medición puede incluir la determinación o estimación de una altitud sobre el nivel del suelo y/o una altura sobre el terreno. Las distancias pueden ser las distancias H (mostradas en las figuras 3 y 4) como se indica a continuación. El sistema de determinación de la pendiente de superficie 104 puede incluir uno o más sensores para detectar las distancias. Adicionalmente, los sensores pueden ser de diferentes tipos. Por ejemplo, el sistema de determinación de la pendiente de superficie 104 puede medir las distancias basándose en información recibida de al menos uno de entre un sensor ultrasónico, un sensor de RADAR, o un sensor láser, entre otros sensores. Adicional u opcionalmente, el sistema de determinación de la pendiente de superficie 104 puede utilizar una base de datos de elevación para medir las distancias. Por ejemplo, el sistema de determinación de la pendiente de superficie 104 puede acoplarse de manera comunicativa al sistema de navegación inercial 106 (figura 1). El sistema de navegación inercial 106 puede proporcionar información de posición (por ejemplo, latitud, longitud y altitud) al sistema de determinación de la pendiente de superficie 104. El sistema de determinación de la pendiente de superficie 104 puede entonces utilizar la información de posición para estimar las distancias basándose, por ejemplo, en información de elevación grabada previamente o predeterminada almacenada en la base de datos de elevación. En diversas realizaciones, pueden utilizarse otros tipos de sensores conjuntamente con, o en lugar de los sensores descritos en el presente documento. En diversas realizaciones, se puede utilizar más de un sensor de tal manera que se pueda tomar una pluralidad de mediciones de distancia.

Los sensores de diversas realizaciones pueden ser, por ejemplo, sensores de suspensión o sensores fijos. Como se utiliza en el presente documento, los sensores fijos incluyen generalmente sensores que están alineados con un eje vertical 130 de la aeronave 102. Como se utiliza en el presente documento, los sensores de suspensión generalmente incluyen sensores que pueden moverse o girar independientemente de cualquier movimiento de la aeronave 102, de manera que los sensores estén alineados con la gravedad (por ejemplo, alineados para apuntar hacia la Tierra, independientemente de la actitud de la aeronave 102).

La figura 3 es una ilustración de la aeronave 102 configurada con sensores fijos 124 y 126 según una realización. Los sensores fijos 124 y 126 pueden ser cualquiera de los tipos de sensores como se ha indicado anteriormente, y pueden ser del mismo tipo o de tipos diferentes. Los sensores fijos 124 y 126 pueden fijarse a la estructura de la aeronave 102 de manera que los sensores fijos 124 y 126 no están suspendidos. Los sensores fijos 124 y 126 giran con el cuerpo de la aeronave 102, de manera que los sensores fijos 124 y 126 están polarizados (por ejemplo, girados) por el ángulo de paso del eje del cuerpo θ_h de la aeronave 102. De manera similar, los sensores fijos 124 y 126 pueden estar polarizados por el ángulo de balanceo del eje del cuerpo ϕ_h (no mostrado), y un ángulo de guiñada del eje del cuerpo ψ_h . Por consiguiente, los sensores fijos 124 y 126 detectan distancias H1 y H2, respectivamente, que se extienden a lo largo de la dirección del eje vertical 130 de la aeronave 102. Las distancias H1 y H2 pueden definirse entre la aeronave 102 y la superficie 118. Los sensores fijos 124 y 126 pueden separarse por una distancia L que se extiende a lo largo de un eje longitudinal 128 (por ejemplo, un eje perpendicular al eje vertical 130 de la aeronave 104), que puede variar según se desee o se necesite.

El sistema de control de vuelo 108 (mostrado en la figura 1) en diversas realizaciones está configurado para estimar el ángulo de pendiente θ de la superficie 118 basándose en las distancias H1 y H2 detectadas por los sensores fijos 124 y 126 y la información de actitud detectada por el sistema de navegación inercial 106. Por ejemplo, en diversas realizaciones, el sistema de control de vuelo 108 puede estimar el ángulo de pendiente θ utilizando lo siguiente:

$$\theta = \theta_h - \tan^{-1} \left(\frac{(H2-H1)}{L} \right) \text{ Ec. 1}$$

En la ecuación 1, el ángulo de paso del eje del cuerpo θ_h puede detectarse por el sistema de navegación inercial 106 (mostrado en la figura 1). Como se indica más adelante, el sistema de control de vuelo 108 puede utilizar el ángulo de pendiente θ para identificar una condición de advertencia.

En diversas realizaciones, el sistema de determinación de la pendiente de superficie 104 puede configurarse adicionalmente con un tercer sensor fijo que se extiende a lo largo de un eje lateral (no mostrado) de la aeronave 102. El eje lateral puede ser perpendicular al eje longitudinal 128 y al eje vertical 130. El sistema de control de vuelo 108 puede estimar el ángulo de pendiente ϕ (mostrado en la figura 2) en la dirección lateral basándose en la información de distancia detectada por el tercer sensor fijo y los sensores fijos 124 y 126.

La figura 4 es una ilustración de la aeronave 102 configurada con sensores de suspensión 132 y 134 según una realización. Los sensores de suspensión 132 y 134 pueden ser cualquiera de los tipos de sensores indicados anteriormente, y pueden ser del mismo tipo o de tipos diferentes. Los sensores de suspensión 132 y 134 pueden estar sin restricciones (por ejemplo, libres de pivotar o girar) por el cuerpo de la aeronave 102 de manera que los sensores de suspensión 132 y 134 no estén polarizados o efectuados por rotación de la aeronave 102. Por ejemplo, los cambios en el ángulo de paso del eje del cuerpo θ_h no influyen en la orientación de los sensores de suspensión 132 y 134 en diversas realizaciones. De manera similar, los cambios en el ángulo de balanceo del eje del cuerpo ϕ_h (no mostrado) y el ángulo de guiñada del eje del cuerpo ψ_h no influyen en la orientación de los sensores de suspensión 132 y 134. Por tanto, los sensores de suspensión 132 y 134 apuntan sustancialmente hacia el "suelo". Los sensores fijos 132 y 134 detectan distancias H3 y H4, respectivamente, que se extienden a lo largo de la dirección de gravedad. En otras palabras, las distancias H3 y H4 pueden ser perpendiculares a la superficie de nivel 120. Las distancias H3 y H4 pueden definirse entre la aeronave 102 y la superficie 118. Los sensores de suspensión 132 y 134 pueden separarse por una distancia M que se extiende paralela al eje longitudinal 128, que se puede variar según se desee o se necesite. En diversas realizaciones, la distancia M puede ser sustancialmente similar a la distancia L mostrada en la figura 3.

De manera similar a lo indicado anteriormente en relación con la ecuación 1, el sistema de control de vuelo 108 (mostrado en la figura 1) puede estimar el ángulo de pendiente θ de la superficie 118 basándose en las distancias H3 y H4 detectadas por los sensores de suspensión 132 y 134, y la información de actitud detectada por el sistema de navegación inercial 106. Por ejemplo, el sistema de control de vuelo 108 puede estimar el ángulo de pendiente θ utilizando lo siguiente:

$$(ec. 2) \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{(H2-H1)}{L \cos \theta_h} \right)$$

Como se ha indicado anteriormente, el ángulo de paso del eje del cuerpo θ_h puede detectarse por el sistema de navegación inercial 106 (mostrado en la figura 1). El sistema de control de vuelo 108 puede utilizar el ángulo de pendiente θ para identificar una condición de advertencia.

