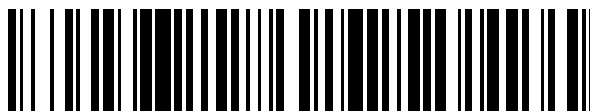


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 765 244**

51 Int. Cl.:

**G05D 1/06** (2006.01)

**G05D 1/08** (2006.01)

**G08G 5/02** (2006.01)

**G01C 23/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2014 E 14158008 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019 EP 2787408**

54 Título: **Guía de aproximación de director de vuelo**

30 Prioridad:

**04.04.2013 US 201313856454**

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

**08.06.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LEVINE, BENJAMIN DAVID y  
KROGH, STEVEN BARRY**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 765 244 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

Guía de aproximación de director de vuelo

### Antecedentes

- 5 Los pilotos de aviones de ala fija generalmente se esfuerzan por aterrizar el avión a una velocidad de descenso muy baja. Hacerlo puede reducir el desgaste del avión, reducir los costes de mantenimiento, aumentar la comodidad y la satisfacción de los pasajeros, y en general aumentar la seguridad. Para reducir la velocidad de descenso del avión durante los aterrizajes, los pilotos normalmente realizan una maniobra de aproximación antes de contactar con el suelo. Durante la maniobra de aproximación, el avión se inclina hacia arriba, reduciendo la velocidad de descenso a un nivel aceptable justo antes de que el tren de aterrizaje principal toque la pista de aterrizaje.
- 10 Sin embargo, realizar una maniobra de aproximación a menudo resulta en aterrizajes que están más abajo de la pista que la zona de contacto con el suelo deseada. Aterrizar demasiado abajo de la pista puede requerir un mayor frenado y uso del inversor de empuje, aumentando los costes de mantenimiento y reparación. Además, se producen típicamente varias salidas de pista cada año porque el avión aterriza sin que haya suficiente distancia de pista para detenerse de manera segura. Estas salidas de pista a veces resultan en lesiones físicas, así como daños a los
- 15 aviones y a la propiedad del aeropuerto.

Es con respecto a estas consideraciones y a otras que se presenta la divulgación realizada en este documento.

El documento US 3.189.904 describe sistemas de aterrizaje de aviones y particularmente ordenadores de aproximación de salida para establecer una trayectoria adecuada para el contacto con el suelo.

- 20 El documento GB 2004828 describe un instrumento de acercamiento visual de escucha para un avión, que tiene una pantalla que muestra una visualización colimada de información de guía de vuelo en un contexto del mundo exterior para un enfoque multisegmento al contacto con el suelo.

El documento EP 0034874 describe un sistema para controlar el vuelo de un avión durante la aproximación de aterrizaje.

### Sumario

- 25 Se debería apreciar que este sumario se proporciona para presentar una selección de conceptos en forma simplificada que se describen adicionalmente a continuación en la descripción detallada. No se tiene por objeto que este Sumario sea usado para limitar el alcance de la materia objeto reivindicada.

- Según un aspecto, se proporciona un método implementado por ordenador como se define en la reivindicación 1. Según un aspecto adicional, se proporciona un sistema tal como se define en la reivindicación 10. Métodos, sistemas y medios legibles por ordenador se describen en el presente documento para proporcionar orientación durante una maniobra de aproximación de un avión. De acuerdo con ejemplos presentados en el presente documento, se puede determinar una trayectoria de vuelo previa a la aproximación en una pista y calcular una altitud de activación de la aproximación a lo largo de la trayectoria de vuelo previa a la aproximación. Se puede calcular una trayectoria de comando de aproximación que incluye una trayectoria lineal que se cruza con la pista en una ubicación de contacto con el suelo deseada. La trayectoria de comando de aproximación puede tener una pendiente asociada con una velocidad de descenso deseada del avión en la ubicación de contacto con el suelo deseada. El cálculo de la trayectoria de comando de aproximación puede incluir una intersección de una trayectoria de vuelo de avión extrapolada y la pista, la ubicación de contacto con el suelo deseada y la velocidad de descenso deseada. Se puede calcular la trayectoria deseada de aproximación del avión que transita el avión desde una ubicación en la
- 30 trayectoria de vuelo previa a la aproximación en la altitud de activación de la aproximación a la trayectoria de comando de aproximación en la ubicación de contacto con el suelo deseada. Se pueden recibir parámetros de vuelo actuales del avión y proporcionarse un comando del director de vuelo que alinee los parámetros de vuelo actuales del avión con la trayectoria de aproximación deseada del avión.

- 45 Las prestaciones, funciones y ventajas descritas en el presente documento pueden lograrse independientemente en diversas realizaciones de la presente divulgación o pueden combinarse en otras realizaciones adicionales, cuyos detalles adicionales se pueden ver con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

### Breve descripción de los dibujos

- 50 La FIGURA 1 es un diagrama de aterrizaje que ilustra una trayectoria de vuelo para un avión a una altitud de activación de la aproximación, y desde la altitud de activación de la aproximación hasta una ubicación de contacto con el suelo en una pista, de acuerdo con realizaciones presentadas en el presente documento;

La FIGURA 2 es un diagrama de aterrizaje ampliado que ilustra aspectos adicionales al diagrama de aterrizaje de la FIGURA 1 utilizado para determinar la trayectoria de aproximación del avión desde la altitud de activación de la aproximación hasta la ubicación de contacto con el suelo deseada, de acuerdo con realizaciones presentadas en el presente documento;

5 La FIGURA 3 es un diagrama de bloques que ilustra varios componentes y salidas correspondientes de un sistema de guía de aproximación, de acuerdo con realizaciones presentadas en el presente documento;

La FIGURA 4 es un diagrama de contacto con el suelo del avión que ilustra aspectos limitantes de error de un sistema de guía de aproximación, de acuerdo con realizaciones presentadas en el presente documento;

10 La FIGURA 5 es un diagrama de bloques que ilustra el flujo de datos a través de un sistema de guía de aproximación, de acuerdo con realizaciones presentadas en el presente documento;

La FIGURA 6 es un diagrama de bloques que ilustra el flujo de datos a través de un combinador, de acuerdo con realizaciones presentadas en el presente documento;

La FIGURA 7 es un diagrama de flujo que ilustra un método para proporcionar maniobras de aproximación, de acuerdo con las realizaciones presentadas en el presente documento; y

15 La FIGURA 8 es un diagrama de bloques que muestra una arquitectura ilustrativa de hardware y software de ordenador para un sistema informático capaz de implementar aspectos de las realizaciones presentadas en el presente documento.

### Descripción detallada

20 La siguiente descripción detallada está dirigida a métodos, sistemas, medios legibles por ordenador y otras tecnologías adecuadas para proporcionar una guía de aproximación a un piloto para realizar una maniobra de aproximación durante el aterrizaje de aviones. Los sistemas convencionales de guía de aproximación pueden no proporcionar adecuadamente a los pilotos una maniobra de aproximación que sea fiable y precisa de acuerdo con las características de la pista en la que aterriza el avión asociado. Estas deficiencias en los sistemas convencionales de guía de aproximación a menudo resultan en la pérdida de confianza de los pilotos y la falta de uso de los sistemas, así como aterrizajes largos que proporcionan un desgaste adicional en los sistemas de freno y retroceso del avión, y en casos extremos, puede provocar que el avión sobrepase el final de la pista.