En diversas realizaciones, el sistema de determinación de la pendiente de superficie 104 puede configurarse adicionalmente con un tercer sensor de suspensión (no mostrado) que se extiende a lo largo de un eje lateral (no mostrado) de la aeronave 102. El eje lateral puede ser perpendicular al eje longitudinal 128 y el eje vertical 130. El sistema de control de vuelo 108 puede estimar el ángulo de pendiente ϕ (mostrado en la figura 2) en la dirección lateral basándose en la información de distancia detectada por el tercer sensor de suspensión y los sensores de suspensión 132 y 134. Adicional u opcionalmente, el sistema de determinación de la pendiente de superficie 104 puede incluir uno o más sensores de suspensión y sensores fijos.

Volviendo a la descripción de la figura 1, el sistema de control de vuelo 108 puede determinar una o más características de aproximación basándose en los ángulos de pendiente θ y ϕ (mostrados en la figura 2), y/o la información de actitud de la aeronave 102 detectada por el sistema de navegación inercial 106. Las características de aproximación en diversas realizaciones pueden incluir al menos uno de entre una diferencia de actitud relativa entre la aeronave 102 y al menos uno de los ángulos de pendiente θ o ϕ (mostrados en la figura 2), o una tasa de variación en los ángulos de pendiente θ o ϕ . El sistema de control de vuelo 108 también puede estimar una diferencia de actitud relativa entre la aeronave y al menos uno de los ángulos de pendiente θ o ϕ . Por ejemplo, el sistema de control de vuelo 108 puede determinar la diferencia entre el ángulo de pendiente θ y el ángulo de paso del eje del cuerpo θ_h (mostrado en las figuras 3 y 4).

En diversas realizaciones, la superficie 118 (mostrada en las figuras 2, 3 y 4) puede ser una superficie móvil. Por ejemplo, la superficie 118 puede incorporarse como un helipuerto a bordo de un buque de transporte marítimo, tal como un portaaviones. Como superficie móvil, los ángulos de pendiente θ y ϕ pueden cambiar a medida que la nave, y por lo tanto el helipuerto, atraviesa oleajes y olas en el mar. El sistema de control de vuelo 108 puede estimar la velocidad de variación de los ángulos de pendiente θ y ϕ . Por ejemplo, el sistema de control de vuelo 108 puede supervisar los ángulos de pendiente θ y ϕ que cambian con el tiempo.

El sistema de control de vuelo 108 en diversas realizaciones puede identificar una condición de advertencia cuando una o más de las características de aproximación superan un umbral predeterminado (o definido). La condición de advertencia puede proporcionar una notificación anticipada tal que al aterrizar sobre la superficie 118, la aeronave 102 puede volverse inestable y/o puede resultar en un equilibrio inadecuado de la aeronave 102. El umbral predeterminado puede basarse en al menos uno de entre una diferencia de actitud relativa entre la aeronave 102 y al menos uno de entre la pendiente de superficie θ o ϕ , una tasa de variación de la pendiente de superficie θ o ϕ , la velocidad respecto al suelo de la aeronave, un centro de gravedad o un límite estructural de la aeronave, entre otros factores.

- En una realización, el umbral predeterminado puede basarse en una diferencia de actitud relativa. Por ejemplo, la diferencia de actitud relativa puede representar la diferencia entre el ángulo de paso del eje del cuerpo θ_h de la aeronave 102 y el ángulo de la pendiente de superficie θ . Como otro ejemplo, la diferencia de actitud relativa puede representar la diferencia entre el ángulo de balanceo del eje del cuerpo ϕ_h de la aeronave 102 y el ángulo de la pendiente del suelo ϕ . La condición de advertencia puede identificarse cuando la diferencia de actitud relativa supera un umbral predeterminado. Por ejemplo, el umbral predeterminado para la diferencia de actitud relativa entre el ángulo de paso del eje del cuerpo θ_h y el ángulo de la pendiente de superficie θ puede ser de aproximadamente 7° a 12° o más. Sin embargo, se pueden utilizar otros ángulos, tales como los basados en el tipo de aeronave o los requisitos de aterrizaje.
- En una realización, el umbral predeterminado puede basarse en el centro de gravedad de la aeronave 102. Como tal, el centro de gravedad de la aeronave 102 puede limitar la diferencia de actitud relativa de manera que se pueda mantener un equilibrio adecuado al aterrizar. Por ejemplo, cuando la aeronave 102 está configurada con un centro de gravedad cargado hacia delante, el ángulo de la pendiente de superficie θ permitido puede estar limitado a 5° (que define el valor de umbral predeterminado). Como otro ejemplo, cuando la aeronave 102 está configurada con un centro de gravedad cargado en popa, el ángulo de la pendiente de superficie θ permitido puede limitarse a 10° .
- En una realización, el umbral predeterminado puede basarse en limitaciones estructurales. Las limitaciones estructurales pueden basarse en fuerzas permitidas aceptables para la aeronave 102. Las limitaciones estructurales pueden basarse en características de rendimiento tales como, por ejemplo, velocidad aerodinámica, velocidad de descenso, aceleración y/o similar. Por ejemplo, la aeronave 102 puede estar configurada con un tren de aterrizaje que tenga una carga permitida, que puede estar basada en la velocidad de descenso. Como otro ejemplo, el tren de aterrizaje puede tener una velocidad aerodinámica permitida. Adicionalmente, la limitación estructural puede basarse en una carga normal permitida de la aeronave (por ejemplo, carga aceptable "g"). Como otro ejemplo, la limitación estructural puede basarse en el peso de la aeronave y/o el cargamento transportado por la aeronave. Una o más de estas limitaciones pueden utilizarse para definir el umbral predeterminado.
- En diversas realizaciones, el dispositivo de señalización al piloto 110 puede estar acoplado de manera comunicativa al sistema de control de vuelo 108 a través del cableado 122. El dispositivo de señalización al piloto 110 puede estar configurado para generar una notificación cuando se identifica la condición de advertencia. La notificación puede utilizarse para alertar a un piloto 136 sobre si la actitud de la aeronave 102 está dentro de límites aceptables, acercándose a límites inaceptables o superando límites inaceptables. La notificación puede incluir, por ejemplo, al menos uno de entre una señal táctil, una señal visual o una señal auditiva, que puede variarse basándose en el tipo de advertencia y el nivel de la advertencia (por ejemplo, qué cercana está la característica al umbral). En algunas realizaciones, se pueden utilizar diferentes señales para diferentes advertencias o características, y/o para diferentes niveles de las advertencias.
- La señal táctil puede ser al menos uno de entre una parada suave o una alerta de vibración. Por ejemplo, en una realización, la aeronave 102 puede ser una aeronave de alas giratorias (por ejemplo, un helicóptero) que tiene un controlador de eje vertical 138 (por ejemplo, una palanca de paso colectiva) y un controlador de traslación 140 (por ejemplo, una palanca de paso cíclica) como se muestra en la figura 1.
- El controlador de eje vertical 138 y/o el controlador de traslación 140 pueden incluir uno o más paradas suaves. Una parada suave, tal como se utiliza en el presente documento, puede ser una parada artificial o una región de mayor resistencia que impida, limite o desaliente (o resista) un movimiento adicional del controlador de eje vertical 138 y/o del controlador de traslación 140 en una o más direcciones. Por ejemplo, una parada suave puede limitar el movimiento del controlador de eje vertical 138 cuando se identifica la condición de advertencia. Debe observarse que la parada suave en diversas realizaciones puede superarse con la aplicación de fuerza suficiente (por ejemplo, el piloto 136 puede empujar a través de la señal táctil para mantener una velocidad de descenso si se desea).
- Adicional u opcionalmente, el controlador de eje vertical 138 y/o el controlador de traslación 140 pueden impulsarse hacia atrás automáticamente de manera que el controlador de eje vertical 138 y/o el controlador de traslación 140 se muevan automáticamente para evitar superar la pendiente o el límite de actitud relativa. El movimiento automático permite que la aeronave 102 evite el aterrizaje en terrenos inadecuados. Por ejemplo, el controlador de eje vertical 138 puede impulsarse hacia atrás para reducir o impedir de otro modo que la aeronave 102 se aproxime o alcance una velocidad de descenso que permita a la aeronave 102 aterrizar. La cantidad de fuerza para crear el movimiento de los controladores 138, 140 puede limitarse de manera que el piloto 136 pueda anular el comando de marcha hacia atrás. Debe observarse que la señalización del controlador de traslación 140, tal como una palanca de paso cíclica, puede limitar las posiciones relativas. Por ejemplo, se pueden utilizar una o más señales longitudinales/laterales para limitar posiciones relativas entre el vehículo (por ejemplo, aeronave) y el plano de tierra local. Debe observarse que pueden realizarse otras medidas de evitación según se desee o se necesite.
- Adicional u opcionalmente, el controlador de eje vertical 138 y/o el controlador de traslación 140 pueden incluir una alerta de vibración. La alerta de vibración puede proporcionarse como un agitador del controlador de eje vertical 138 y/o del controlador de traslación 140. Por ejemplo, como se conoce en la técnica se puede utilizar un agitador de

palanca para hacer vibrar el controlador de eje vertical 138 y/o el controlador de traslación 140. Adicionalmente, la intensidad de la vibración puede variarse basándose en la condición de advertencia, tal como el tipo o nivel de la condición de advertencia. Por ejemplo, el controlador de eje vertical 138 puede vibrar de manera menos agresiva cuando los ángulos de pendiente θ y/o \square superan se aproximan al umbral predeterminado y pueden vibrar de manera más agresiva cuando los ángulos de pendiente θ y/o \square superan el umbral predeterminado.

Adicional u opcionalmente, la notificación generada por el dispositivo de señalización al piloto 110 puede incluir una señal visual. Por ejemplo, el dispositivo de señalización al piloto 110 puede incluir un panel de instrumentos 142 que tenga una luz 144 que se ilumina para proporcionar una notificación al piloto 136 cuando se identifique la condición de advertencia. Sin embargo, pueden proporcionarse otros tipos de señales visuales tales como indicadores de advertencia de texto o gráficos.

Adicional u opcionalmente, la notificación generada por el dispositivo de señalización al piloto 110 puede incluir una señal auditiva. Por ejemplo, el dispositivo de señalización al piloto 110 puede incluir un sistema de señalización auditiva 146 montado en casco configurado para emitir uno o más tonos, tal como, por ejemplo, un tono de advertencia de proximidad al terreno, como se conoce en la técnica, cuando se identifica la condición de advertencia.

En diversas realizaciones, el dispositivo de señalización al piloto 110 puede incluir un sistema de priorización de señales 148. Debe observarse que el sistema de priorización de señales 148 puede incorporarse en otros sistemas además de, o en alternativa al dispositivo de señalización al piloto 110. Por ejemplo, en diversas realizaciones, el sistema de priorización de señales 148 puede ser un componente del sistema de control de vuelo 108. El sistema de priorización de señales 148 puede estar acoplado de manera comunicativa al dispositivo de señalización al piloto 110 y al menos a uno de entre el controlador de eje vertical 138, el controlador de traslación 140, la luz 144 o el sistema de señalización auditiva 146. El sistema de priorización de señales 148 puede configurarse para determinar selectivamente la manera y/o el orden en que se presentarán las notificaciones al piloto 138. El sistema de priorización de señales 148 puede resolver cualquier ambigüedad en la causa de la notificación. Por ejemplo, el sistema de priorización de señales 148 puede proporcionar una alerta de vibración en el controlador de eje vertical 138 además de una advertencia auditiva en el sistema de señalización auditiva 146 para llamar la atención sobre el controlador de eje vertical 138.

En diversas realizaciones, el sistema de control de vuelo 108 puede configurarse adicionalmente para tomar una o más medidas de evitación en respuesta a la condición de advertencia. Las medidas de evitación pueden incluir al menos una medida de una conservación de actitud o una conservación de altitud. En diversas realizaciones, cuando se inicia una conservación de actitud, esta conservación hace que la aeronave 102 se mantenga o permanezca sustancialmente en una actitud fija (por ejemplo, los ángulos de Euler se mantienen casi constantes). En diversas realizaciones, cuando se inicia una conservación de altitud, esta conservación es un estado en el que la aeronave 102 mantiene o permanece (por ejemplo, está suspendida en el aire) a una altitud predeterminada (por ejemplo, 3 m).

La medida de evitación también puede incluir la aplicación de una señal táctil. Como se ha indicado anteriormente, una señal táctil puede incluir al menos uno de entre una parada suave, una alerta de vibración o una marcha hacia atrás aplicada al controlador de eje vertical 138 y/o al controlador de traslación 140. La aplicación de la señal táctil y/o una o más medidas de evitación permiten que la aeronave 102 evite el aterrizaje sobre la superficie 118 que tiene una pendiente que supera los límites de la aeronave 102.

Con referencia ahora a la figura 5, y siguiendo con la referencia a la figura 1, se ilustra un diagrama de sistema que muestra los componentes de un sistema de advertencia 150 según una realización. El sistema de advertencia 150 y diversos componentes de la realización ilustrada pueden incorporarse, por ejemplo, como el sistema de advertencia 100 descrito anteriormente en relación con la figura 1. Sin embargo, el sistema de advertencia 150 también puede implementarse como un sistema separado o diferente.

El sistema de advertencia 150 incluye generalmente un procesador 152. El procesador 152 puede ser un componente del sistema de control de vuelo 108 (mostrado en la figura 1). El procesador 152 puede comprender una pluralidad de dispositivos de procesamiento o coprocesadores. Adicional u opcionalmente, el procesador 152 puede incluir un sistema basado en un microprocesador que incluye sistemas que utilizan microcontroladores, ordenador de juego de instrucciones reducido (RISC), circuitos integrados para aplicaciones específicas (ASIC), circuitos lógicos, unidades de procesamiento gráficos (GPU), matriz de puertas programable in-situ (FPGA), y/o cualquier otro circuito o procesador que puede ejecutar las funciones descritas en el presente documento.

El procesador 152 se acopla de manera comunicativa a una memoria 154. La memoria 154 puede configurarse para almacenar información durante un corto plazo (por ejemplo, datos de sensor durante el procesamiento) o durante un periodo más largo (por ejemplo, datos relativos a umbrales predeterminados o valores predeterminados, tales como la altitud de conservación de altitud predeterminada, los límites de ángulo de paso y alabeo y/o similar). La memoria 154 puede ser cualquier tipo de dispositivo de almacenamiento de datos, que también puede almacenar una o más

bases de datos 155 de información. Por ejemplo, la memoria 154 puede almacenar una base de datos de elevación que tiene información de altitud para diversas ubicaciones geográficas. Sin embargo, cualquier tipo de información puede almacenarse en las bases de datos 155, tales como los valores de umbral predeterminados y/u otras características de rendimiento o de operación específicas de la aeronave, entre otros datos, que se pueden utilizar como se describe con más detalle en el presente documento. Debe observarse que la memoria 154 puede estar separada del procesador 152 o formar parte del mismo.