30 De acuerdo con los conceptos y tecnologías descritos en el presente documento, un sistema de guía de aproximación utiliza parámetros de vuelo actuales del avión que aterriza, junto con características de la pista en la que aterriza el avión, para determinar y proporcionar una guía de maniobra de aproximación a un director de vuelo u otro sistema de guía para mostrar a un piloto durante las operaciones de aterrizaje. La mayoría de los aviones comerciales convencionales tienen varios sistemas de piloto automático y otros sistemas de aviónica que son capaces de volar de forma autónoma a lo largo de un curso de vuelo predeterminado o preprogramado, o son capaces de proporcionar orientación y retroalimentación al piloto durante el vuelo para ayudar al piloto al manteniendo del curso deseado.

35 Por ejemplo, un "director de vuelo" como se menciona a lo largo de esta descripción puede incluir uno o más iconos o representaciones en una pantalla de avión c de vuelo y el software correspondiente. A efectos de esta descripción, el director de vuelo puede referirse a las representaciones reales que se muestran al piloto, o puede referirse más generalmente al ordenador de vuelo o al software que genera las representaciones para el piloto. De acuerdo con una implementación, el director de vuelo puede incluir líneas horizontales y verticales que representan actitudes de cabeceo y balanceo, respectivamente. El movimiento de las líneas horizontales y verticales puede indicar al piloto que se necesita una corrección de cabeceo o balanceo para mantener o regresar a la trayectoria de vuelo preprogramada. Adicionalmente o como alternativa, el director de vuelo puede proporcionar círculos concéntricos en la pantalla del avión. El círculo exterior puede representar parámetros medidos o estimados de rendimiento del avión, tal como el ángulo de la trayectoria de vuelo o las actitudes de cabeceo y balanceo, mientras que el círculo interno se mueve en cualquiera o en todas las direcciones dependiendo de la corrección que el piloto debe hacer para alinear el rendimiento real del avión con el rendimiento deseado del avión. Al corregir los parámetros de vuelo apropiados para mantener el círculo interno dentro del círculo externo, el piloto puede estar seguro de que se sigue la trayectoria de vuelo deseada.

50 Los iconos o representaciones específicas utilizadas como comandos del director de vuelo para guiar al piloto a través de la maniobra de aproximación no están relacionadas con esta divulgación. En su lugar, cualquier tipo de comando del director de vuelo puede utilizarse dentro del alcance de esta divulgación siempre que el director de vuelo brinde al piloto una guía para volar el avión a través de una trayectoria determinada en el espacio desde una altitud calculada para activar un modo de aproximación e iniciar una maniobra de aproximación, a una ubicación de

contacto con el suelo dentro de una zona de contacto con el suelo deseada en la pista.

El director de vuelo puede configurarse en cualquier número de modos correspondientes a la fase actual de vuelo. Durante cada fase de vuelo y el modo de director de vuelo correspondiente, el director de vuelo puede usar diferentes entradas para proporcionar una salida y orientación apropiadas para el piloto. Por ejemplo, como se describirá con mayor detalle a continuación con respecto a las diversas realizaciones, el director de vuelo puede funcionar en un modo de acercamiento en el que el director de vuelo guía al piloto en el vuelo del avión a lo largo de una trayectoria de vuelo previa a la aproximación desde una altitud de crucero hasta una altitud predeterminada sobre una pista. A la altitud predeterminada sobre la pista, el director de vuelo puede cambiar a un modo de aproximación para guiar al piloto a través de una maniobra de aproximación que asegurará que el avión aterrice a una velocidad de bajada baja en el lugar deseado en la pista.

En la siguiente descripción detallada, se hacen referencias a los dibujos adjuntos que forman parte de la misma y que muestran, a modo de ilustración, realizaciones específicas o ejemplos. Con referencia a los dibujos, números similares representan elementos similares a lo largo de las varias figuras. La figura 1 es un diagrama de aterrizaje 100 que muestra una vista lateral de un avión 102 que aterriza en una pista 104 de acuerdo con la divulgación proporcionada en el presente documento. Este diagrama de aterrizaje 100 se usará para describir generalmente el proceso de aterrizaje y la maniobra de aproximación correspondiente. El sistema de guía de aproximación que proporciona al piloto el guiado durante todo este proceso, y específicamente con respecto a la maniobra de aproximación, se describirán con mayor detalle a continuación.

Como se ve en la FIGURA 1, el piloto del avión 102 está apuntando a una zona de contacto con el suelo deseada 106 en la pista 104 como la ubicación de contacto con el suelo deseada 108 donde las ruedas del avión contactan primero con la superficie de la pista 104. El tamaño y la ubicación precisos de la zona de contacto con el suelo deseada 106 pueden variar según cualquier número y tipo de factores. Factores de ejemplo incluyen, pero no se limitan a, la longitud de la pista 104; el peso, la velocidad de aterrizaje y las capacidades de frenado/empuje inverso del avión 102; las condiciones ambientales tales como la altitud, la temperatura y el clima; la preferencia del piloto; y cualquier combinación de los mismos.

Para aterrizar dentro de la zona de contacto con el suelo deseada 106, un piloto vuela el avión 102 a lo largo de una trayectoria de vuelo previa a la aproximación 110 a la pista 104. El piloto puede utilizar un director de vuelo para proporcionar guiado para mantener la velocidad de avance adecuada, la velocidad de bajada, la altitud 114, y el rumbo que mantendrá el avión 102 en la trayectoria de vuelo previa a la aproximación 110 a la pista 104. En una altitud de activación de aproximación 112, el director de vuelo inicia la maniobra de aproximación y guía al piloto a través de la aproximación hasta aterrizar en el lugar de contacto con el suelo deseado 108. Como se ve en el diagrama de aterrizaje 100, la trayectoria de aproximación del avión 116 es curvilínea, esencialmente nivelando la trayectoria sustancialmente hacia abajo de la trayectoria de vuelo previa a la aproximación 110 para proporcionar un suave contacto con el suelo en la pista 104.

Volviendo a la FIGURA 2, un diagrama de aterrizaje expandido 200 muestra la misma trayectoria de vuelo previa a la aproximación 110, la altitud de activación de la aproximación 112, la trayectoria de aproximación del avión 116, y la ubicación deseada de contacto con el suelo 108 como se describe anteriormente con respecto a la FIGURA 1. Sin embargo, el diagrama de aterrizaje ampliado 200 de la FIGURA 2 ilustra adicionalmente algunas trayectorias calculadas a través del espacio que serán utilizadas por el sistema de guía de aproximación para proporcionar comandos del director de vuelo que harán que el avión 102 maniobre hacia la ubicación de contacto con el suelo deseada 108 a través de la trayectoria de aproximación del avión 116 como se muestra.