En operación, el procesador 152 puede recibir, por ejemplo, información de actitud desde un sistema de navegación 156 (que puede incorporarse como el sistema de navegación inercial 106 mostrado en la figura 1) y/o puede recibir información de altura desde uno o más sensores de distancia 158 y 160 (se ilustran dos sensores de distancia). El uno o más sensores de distancia 158 y 160 pueden formar parte, por ejemplo, del sistema de determinación de la pendiente de superficie 104 (mostrado en la figura 1). El procesador 152 puede entonces calcular ángulos de pendiente asociados con la superficie de aterrizaje 118 (mostrada en las figuras 2 y 3) basándose en la información de altura y la información de actitud. El procesador 152 puede determinar entonces una condición de advertencia basándose en los ángulos de pendiente como se describe con más detalle en el presente documento y, después, generar una o más notificaciones cuando los ángulos de pendiente superan los umbrales predeterminados.

El procesador 152 envía una notificación a uno o más componentes de señal 162 (que pueden incorporarse o formar parte del dispositivo de señalización al piloto 110 mostrado en la figura 1). Los componentes de señal 162 pueden incluir diversos subcomponentes para alertar al piloto de que se han activado una o más notificaciones. Como se ha descrito anteriormente en relación con la figura 1, los componentes de señal pueden proporcionar señales visuales y/o auditivas.

La figura 6 es un diagrama de flujo de una realización de un método 200 para ayudar al piloto cuando se aproxima a una superficie, tal como para proporcionar advertencias como señales dentro de la aeronave. En diversas realizaciones, el método 200, por ejemplo, puede emplear estructuras o aspectos de diversas realizaciones (por ejemplo, sistemas y/o métodos) indicados en el presente documento. En diversas realizaciones, se pueden omitir o añadirse ciertas etapas, se pueden combinar ciertas etapas, se pueden realizar simultáneamente ciertas etapas, se pueden llevar a cabo al mismo tiempo ciertas etapas, ciertas etapas se pueden dividir en múltiples etapas, ciertas etapas pueden realizarse en un orden diferente, o ciertas etapas o series de etapas pueden volver a realizarse de una manera iterativa. En diversas realizaciones, partes, aspectos y/o variaciones del método 400 pueden utilizarse como uno o más algoritmos para dirigir el *hardware* para realizar las operaciones descritas en el presente documento.

En particular, en el 202, puede medirse una pluralidad de distancias entre una aeronave y una superficie. La medición puede incluir la determinación o estimación de la altitud de la aeronave sobre el nivel del suelo. Las distancias pueden incluir distancias plurales medidas por una pluralidad de sensores. Las distancias pueden medirse basándose en la información recibida de al menos un sensor de un sensor ultrasónico, un sensor de RADAR, un sensor láser o una base de datos de elevación del terreno como se describe en el presente documento. En diversas realizaciones, al menos uno de entre los sensores ultrasónicos, el sensor de RADAR o el sensor láser puede estar suspendido (mientras que en otras realizaciones uno o más están fijados). Alternativamente, al menos uno de entre los sensores ultrasónicos, el sensor de RADAR o el sensor láser puede ser fijo con relación a la aeronave.

El método 200 también incluye en el 204, la detección de información de actitud de la aeronave. En diversas realizaciones, la aeronave puede incluir un sistema de navegación inercial configurado para detectar la información de actitud como se describe en el presente documento. La información de actitud puede incluir un ángulo de paso del eje del cuerpo θ , un ángulo de balanceo del eje del cuerpo ϕ y/o un ángulo de rumbo ψ (por ejemplo, ángulos de Euler).

El método 200 también incluye en el 206, la estimación o determinación de uno o más ángulos de pendiente asociados con la superficie basada en la distancia medida en el 202. La estimación puede incluir estimar al menos uno de entre un ángulo de pendiente lateral formado entre una intersección de la superficie y un plano de nivel de suelo en una dirección lateral, o un ángulo de pendiente longitudinal formado entre una intersección de la superficie y el plano de nivel de suelo en la dirección longitudinal. En diversas realizaciones, la superficie puede incluir una superficie móvil y la estimación del ángulo de pendiente de superficie puede incluir la estimación de una tasa de variación del ángulo de pendiente de superficie.

El método 200 también incluye en el 208, la determinación o identificación de una característica de aproximación. La característica de aproximación puede basarse en el ángulo de pendiente determinado en el 206 y la información de actitud de la aeronave detectada en el 204. En diversas realizaciones, la característica de aproximación puede incluir al menos uno de entre una diferencia de actitud relativa entre la aeronave y el ángulo de pendiente de superficie o una tasa de variación del ángulo de pendiente de superficie, entre otros.

El método 200 también incluye en el 210, la identificación de una condición de advertencia. La condición de advertencia puede identificarse cuando una o más de las características de aproximación superan un umbral

predeterminado. El umbral predeterminado puede basarse en al menos uno de entre una velocidad de descenso, una diferencia de actitud relativa entre la aeronave y el ángulo de pendiente de superficie, una tasa de variación del ángulo de pendiente de superficie, la velocidad respecto al suelo de la aeronave, un centro de gravedad o un límite estructural de la aeronave, entre otros (y que pueden ser específicos de la aeronave).

5 El método 200 también incluye en el 212, proporcionar una o más señales a un piloto. Por ejemplo, el método 200 puede generar una notificación cuando se identifica la condición de advertencia (por ejemplo, que supera un umbral predeterminado para una característica particular). La notificación puede incluir al menos uno de entre una realimentación táctil, una señal visual, o una señal auditiva, entre otras, como se describe en el presente documento. La señal táctil puede ser al menos uno de entre una marcha hacia atrás, una parada suave o una alerta de vibración. Por ejemplo, la aeronave puede ser una aeronave de alas giratorias que tenga un controlador de eje vertical, y la notificación se puede generar utilizando al menos uno de entre una retroalimentación táctil en el controlador de eje vertical.

15 Opcionalmente, el método 200 incluye en el 214, tomar o realizar medidas de evitación en respuesta a la condición de advertencia. Por ejemplo, las medidas de evitación pueden incluir al menos uno de entre una conservación de actitud o una conservación de altitud como se describe en el presente documento. Adicional u opcionalmente, la medida de evitación puede consistir en proporcionar al menos uno de entre una marcha hacia atrás o una parada suave.

20 Debe observarse que la disposición particular de los componentes (por ejemplo, el número, los tipos, la colocación o similar) de las realizaciones ilustradas se puede modificar en diversas realizaciones alternativas. En diversas realizaciones, se puede emplear una serie diferente de un módulo, sistema o unidad determinado, se puede emplear un tipo o tipos diferentes de un módulo, sistema o unidad determinado, se puede combinar una serie de módulos, sistemas o unidades (o aspectos de los mismos), se puede dividir un módulo, sistema o unidad determinado en múltiples módulos (o submódulos), sistemas (o subsistemas) o unidades (o subunidades), se puede añadir un módulo, sistema o unidad determinado, o se puede omitir un módulo, sistema o unidad determinado.

25 Debe observarse que las diversas realizaciones pueden implementarse en *hardware*, *software* o una combinación de los mismos. Las diversas realizaciones y/o componentes, por ejemplo, los módulos, sistemas, o componentes y controladores en el mismo, también se pueden implementar como parte de uno o más ordenadores o procesadores. El ordenador o procesador puede incluir un dispositivo informático, un dispositivo de entrada, una unidad de visualización y una interfaz. El ordenador o procesador puede incluir un microprocesador. El microprocesador puede estar conectado a un bus de comunicación. El ordenador o procesador también puede incluir una memoria. La memoria puede incluir una memoria de acceso aleatorio (RAM) y una memoria de solo lectura (ROM). El ordenador o procesador puede incluir además un dispositivo de almacenamiento, que puede ser una unidad de disco duro o una unidad de almacenamiento extraíble, tal como una unidad de estado sólido, una unidad óptica y similar. El dispositivo de almacenamiento puede consistir también en otros medios similares para cargar programas informáticos u otras instrucciones en el ordenador o procesador.

35 Como se utiliza en el presente documento, el término "ordenador", "controlador", "sistema" y "módulo" pueden incluir, cada uno, cualquier sistema basado en procesadores o microprocesadores que incluyan sistemas que utilizan microcontroladores, ordenador de juego de instrucciones reducido (RISC), circuitos integrados para aplicaciones específicas (ASIC), circuitos lógicos, GPU, FPGA y cualquier otro circuito o procesador que pueda ejecutar las funciones descritas en el presente documento. Los ejemplos anteriores son solamente a modo de ejemplo y, por lo tanto, no pretenden limitar de ninguna manera la definición y/o el significado del término "módulo", "sistema" u "ordenador".

45 El ordenador, módulo, sistema o procesador ejecuta un conjunto de instrucciones que se almacenan en uno o más elementos de almacenamiento, con el fin de procesar datos de entrada. Los elementos de almacenamiento también pueden almacenar datos u otra información según se desee o se necesite. El elemento de almacenamiento puede estar en forma de una fuente de información o un elemento de memoria física dentro de una máquina de procesamiento.

50 El conjunto de instrucciones puede incluir diversos comandos que instruyen al ordenador, módulo, sistema o procesador como una máquina de procesamiento para realizar operaciones específicas tales como los métodos y procesos de las diversas realizaciones descritas y/o ilustradas en el presente documento. El conjunto de instrucciones puede estar en forma de un programa de *software*. El *software* puede estar en diversas formas, tales como *software* de sistema o *software* de aplicación y que puede incorporarse como medio tangible y no transitorio legible por ordenador. Además, el *software* puede estar en forma de una colección de programas, sistemas o módulos separados, un módulo de programa dentro de un programa más grande o una parte de un módulo de programa. El *software* también puede incluir programación modular en forma de programación orientada a objetos. El procesamiento de datos de entrada por la máquina de procesamiento puede tener lugar en respuesta a comandos de operador, o en respuesta a resultados de un procesamiento anterior, o en respuesta a una solicitud hecha por otra máquina de procesamiento.

Como se utiliza en el presente documento, los términos "*software*" y "*firmware*" son intercambiables e incluyen cualquier programa informático almacenado en la memoria para su ejecución por un ordenador, incluyendo la memoria RAM, la memoria ROM, la memoria EPROM, la memoria EEPROM y la memoria no volátil RAM (NVRAM). Los tipos de memoria anteriores son solamente a modo de ejemplo y, por lo tanto, no son limitativos en cuanto a los tipos de memoria utilizables para el almacenamiento de un programa informático. Los componentes individuales de las diversas realizaciones se pueden virtualizar y alojar por un entorno computacional de tipo nube, por ejemplo, para permitir la asignación dinámica de potencia computacional, sin necesitar el usuario relativo a la ubicación, configuración y/o *hardware* específico del sistema informático.

Debe entenderse que la descripción anterior se pretende que sea ilustrativa y no restrictiva. Por ejemplo, las realizaciones descritas anteriormente (y/o aspectos de las mismas) se pueden utilizar en combinación entre sí. Además, se pueden hacer muchas modificaciones para adaptar una situación o material particular a las enseñanzas de las diversas realizaciones sin apartarse del alcance de la misma. Las dimensiones, los tipos de materiales, las orientaciones de los diversos componentes y el número y las posiciones de los diversos componentes descritos en el presente documento están destinados a definir parámetros de ciertas realizaciones, y no son limitativos en absoluto y son realizaciones meramente a modo de ejemplo. Muchas otras realizaciones y modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones serán evidentes para los expertos en la técnica después de revisar la descripción anterior. Por lo tanto, debe determinarse el alcance de las diversas realizaciones con referencia a las reivindicaciones adjuntas, junto con el alcance completo de los equivalentes a los que están autorizadas dichas reivindicaciones. En las reivindicaciones adjuntas, los términos "incluyendo" y "en el cual" se utilizan como los equivalentes en el habla corriente de los términos respectivos "comprendiendo" y "en el que". Además, en las siguientes reivindicaciones, los términos "primero", "segundo" y "tercero", etc. se utilizan meramente como etiquetas y no pretenden imponer requisitos numéricos a sus objetos.

Esta descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar las diversas realizaciones, y también para permitir que una persona experta habitual en la técnica practique las diversas realizaciones, incluyendo hacer y utilizar cualquier dispositivo o sistema y realizar cualquier método incorporado. El alcance patentable de las diversas realizaciones está definido por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que se presentan a los expertos en la técnica. Tales otros ejemplos están destinados a estar dentro del alcance de las reivindicaciones si los ejemplos tienen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones, o los ejemplos incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias no sustanciales de los lenguajes literales de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema que comprende:

un sistema de determinación de pendiente de superficie (104) configurado para medir una pluralidad de distancias entre una aeronave (102) y una superficie (118);

5 un sistema de navegación inercial (106) configurado para detectar información de actitud de la aeronave para la aeronave;

10 un sistema de control de vuelo (108) acoplado de manera comunicativa al sistema de determinación de pendiente de superficie y al sistema de navegación inercial, estando el sistema de control de vuelo configurado para estimar un ángulo de pendiente de la superficie basándose en la pluralidad de distancias medidas, estando el sistema de control de vuelo configurado además para determinar (208) una o más características de aproximación basándose en el ángulo de pendiente y la información de actitud de la aeronave, estando el sistema de control de vuelo configurado adicionalmente para identificar (210) una condición de advertencia y llevar a cabo (214) una o más medidas de evitación cuando una o más de las características de aproximación supera un umbral predeterminado; y

15 un dispositivo de señalización al piloto (110) acoplado de manera comunicativa al sistema de control de vuelo, estando el dispositivo de control piloto configurado para generar una notificación cuando se identifica la condición de advertencia,

caracterizado porque la superficie comprende una superficie móvil y el sistema de control de vuelo está configurado además para medir una tasa de variación del ángulo de pendiente de la superficie de la superficie móvil.

20 2. El sistema de la reivindicación 1, en el que la pendiente se define por al menos uno de entre un ángulo de pendiente lateral formado entre una intersección de la superficie y un plano de nivel de suelo en una dirección lateral, o un ángulo de pendiente longitudinal formado entre una intersección de la superficie y el plano de nivel de suelo en una dirección longitudinal.

3. El sistema de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la notificación proporcionada por el dispositivo de señalización al piloto incluye al menos uno de entre una señal táctil, una señal visual o una señal auditiva.

25 4. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que la aeronave es una aeronave de alas giratorias que tiene al menos uno de entre un controlador de eje vertical (138) o un controlador de traslación (140), y comprendiendo el dispositivo de señalización al piloto un dispositivo de realimentación táctil configurado para proporcionar al menos uno de entre una parada suave, una marcha hacia atrás o una alerta de vibración en el controlador de eje vertical o en el controlador de traslación.

30 5. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que la característica de aproximación incluye al menos uno de entre una diferencia de actitud relativa entre la aeronave y el ángulo de pendiente de superficie de la superficie.

35 6. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que el sistema de determinación de pendiente de superficie está configurado para medir o determinar la pluralidad de distancias basándose en la información recibida de al menos uno de entre un sensor ultrasónico, un sensor de RADAR, un sensor láser o una base de datos de elevación del terreno.

7. El sistema de la reivindicación 6, en el que al menos uno de entre el sensor ultrasónico, el sensor de RADAR, o el sensor láser es uno de entre un sensor de suspensión o un sensor fijo.