Específicamente, el diagrama de aterrizaje expandido 200 muestra una trayectoria de comando de aproximación 202. Como quedará claro en la descripción a continuación con respecto a los diversos componentes y procesos del sistema de guía de aproximación, la trayectoria de comando de aproximación 202 es una trayectoria lineal a través del espacio que se define como una altitud 114 sobre la pista 104 frente a la distancia longitudinal de la pista. Usando la intersección de pista de trayectoria de vuelo extrapolada 210, y la ubicación de la zona de contacto con el suelo deseada 106 con respecto a esa intersección, la trayectoria de comando de aproximación 202 está construida para cruzar la pista 104 dentro de la zona de contacto con el suelo deseada 106 para el enfoque dado. La pendiente de la trayectoria de comando de aproximación 202 se calcula para proporcionar una velocidad de bajada deseada al aterrizar, dada la velocidad de avance de la aeronave 102 en la activación del modo de aproximación, que se produce en la altitud de activación de la aproximación 112.

En general, el sistema de guiado de aproximación descrito en el presente documento determinará la trayectoria de comando de aproximación 202, determinará la altitud de activación de la aproximación 112, y guiará al piloto suavemente a través de la maniobra de aproximación para dirigir el avión 102 desde la altitud de activación de la aproximación 112 a la trayectoria de comando de la aproximación 202 a lo largo de la trayectoria de aproximación del avión 116. La trayectoria de aproximación del avión 116 es una trayectoria ordenada a través del espacio a través del cual el avión 102 pasará de la velocidad de bajada más alta, o velocidad de altitud, asociada con la trayectoria de vuelo previa a la aproximación 110 en la altitud de activación de la aproximación 112 a la velocidad de

bajada más baja apropiada para el contacto con el suelo en la ubicación de contacto con el suelo deseada 108 dentro de la zona de contacto con el suelo deseada 106. Si bien los sistemas convencionales de guía de aproximación brindan alguna guía al piloto para realizar una maniobra de aproximación, estos sistemas convencionales no definen una trayectoria en el espacio para el avión 102, y proporcionan la guía correspondiente para mantener el vuelo en esa trayectoria definida a través del espacio, desde la activación de la aproximación hasta el contacto con el suelo. Al proporcionar esta trayectoria comandada en el espacio, los conceptos y tecnologías descritas en el presente documento proporcionan distancias de aterrizaje controladas con contactos con el suelo precisos dentro de la zona de contacto con el suelo deseada 106.

De acuerdo con varias realizaciones, la intersección de la trayectoria de comando de aproximación 202 con la pista 104 se agregará cierta distancia a la intersección de pista de la trayectoria de vuelo extrapolada 210, si no tuvo lugar una maniobra de aproximación. Esta estrategia hace que el comando de aproximación se desactive de cualquier error de seguimiento del modo de acercamiento. En contraste, los sistemas de guía de aproximación convencionales no incluyen un término de error de distancia para determinar los comandos de guía. Debido a que los comandos del director de vuelo descritos en el presente documento son funciones de la velocidad de bajada y el rango de distancia de bajada desde la zona de contacto con el suelo deseada, la maniobra de aproximación resultante es muy consistente, independientemente de qué modo de acercamiento se estaba volando y cuán estrechamente la tripulación de vuelo estaba siguiendo la guía de acercamiento. Esta característica también permite que se proporcione una guía de aproximación incluso si los directores de vuelo no estaban activados con el acercamiento. De acuerdo con una realización, el director de vuelo de guiado de la aproximación puede aparecer o volverse visible cuando el avión 102 se encuentre a una altitud de aproximación 112 o cerca de la misma para cualquier acercamiento que se vuele manualmente.

Debe apreciarse que de acuerdo con una realización alternativa, la trayectoria de comando de aproximación 202 puede definirse utilizando la intersección de la trayectoria de acercamiento (no mostrada) con el suelo, en lugar de la intersección de pista de vuelo extrapolada 210. Esta realización puede ser deseable para aterrizajes de rendimiento, donde la pista es muy corta y la zona de contacto con el suelo deseada 106 debe estar muy restringida. Sin embargo, la maniobra de aproximación resultante puede variar dependiendo de la precisión con la que el piloto estaba siguiendo la guía de acercamiento antes de que se active el modo de aproximación.

Como se muestra en el diagrama de aterrizaje expandido 200, la altitud 114 al final de la trayectoria de comando de aproximación 202 en relación con la superficie de la pista 104 puede ser negativa después de la intersección de la pista. Esta altitud negativa indica que la trayectoria deseada del avión 102 después de la ubicación de contacto con el suelo deseada 108 está debajo de la pista 104. Al desarrollar el comando final de aproximación para el director de vuelo, la trayectoria de comando de la aproximación negativa asegura que el director de vuelo continuará indicando que el avión 102 debe descender para completar la maniobra de aterrizaje si el piloto flota más allá de la ubicación de contacto con el suelo deseada 108. Si no se permitía que la trayectoria de comando de aproximación 202 fuera negativa, el comando de aproximación podría satisfacerse y puede ordenar un aterrizaje más largo de lo deseado. Con la trayectoria de comando de aproximación 202 permitida para ser negativa, incluso si el piloto flota más allá de la ubicación de contacto con el suelo deseada 108, el comando de aproximación se asegurará de pedir un descenso, ayudando así a minimizar los efectos negativos de pasar la ubicación de contacto con el suelo deseada 108.

La FIGURA 3 es un diagrama de bloques que muestra una serie de componentes 302 de un sistema de guía de aproximación 300, junto con la salida 304 de cada uno de los componentes 302, de acuerdo con la divulgación en el presente documento. Debe entenderse que la FIGURA 3 es una representación generalizada de los componentes 302 del sistema de guía de aproximación 300, junto con las salidas 304 asociadas con los componentes 302. Los componentes 302 se describirán como "módulos", que para el propósito de esta divulgación pueden incluir hardware, software o una combinación de los mismos. La divulgación en el presente documento no se limita a estos tipos particulares o cantidad de componentes 302. Los componentes 302 mostrados en la FIGURA 3 pueden no ser independientes entre sí como se muestra, sino que se pueden combinar, o dividir aún más, para proporcionar las salidas 304 relevantes. Por ejemplo, el sistema de guía de aproximación 300 puede incluir un único procesador de ordenador e instrucciones legibles por ordenador, que cuando se ejecutan por el procesador, utilizan diversas entradas para proporcionar la totalidad o una parte de la salida 304 que se muestra en la FIGURA 3 y se describe en el presente documento. Al describir el sistema de guiado de aproximación 300 en términos de los diversos módulos mostrados en la FIGURA 3, las determinaciones hechas por el sistema de guía de aproximación 300 para proporcionar comandos del director de vuelo para guiar a un piloto a través de la maniobra de aproximación pueden entenderse mejor. Como se describe a continuación con respecto a la FIGURA 5, las salidas 304 de algunos componentes 302 pueden usarse en varias combinaciones como entradas a otros componentes 302. Las relaciones entre los diversos componentes 302 y las salidas 304 correspondientes se describirán en detalle con respecto a la FIGURA 5 a continuación.