40 8. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que el umbral predeterminado se basa en al menos uno de entre una diferencia de actitud relativa entre la aeronave y el ángulo de pendiente de superficie, una tasa de variación del ángulo de pendiente de superficie, una velocidad respecto al suelo de la aeronave, un centro de gravedad, o un límite estructural de la aeronave.

9. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que la una o más medidas de evitación comprende al menos uno de entre una conservación de actitud o una conservación de altitud.

45 10. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que el sistema de control de vuelo está configurado adicionalmente para llevar a cabo una o más medidas de evitación en respuesta a la condición de advertencia, incluyendo las medidas de evitación al menos uno de entre una parada suave, una alerta de vibración o una marcha hacia atrás.

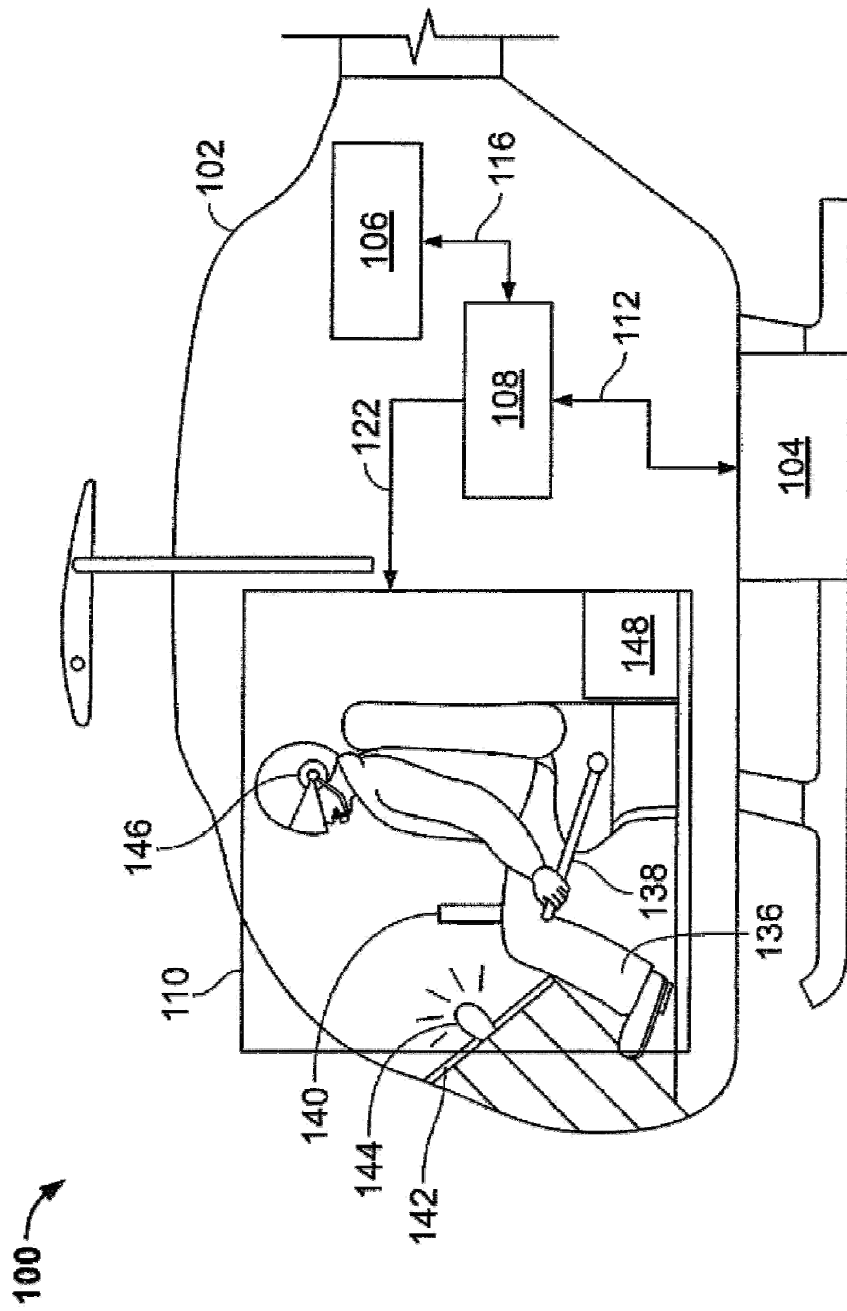


FIG. 1

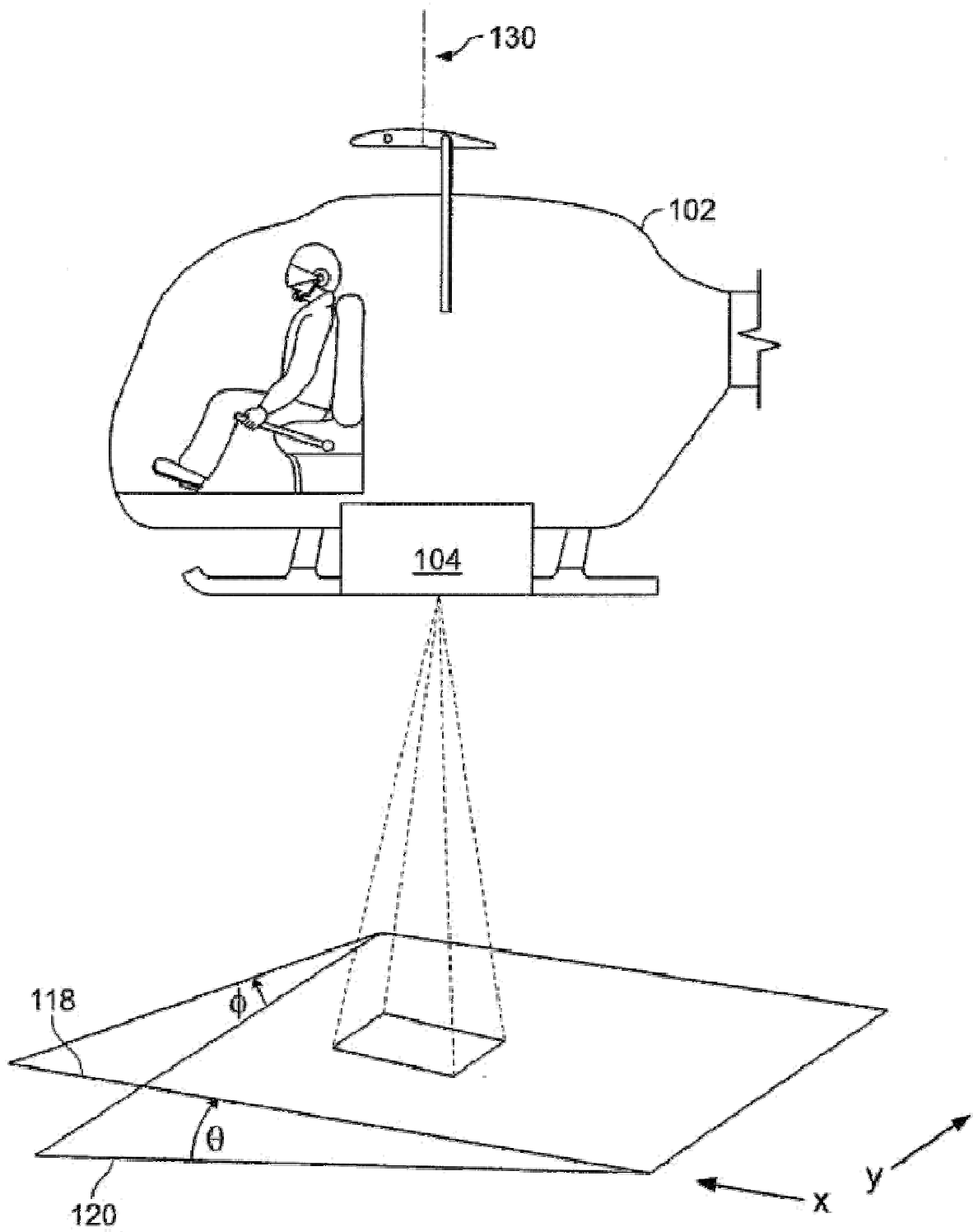


FIG. 2

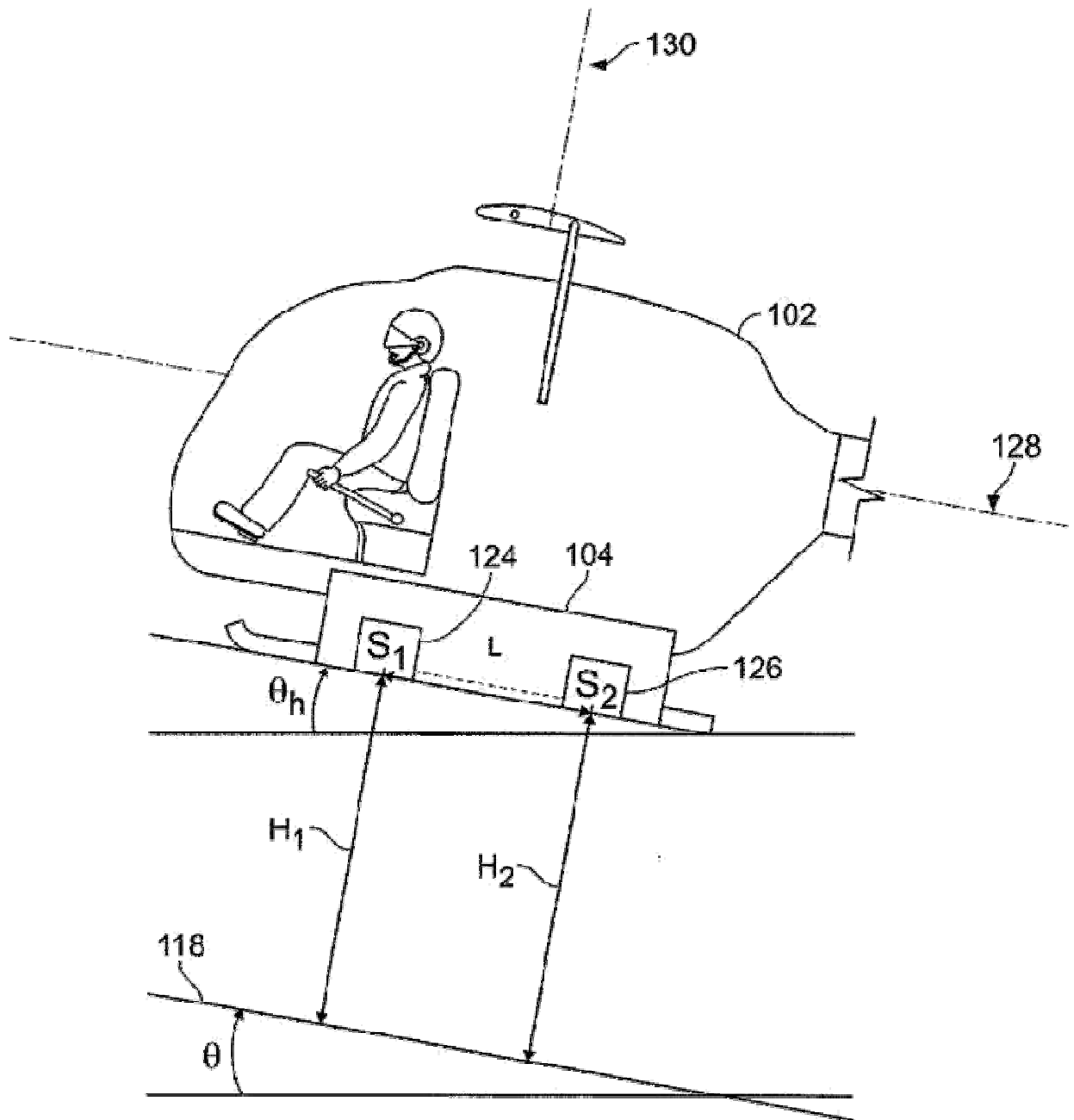


FIG. 3

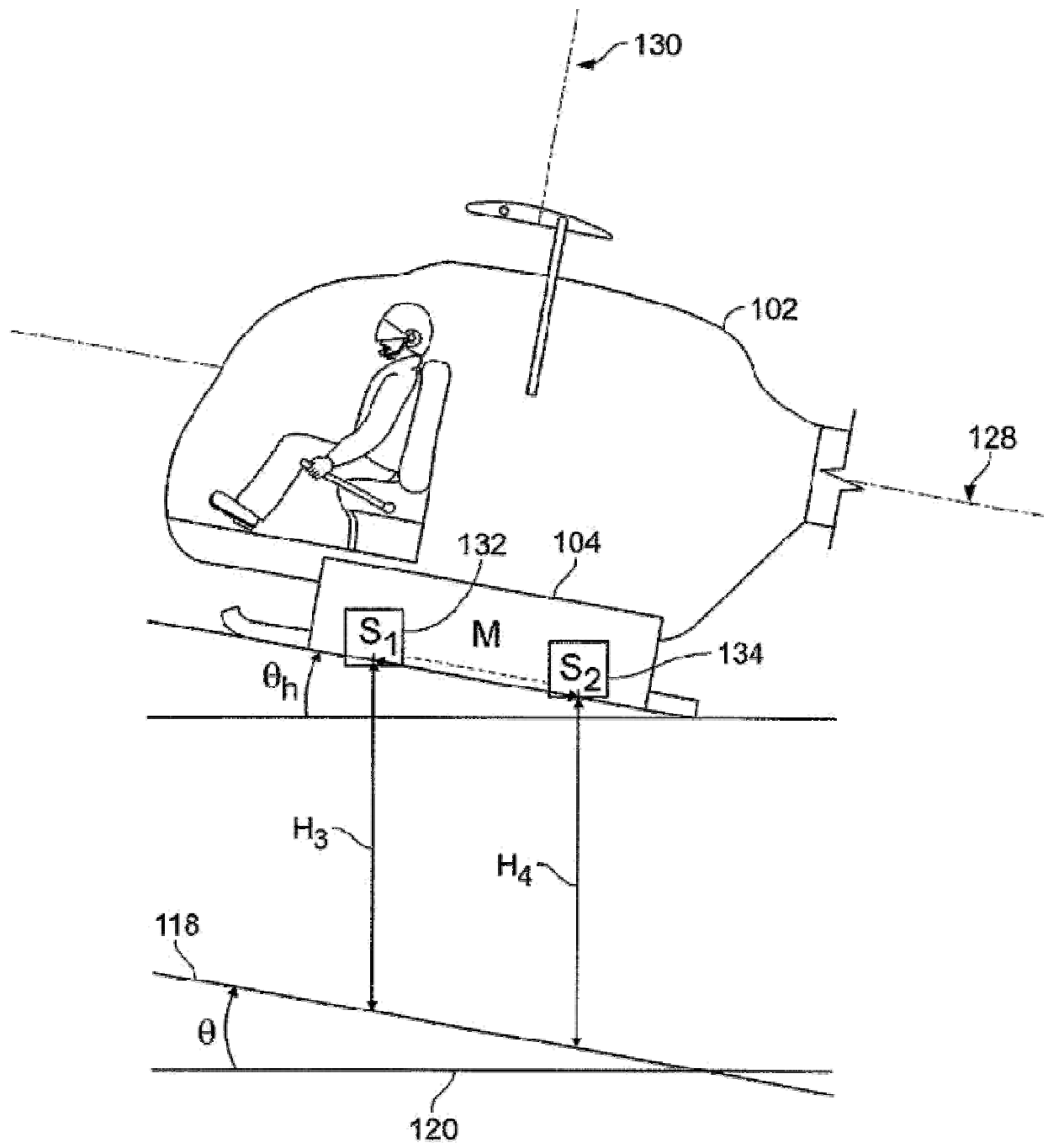


FIG. 4

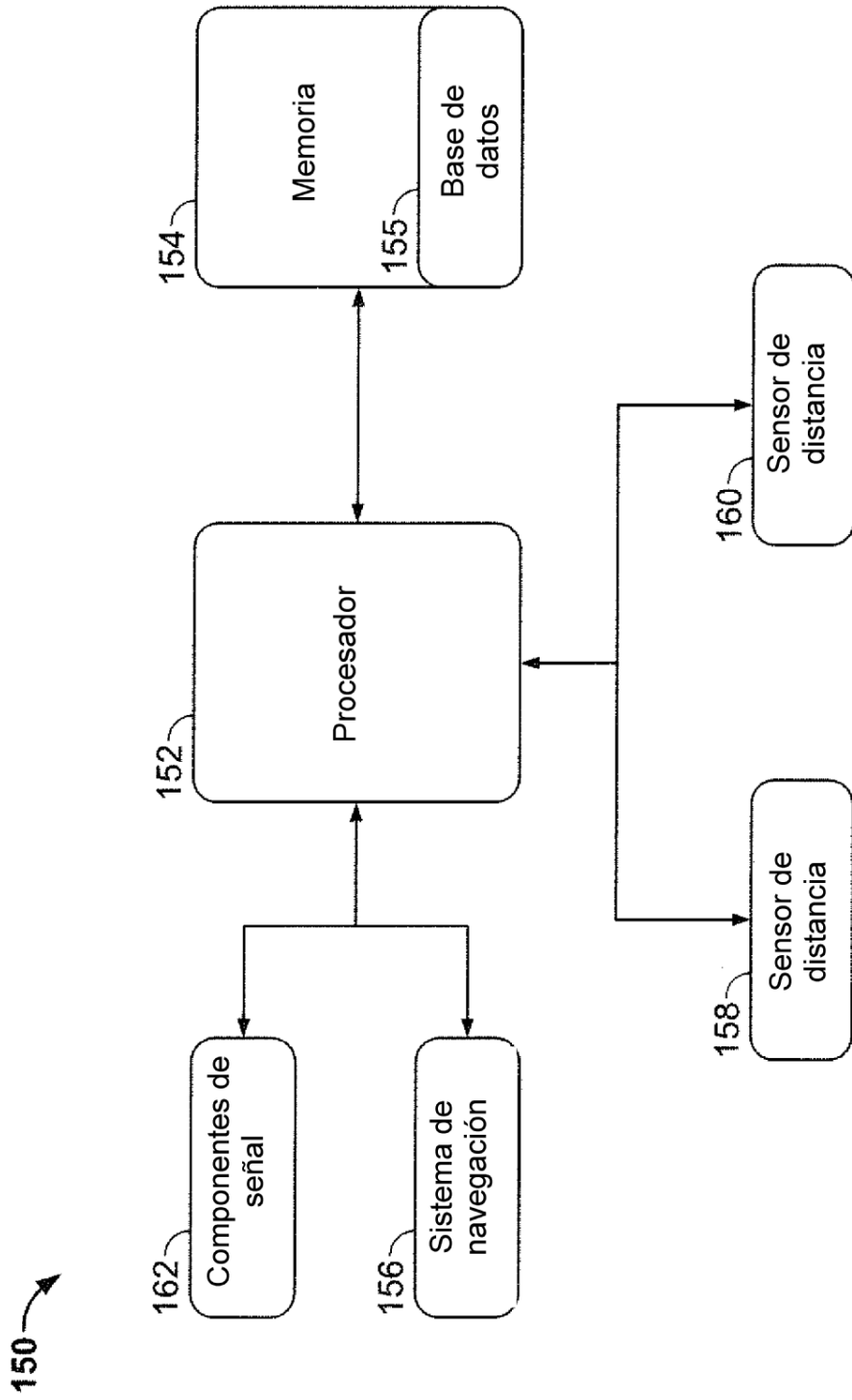


FIG. 5

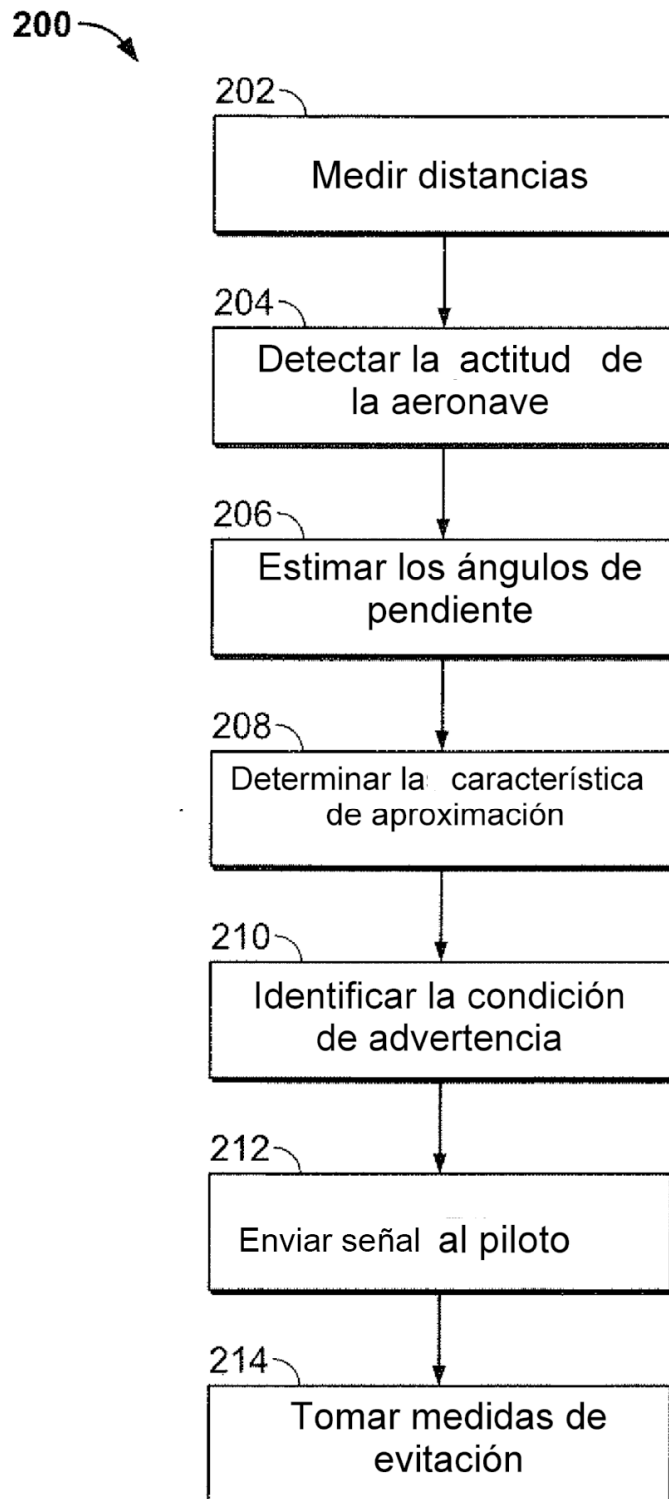


FIG. 6