Mirando la FIGURA 3, el sistema de guiado de aproximación 300 puede incluir un módulo de altitud de iniciación de aproximación 306. De acuerdo con varias realizaciones, el módulo de altitud de inicio de aproximación 306 determina la altitud de activación de la aproximación 112, que es la altitud 114 a la que se activará el modo de aproximación. Como se describe en el presente documento, el modo de aproximación representa el modo del

sistema de guía de aproximación 300 que proporciona corrección de errores y guía de vuelo al piloto para volar el avión 102 a lo largo de la trayectoria de aproximación del avión 116 a la zona de contacto con el suelo deseada 106. El modo de aproximación puede seguir un modo de guía de acercamiento utilizado por el piloto para volar el avión 102 desde un crucero u otra fase de vuelo a la pista 104 para aterrizar. La altitud de activación de la aproximación 112 puede variar según una serie de factores. Estos factores pueden incluir, pero no se limitan a, ajuste de las aletas, velocidad aerodinámica, velocidad de descenso, temperatura ambiente, elevación de campo, zona de contacto con el suelo deseada 106, longitud de la pista, pendiente de la pista o cualquier otra característica que pueda afectar el perfil de la aproximación.

Un módulo de director de vuelo previo a la aproximación 310 puede determinar los comandos del director de vuelo previos a la aproximación 312 que accionan uno o más símbolos de aproximación previa en una pantalla para el piloto antes de la activación del modo de aproximación. De acuerdo con varias realizaciones, estos símbolos previos a la aproximación pueden moverse a una velocidad que corresponde con la velocidad de cabeceo que se solicitará al inicio de la aproximación. La velocidad de cabeceo ordenada por el director de vuelo en el inicio de la aproximación puede ser función de varios factores, incluyendo pero sin limitación, ajuste de las aletas, velocidad aerodinámica, velocidad de descenso, pendiente de la pista u otras características que pueden afectar el perfil de la antorcha. Al proporcionar una indicación de la frecuencia de cabeceo para la maniobra de aproximación antes de la activación del modo de aproximación, se puede mejorar la capacidad del piloto para rastrear el comando del director de vuelo en modo de aproximación. El módulo del director de vuelo previo a la aproximación 310 puede proporcionar los comandos del director de vuelo previo a la aproximación 312 a una altitud predeterminada por encima de la altitud de activación de la aproximación 112, que puede depender de los parámetros de vuelo del avión 102, tal como la velocidad de avance, la velocidad de descenso u otros. Como alternativa o adicionalmente, la altitud predeterminada para proporcionar los comandos del director de vuelo previos a la aproximación 312 puede preestablecerse de acuerdo con las preferencias de la compañía o del piloto.

Otro componente 302 del sistema de guía de aproximación 300 puede incluir un módulo lógico de modo 314 que controla los modos de operación del director de vuelo. El módulo lógico de modo 314 puede monitorizar parámetros de vuelo tales como la altitud de radio del avión 102 y compararla con la altitud de activación de la aproximación 112. De acuerdo con una realización, la altitud de radio puede corregirse para las actitudes del cuerpo del avión o la colocación de la antena de altitud de radio, o puede estar sujeta a un suavizado inercial, antes de la comparación con la altitud de activación de la aproximación 112. Cuando la altitud de radio procesada resultante es igual o menor que la altitud de inicio de la aproximación calculada, el módulo lógico de modo 314 proporciona un activador 316 de activación del modo de aproximación que inicia la activación del modo de aproximación. El activador 316 de activación del modo de aproximación puede incluir datos o señales que activan otros componentes 302 del sistema de guía de aproximación 300 para realizar operaciones adicionales.

Un ejemplo incluye la activación de un módulo de selección de modo 338 para proporcionar un comando de modo de aproximación 340 que transita una pantalla de cubierta de vuelo 342 de mostrar el director de vuelo de modo de acercamiento a mostrar el director de vuelo 344 correspondiente al modo de aproximación.

Adicionalmente, al recibir el activador 316 de activación del modo de aproximación, un módulo de trayectoria de comando de aproximación 318 determina una trayectoria de comando de aproximación 202. Como se ha descrito anteriormente, la trayectoria de comando de aproximación 202 es una trayectoria lineal en el espacio que tiene una pendiente correspondiente a una velocidad de descenso deseada en la ubicación de contacto con el suelo deseada 108, mientras se cruza con la pista 104 dentro de la zona de contacto con el suelo deseada 106. Se utilizan varios parámetros en el cálculo de la trayectoria de comando de aproximación 202, incluyendo pero no limitado a la velocidad de avance del avión 102 en la altitud de activación de la aproximación 112, la velocidad de descenso del avión 102 a la altura de aproximación 112, la longitud de la pista y la distancia de la zona de contacto con el suelo deseada 106 desde la intersección de pista de vuelo extrapolada 210.

Como un ejemplo, la velocidad de avance y la velocidad de descenso del avión 102 pueden usarse para determinar la ubicación de la intersección de la pista de trayectoria de vuelo extrapolada 210. Se agrega una distancia adicional a la ubicación de la intersección de pista de trayectoria de vuelo extrapolada 210 para determinar la ubicación de contacto con el suelo deseada 108. Esta distancia adicional puede ser una constante o puede ser un factor de otras variables dependiendo de la implementación deseada. Por ejemplo, si la distancia de la pista es corta y se desea un aterrizaje de alto rendimiento, entonces la distancia añadida a la intersección de la pista de trayectoria de vuelo extrapolada 210 para determinar la ubicación de contacto con el suelo deseada 108 puede reducirse.

De acuerdo con las realizaciones descritas en el presente documento, un módulo procesador de comando de aproximación 322 se inicializa tras la activación del modo de aproximación. De acuerdo con una realización, el módulo procesador de comando de aproximación 322 incluye un filtro de segundo orden o superior con desplazamientos de comando de velocidad y posición 324 como salida 304. El módulo procesador de comando de aproximación 322 proporciona comandos de director de vuelo que proporcionan una transición suave desde la posición del avión 102 en la altitud de activación de la aproximación 112 a la trayectoria de comando de aproximación 202. Esta transición se ilustra y describe anteriormente como la trayectoria de la aproximación del

avión 116. Cuando se inicializa, el módulo procesador de comando de aproximación 322 crea desplazamientos de comando de velocidad y posición 324 que coinciden con la altitud y la velocidad de descenso del avión 102 en la activación del modo de aproximación. Los desplazamientos de comando de velocidad y posición 324 disminuyen con el tiempo a una velocidad que crea la trayectoria de la aproximación del avión 116. El desplazamiento del comando de velocidad y posición 324 puede verse como la diferencia entre la trayectoria de comando de la aproximación 202 y la trayectoria de la aproximación del avión 116. Dicho de otra manera, la trayectoria de la aproximación del avión 116 se crea agregando los desplazamientos de comando de velocidad y posición 324 a la trayectoria de comando de la aproximación 202.

El sistema de guiado de aproximación 300 incluye además un combinador 326. El combinador 326 está operativo para producir un comando de director de vuelo de limitación previa 328. Como se describirá con mayor detalle a continuación con respecto a la FIGURA 6, el combinador 326 produce señales de error de altitud y velocidad de altitud, que se combinan para formar un comando en forma de una actitud de cabeceo o un vector de trayectoria de vuelo. La suma de este comando con el parámetro del avión actual correspondiente crea un error que puede estar sujeto a una función limitante por el módulo limitador 330. El módulo limitador 330, tal como se describirá con más detalle a continuación, proporciona un error de director de vuelo 332, que después de un posible procesamiento adicional como el filtrado o la programación de ganancia, puede ser suministrado a la pantalla de la cubierta de vuelo 342 por un módulo de comando del director de vuelo 334 como comandos de pantalla 336. La pantalla de la cubierta de vuelo 342 convierte los comandos de pantalla 336 en el director de vuelo 344 para guiar al piloto a través de la maniobra de aproximación.

Tal y como se ha descrito anteriormente, los pilotos generalmente intentan aterrizar en la pista 104 a una velocidad de bajada muy baja para proporcionar un suave, y cómodo aterrizaje a los pasajeros. La FIGURA 4 ilustra una posición del avión 102 en la ubicación deseada de contacto con el suelo 108 tras el contacto inicial con la pista 104. Durante una típica maniobra de aproximación durante el aterrizaje, el piloto inclina el avión 102 hacia arriba para que el avión 102 baje hacia la pista 104 a una velocidad de bajada reducida, que primero coloca el tren de aterrizaje principal 402 en la pista 104, seguido por el tren delantero 404 a medida que el avión 102 desacelera. Sin embargo, si el avión 102 se inclina demasiado alto en o cerca del contacto con el suelo, la cola 406 del avión 102 puede golpear la pista 104, lo que puede causar daños y la posible pérdida de control del avión 102. De manera similar, si la inclinación del avión 102 es demasiado baja, el tren delantero 404 puede entrar en contacto con la pista 104 antes del tren de aterrizaje principal, lo que puede dañar el conjunto del tren delantero. Los sistemas convencionales de guía de aproximación no tienen en cuenta y brindan una guía que evita los golpes de cola y los aterrizajes primero con el tren delantero.

De acuerdo con varias realizaciones, el módulo limitador 330 puede evitar golpes de cola y aterrizajes de las ruedas delanteras aplicando límites de comando a los comandos del director de vuelo antes de proporcionar la guía al piloto. Por ejemplo, el módulo limitador 330 puede determinar el rango de actitud de cabeceo 408 que permite un aterrizaje seguro sin golpear la cola 406 o tocar el tren delantero 404 antes del tren de aterrizaje principal 402. El rango de actitud de cabeceo 408 puede depender de características específicas del avión 102, así como de la pista 104. Alternativamente, el rango de actitud de cabeceo 408 puede determinarse mediante uno o más componentes 302 distintos del módulo limitador 330, o preprogramado y accedido por el módulo limitador 330. El módulo limitador 330 asegura entonces que el error 332 del director de vuelo que se proporciona para guiar al piloto a través de la maniobra de aproximación no le ordena al piloto inclinar el avión 102 a un ángulo que esté fuera del rango de actitud de cabeceo 408. Cabe señalar que el rango de actitud de cabeceo 408 se mide a partir de un vector de nivel local 412, que es normal al vector de gravedad 414.

El módulo limitador 330 también puede limitar el ángulo de trayectoria de vuelo 410 para garantizar que el error 332 del director de vuelo utilizado para guiar al piloto a través de la maniobra de aproximación no requiera una velocidad de ascenso positiva con respecto al suelo durante la aproximación. El ángulo de trayectoria de vuelo 410 se muestra en la FIGURA 4 como negativo, medido desde el vector de nivel local 412. El ángulo de trayectoria de vuelo 410 que es negativo indica que el avión 102 está descendiendo. De acuerdo con varias realizaciones, el módulo limitador 330 no proporcionará un error 332 del director de vuelo que resultaría en una solicitud de un ángulo de trayectoria de vuelo 410 que sea positivo, o que pida al piloto que suba. Los pilotos pueden ser reacios a seguir una orden que exige un ascenso durante la maniobra de aproximación. Puede haber situaciones, tales como cuando te acercas a una pista ascendente, en el que tradicionalmente se puede solicitar un ángulo 410 de trayectoria de vuelo que sea positivo para lograr la velocidad de bajada deseada. Sin embargo, de acuerdo con al menos una realización, el módulo limitador 330 limitará el error 332 del director de vuelo para evitar un ángulo de trayectoria de vuelo 410 que sea positivo y permita un contacto con el suelo un poco más duro.

Pasando ahora a la FIGURA 5, se mostrará y describirá un diagrama de bloques 500 del sistema de guía de aproximación 300 para ilustrar la relación entre varios componentes 302 y el flujo de las salidas 304 desde los componentes 302 a través del sistema. Como entrada al sistema de guía de aproximación 300, un conjunto de sensores 502 puede proporcionar cualquier tipo de vuelo actual, datos ambientales o del avión como salida del conjunto de sensores 506 al sistema de guía de aproximación 300. El conjunto de sensores 502 puede incluir cualquier tipo y cantidad de avión y sensores ambientales instalados en o dentro del avión 102. Un ejemplo de salida

de conjunto de sensores 506 puede incluir, pero no se limita a, altitud 114, temperatura, presión, velocidad aerodinámica, actitud de cabeceo, tasa de cabeceo, actitud de balanceo, velocidad de balanceo, velocidad de guiñada, velocidad de descenso, velocidad de avance y cualquier otro dato relevante. Antes de activar el sistema de guía de aproximación 300, el piloto puede seguir las instrucciones del director de vuelo para rastrear un localizador o una senda de planeo mientras se acerca a una pista 104. Al hacerlo, un módulo de comando de visualización del director de vuelo en modo de aproximación 508 recibe entradas de vuelo, avión, y ambiental del conjunto de sensores 502 y determina los errores apropiados para dirigir al piloto a través del acercamiento. De acuerdo con las realizaciones descritas en el presente documento, en la altitud de activación de aproximación 112, la pantalla de la cubierta de vuelo 342 pasa del modo de acercamiento a un modo de aproximación en el que el sistema de guía de aproximación 300 guía al piloto a través de la maniobra de aproximación para mantener el avión 102 a lo largo de la trayectoria de aproximación 116 y realizar un contacto con el suelo suave en la zona de contacto con el suelo deseada 106.

Como se explicó anteriormente, el sistema de guiado de aproximación 300 incluye un módulo de altitud de iniciación de la aproximación 306 que determina la altitud de activación de aproximación 112 a la que se activará el modo de aproximación. La altitud de activación de la aproximación 112 puede variar según una serie de factores. Estos factores pueden incluir, pero no se limitan a, diversos datos del conjunto de sensores 502, tal como la configuración de las aletas, velocidad aerodinámica, velocidad de descenso, temperatura ambiente, elevación de campo, altitud 114, o cualquier otra característica que pueda afectar el perfil de aproximación. El módulo de altitud de inicio de la aproximación 306 proporciona la altitud de activación de aproximación 112 al módulo lógico de modo 314 y al módulo de director de vuelo previo a la aproximación 310.

De acuerdo con una realización, el módulo de director de vuelo previo a la aproximación 310 puede proporcionar comandos del director de vuelo previo a la aproximación 312 a la pantalla de la cubierta de vuelo 342 para mostrar uno o más símbolos previos a la aproximación que se mueven a una velocidad correspondiente a la velocidad de cabeceo que se solicitará al inicio de la aproximación. Estos símbolos previos a la aproximación pueden mostrarse en la pantalla de la cabina de vuelo 342 mientras la pantalla de la cabina de vuelo 342 está configurada en un modo de acercamiento, antes de cambiar al modo de aproximación. Debería apreciarse que la velocidad de cabeceo asociada con el movimiento de los símbolos previos a la aproximación puede depender de la altitud 114, de la velocidad de avance del avión y de la velocidad de descenso con respecto a la posición del avión 102 con respecto a la zona de contacto con el suelo deseada 106, o, alternativamente, basarse en estos factores, así como en la trayectoria determinada de la aproximación del avión 116, de modo que la entrada desde el combinador 326 pueda ser utilizada (no representada en la FIGURA 5). El módulo del director de vuelo previo a la aproximación 310 puede proporcionar los comandos del director de vuelo previo a la aproximación 312 a una altitud predeterminada por encima de la altitud de activación de la aproximación 112, que puede depender de los parámetros de vuelo del avión 102, tal como la velocidad de avance, la velocidad de descenso u otros. Como alternativa o adicionalmente, la altitud predeterminada para proporcionar los comandos del director de vuelo previos a la aproximación 312 puede preestablecerse de acuerdo con las preferencias de la compañía o del piloto.

El módulo de altitud de inicio de la aproximación 306 proporciona adicionalmente la altitud de activación de aproximación 112 al módulo lógico de modo 314. El módulo lógico de modo 314 controla los modos de operación del director de vuelo. De acuerdo con una realización, el módulo lógico de modo 314 monitoriza los parámetros de vuelo desde el conjunto de sensores 502, tal como la altitud 114, para determinar cuándo cambiar el director de vuelo al modo de aproximación para guiar al piloto a través de la maniobra de aproximación. El módulo lógico de modo 314 puede controlar y comparar la altitud 114 del avión 102 con la altitud de activación de la aproximación 112. Tal como se dijo anteriormente, la altitud 114 puede corregirse para las actitudes del cuerpo del avión o la colocación de la antena de altitud de radio, o puede estar sujeta a un suavizado inercial, antes de la comparación con la altitud de activación de la aproximación 112.

Cuando la altitud de radio procesada resultante es igual o menor que la altitud de activación de la aproximación calculada 112, el módulo lógico de modo 314 proporciona un activador 316 de activación del modo de aproximación que inicia la activación del modo de aproximación. El activador 316 de activación del modo de aproximación se recibe en el módulo de selección de modo 338, que proporciona el comando 340 del modo de aproximación que hace que la pantalla de la cubierta de vuelo 342 pase de mostrar el director de vuelo del modo de acercamiento a mostrar el director de vuelo del modo de aproximación 344. El activador 316 de activación del modo de aproximación también se envía al módulo de trayectoria de comando de aproximación 318 y al módulo de procesador de comando de aproximación 322. El módulo de trayectoria de comando de aproximación 318 determina una trayectoria de comando de aproximación 202 que utiliza varios parámetros, incluyendo pero no limitado a la velocidad de avance del avión 102 en la altitud de activación de la aproximación 112, la velocidad de descenso del avión 102 a la altura de aproximación 112, la longitud de la pista y la distancia de la zona de contacto con el suelo deseada 106 desde la intersección de pista de vuelo extrapolada 210.

El módulo procesador de comando de aproximación 322 se inicializa al recibir el activador 316 de activación del modo de aproximación. Tal y como se ha descrito anteriormente, el módulo procesador de comando de aproximación 322 puede incluir un filtro de segundo orden con velocidad y posición de desplazamiento de comando



324 como salida 304. El desplazamiento del comando de velocidad y posición 324 se combina con los datos correspondientes a la trayectoria de comando de aproximación 202 en el combinador 326 para producir señales de error de altitud y velocidad de altitud, que se combinan para formar un comando 328 de director de vuelo de limitación previa en forma de una actitud de cabeceo o un vector de trayectoria de vuelo. El comando del director de vuelo de limitación previa 328 puede considerarse un error que indica qué tan cerca está el avión 102 de la trayectoria definida en el espacio, o la trayectoria deseada de la aproximación del avión 116. El piloto proporciona la entrada de vuelo necesaria para corregir este error para mantener el vuelo o regresar a la trayectoria 116 de la aproximación del avión durante la maniobra de aproximación. El combinador 326 se describe con más detalle a continuación con respecto a la FIGURA 6.

El comando del director de vuelo de limitación previa 328 del combinador 326 está sujeto a funciones de limitación theta y gamma dentro del módulo limitador 330 para producir un error de director de vuelo 332. Como se explicó anteriormente, el error del director de vuelo 332 anula el comando de limitación previa 328 del director de vuelo si el comando de limitación previa 328 del director de vuelo da como resultado una guía del director de vuelo que conducirá a un golpe de rueda delantera o de la cola durante el aterrizaje, o conduciría a instrucciones para que el piloto suba. El error de director de vuelo 332, puede estar sujeto a un procesamiento adicional tal como filtrado o programación de ganancia antes de proporcionarse a la pantalla de la cubierta de vuelo 342 por un módulo de comando del director de vuelo 334 en forma de comandos de pantalla 336. La pantalla de la cubierta de vuelo 342 convierte los comandos de pantalla 336 en el director de vuelo 344 para guiar al piloto a lo largo de la trayectoria de aproximación del avión 116 durante la maniobra de aproximación.

Pasando ahora a la FIGURA 6, se describirá el combinador 326 en mayor detalle. La FIGURA 6 muestra un diagrama de bloques 600 que ilustra el flujo y la transformación de datos del conjunto de sensores 502, el módulo de trayectoria de comando de aproximación 318, y el módulo procesador de comando de aproximación 322 a través del combinador 326 para crear el comando del director de vuelo de limitación previa 328 que se usa para crear la guía del director de vuelo a través de la maniobra de aproximación. Debe apreciarse que el diagrama de bloques 600 es una ilustración simplificada utilizada para representar visualmente las diversas operaciones del combinador 326 de acuerdo con diversas realizaciones. Las realizaciones descritas en este documento no se limitan a los componentes, datos de entrada o salida, o trayectorias de flujo de datos que se muestran en la FIGURA 6.

De acuerdo con una realización, el conjunto de sensores 502 proporciona los parámetros actuales de vuelo del avión, tal como la altitud del avión 114 y la velocidad de altitud de la aeronave 606, o la velocidad de descenso, al combinador 326. Debe apreciarse que los términos "velocidad de altitud", "velocidad de descenso", y "velocidad de bajada" pueden usarse indistintamente para indicar la velocidad a la que el avión 102 desciende en altitud 114. La salida de datos del módulo de trayectoria de comando de aproximación 318 utilizada para determinar la trayectoria de comando de aproximación 202 puede incluir un comando de altitud 602 y un comando de velocidad de altitud 604. El comando de altitud 602 y el comando de velocidad de altitud 604 se suman con la altitud del avión 114 y la velocidad de altitud del avión 606, respectivamente, para llegar al error de seguimiento de altitud 608 y al error de seguimiento de velocidad de altitud 610. Estos errores se suman con el desplazamiento del comando de velocidad y posición 324 desde el módulo procesador de comando de aproximación 322 para llegar al error de altitud 612 y al error de velocidad de altitud 614.

Se aplican ganancias apropiadas al error de altitud 612 y al error de velocidad de altitud 614 y las señales de error se combinan para formar una actitud de cabeceo o comando de vector de trayectoria de vuelo 616. Este comando se puede sumar luego con los parámetros de vuelo del avión actuales correspondientes, tales como la actitud de cabeceo del avión o el vector de trayectoria de vuelo 618 del conjunto de sensores 502 para crear el comando del director de vuelo de limitación previa 328. El comando del director de vuelo de limitación previa 328 puede estar sujeto a la limitación theta y gamma antes de ser proporcionado a la pantalla de la cubierta de vuelo 342 para mostrar como un director de vuelo 344 para guiar al piloto a través de la maniobra de aproximación como se describió anteriormente.

Con referencia ahora a la FIGURA 7, se proporcionarán detalles adicionales con respecto a las realizaciones presentadas en el presente documento para proporcionar una guía de maniobra de aproximación. Debe apreciarse que las operaciones lógicas descritas en el presente documento se implementan (1) como una secuencia de actos implementados por ordenador o módulos de programa que se ejecutan en un sistema informático y/o (2) como circuitos lógicos de máquina interconectados o módulos de circuito dentro del sistema informático. La implementación es una cuestión de elección que depende del rendimiento y otros parámetros operativos del sistema informático. En consecuencia, las operaciones lógicas descritas en este documento se denominan de manera diversa como operaciones, dispositivos estructurales, actos o módulos. Estas operaciones, dispositivos estructurales, actos, y módulos puede implementarse en software, en firmware, hardware, en lógica digital para fines especiales, y cualquier combinación de los mismos. Debe apreciarse también que se pueden realizar más o menos operaciones de las que se muestran en las figuras y se describen en el presente documento. Estas operaciones también pueden realizarse en paralelo o en un orden diferente al descrito en el presente documento.

La FIGURA 7 muestra una rutina 700 para proporcionar guía de maniobra de aproximación. En algunas realizaciones, la rutina 700 puede ser realizada por el sistema de guía de aproximación 300, incluyendo uno o todos los módulos descritos anteriormente con respecto a las FIGURAS 3-6. La rutina 700 comienza en la operación 702, donde la trayectoria de vuelo previa a la aproximación 110 se determina en el sistema de guía de aproximación 300.

5 La trayectoria de vuelo 110 previa a la aproximación puede determinarse por el módulo de comando de visualización del director de vuelo en modo de acercamiento 508 o el sistema asociado. En la operación 704, el sistema de guiado de aproximación 300 determina la altitud de activación de aproximación 112 a lo largo de la trayectoria de vuelo 110 previa a la aproximación en la que se activará el modo de aproximación. Esta determinación puede hacerse mediante el módulo de altitud de inicio de la aproximación 306. A partir de la operación 704, la rutina 700 continúa a la operación 706, donde se puede proporcionar orientación previa a la aproximación al piloto. Tal como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con una realización, el módulo de director de vuelo previo a la aproximación 310 puede proporcionar comandos de director de vuelo previos a la aproximación 312 que dan como resultado uno o más símbolos de aproximación previa que se mueven a una velocidad correspondiente a la velocidad de cabeceo que se solicitará al inicio de la aproximación. Estos símbolos de aproximación previa se muestran mientras la pantalla de la cubierta de vuelo 342 está configurada en modo de acercamiento antes de la activación del modo de aproximación.

A partir de la operación 706, la rutina 700 continúa a la operación 708, donde el modo de antorcha se activa al determinar por el módulo lógico de modo 314 que el avión 102 ha alcanzado la altitud de activación de aproximación 112. El módulo de selección de modo 338 proporciona el comando de modo de aproximación 340 que transita la pantalla de la cubierta de vuelo 342 del modo de acercamiento al modo de aproximación. En la operación 710, el módulo de trayectoria de comando de aproximación 318 calcula la trayectoria de comando de aproximación 202 que se usará junto con los desplazamientos de comando de velocidad y posición 324 para guiar el avión 102 suavemente desde la altitud de activación de aproximación 112 a la zona de contacto deseada 106.

La rutina 700 continúa desde la operación 710 a la operación 712, donde el sistema de guiado de aproximación 300 determina la trayectoria de la aproximación del avión 116. Al determinar la trayectoria de la aproximación del avión 116, el módulo procesador de comando de aproximación 322 proporciona compensaciones de comando de velocidad y posición 324 que son procesadas por el combinador 326 como se describe anteriormente con respecto a la FIGURA 6 para llegar a una actitud de cabeceo o comando de vector de trayectoria de vuelo 616 que guiará al piloto a lo largo de la trayectoria de aproximación del avión 116. En la operación 714, el combinador 326 emite los comandos del director de vuelo de limitación previa 328 que proporcionan al piloto la corrección de error actual basada en la actitud actual de cabeceo del avión o el vector de trayectoria de vuelo 618 que permitirá que el avión 102 mantenga el vuelo a lo largo de la trayectoria de aproximación del avión 116. Se incluye en la determinación de los comandos de director de vuelo de limitación previa 328 que se están recibiendo los parámetros actuales de vuelo de la aeronave desde el conjunto de sensores 502, tales como la actitud de cabeceo de la aeronave o el vector de trayectoria de vuelo 618.

La rutina 700 continúa desde la operación 714 a la operación 716, donde los límites theta y gamma se aplican al comando del director de vuelo de limitación previa 328 para crear el error del director de vuelo 332. Después de cualquier procesamiento posterior por el módulo de comando de pantalla del director de vuelo 334, el error del director de vuelo 332 se proporciona en la operación 718 a la pantalla de la cubierta de vuelo 342 para mostrar como guía del director de vuelo al piloto durante la maniobra de aproximación, y la rutina 700 termina.

La FIGURA 8 muestra un ordenador 800 ilustrativo capaz de ejecutar los elementos de software descritos en el presente documento para proporcionar orientación al director de vuelo a través de una maniobra de aproximación. El ordenador 800 puede estar incorporado en un único dispositivo informático o en una combinación de una o más unidades de procesamiento, unidades de almacenamiento y/u otros dispositivos informáticos. El ordenador 800 incluye una o más unidades centrales de procesamiento 802 ("CPU"), una memoria de sistema 808, incluyendo una memoria de acceso aleatorio 814 ("RAM") y una memoria de solo lectura 816 ("ROM"), y un bus de sistema 804 que acopla la memoria a las CPU 802.

Las CPU 802 pueden ser procesadores programables convencionales que realizan operaciones aritméticas y lógicas necesarias para la operación del ordenador 800. Las CPU 802 pueden realizar las operaciones necesarias mediante la transición de un estado físico discreto al siguiente a través de la manipulación de elementos de conmutación que diferencian y cambian estos estados. Los elementos de conmutación generalmente pueden incluir circuitos electrónicos que mantienen uno de dos estados binarios, tales como biestables y circuitos electrónicos que proporcionan un estado de salida basado en la combinación lógica de los estados de uno o más elementos de conmutación, tales como puertas lógicas. Estos elementos básicos de conmutación pueden combinarse para crear circuitos lógicos más complejos, incluyendo registros, sumadores-sustractores, unidades lógicas aritméticas, unidades de punto flotante y similares.

El ordenador 800 también incluye un dispositivo de almacenamiento masivo 810. El dispositivo de almacenamiento masivo 810 puede conectarse a las CPU 802 a través de un controlador de almacenamiento masivo (no mostrado) también conectado al bus 804. El dispositivo de almacenamiento masivo 810 y sus medios legibles por ordenador

asociados proporcionan almacenamiento no transitorio no volátil para el ordenador 800. El dispositivo de almacenamiento masivo 810 puede almacenar un sistema operativo 818, así como módulos de aplicación específicos u otros módulos de programa, tal como el módulo de altitud de iniciación de aproximación 306, el módulo de director de vuelo previo a la aproximación 310, el módulo lógico de modo 314, el módulo de selección de modo 338, el módulo de trayectoria de comando de aproximación 318, el módulo procesador de comando de aproximación 322, el combinador 326, el módulo limitador 330, y el módulo de comando de visualización del director de vuelo 334 descrito anteriormente con respecto a la FIGURA 3. El dispositivo de almacenamiento masivo 810 también puede almacenar datos recopilados o utilizados por los diversos sistemas y módulos, tales como las salidas 304 asociadas con los componentes 302 del sistema de guía de aproximación 300 descritos anteriormente con respecto a la FIGURA 3.

El dispositivo informático 800 puede almacenar programas y datos en el dispositivo de almacenamiento masivo 810 transformando el estado físico del dispositivo de almacenamiento masivo para reflejar la información que se está almacenando. La transformación específica de un estado físico puede depender de diversos factores, en diferentes implementaciones de esta divulgación. Ejemplos de tales factores pueden incluir, pero no se limitan a, la tecnología utilizada para implementar el dispositivo de almacenamiento masivo 810, si el dispositivo de almacenamiento masivo se caracteriza como almacenamiento primario o secundario, y similares. Por ejemplo, el ordenador 800 puede almacenar información en el dispositivo de almacenamiento masivo 810 emitiendo instrucciones a través del controlador de almacenamiento para alterar las características magnéticas de una ubicación particular dentro de un dispositivo de disco magnético, las características reflectantes o refractivas de una ubicación particular en un dispositivo de almacenamiento óptico, o las características eléctricas de un condensador particular, transistor u otro elemento discreto en un dispositivo de almacenamiento de estado sólido. Son posibles otras transformaciones de los medios físicos sin apartarse del alcance y el espíritu de la presente descripción, con los ejemplos anteriores proporcionados solo para facilitar esta descripción. El ordenador 800 puede leer adicionalmente información desde el dispositivo de almacenamiento masivo 810 detectando los estados físicos o características de una o más localizaciones particulares dentro del dispositivo de almacenamiento masivo.

Aunque la descripción de los medios legibles por ordenador contenidos en el presente documento se refiere a un dispositivo de almacenamiento masivo, tal como un disco duro o una unidad de CD-ROM, los expertos en la materia deben apreciar que los medios legibles por ordenador pueden ser cualquier medio informático disponible al que se pueda acceder desde el ordenador 800. El medio legible por ordenador incluye medios de comunicación, tales como señales y medios de almacenamiento legibles por ordenador. A modo de ejemplo, y no de limitación, los medios de almacenamiento legibles por ordenador incluyen medios volátiles y no volátiles, extraíbles y no extraíbles implementados en cualquier método o tecnología para el almacenamiento de información, tal como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa, u otros datos. Por ejemplo, los medios de almacenamiento legibles por ordenador incluyen, pero no se limitan a, RAM, ROM, EPROM, EEPROM, memoria flash u otra tecnología de memoria de estado sólido, CD-ROM, discos versátiles digitales ("DVD"), HD-DVD, BLU - RAY, u otro almacenamiento óptico, cassetes magnéticos, cinta magnética, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda usarse para almacenar la información deseada en una forma no transitoria y al que puede acceder mediante el ordenador 800. De acuerdo con una realización, el ordenador 800 puede tener acceso a medios de almacenamiento legibles por ordenador que almacenan instrucciones ejecutables por ordenador que, cuando son ejecutadas por el ordenador, realizan la rutina 700 para proporcionar orientación de maniobra de aproximación, como se describió anteriormente con referencia a la FIGURA 7.

De acuerdo con varias realizaciones, el ordenador 800 puede operar en un entorno de red utilizando conexiones lógicas a ordenadores remotos a través de una red, tal como la red 820. El ordenador 800 puede conectarse a la red 820 a través de una unidad de interfaz de red 806 conectada al bus 804. Debe apreciarse que la unidad de interfaz de red 806 también puede utilizarse para conectarse a otros tipos de redes y sistemas informáticos remotos. El ordenador 800 también puede incluir un controlador de entrada/salida 812 para proporcionar salida a un dispositivo de visualización, tal como una pantalla de cubierta de vuelo 342, monitor de ordenador, una impresora u otro tipo de dispositivo de salida. El controlador de entrada/salida 812 puede recibir además entrada de dispositivos, tal como un teclado, ratón, lápiz electrónico, pantalla táctil y similares. Se apreciará además que el ordenador 800 puede no incluir todos los elementos mostrados en la FIGURA 8, puede incluir otros elementos que no se muestran explícitamente en la FIGURA 8, o puede utilizar una arquitectura completamente diferente a la mostrada en la FIGURA 8.

En base a lo anterior, debe apreciarse que en este documento se proporcionan tecnologías para proporcionar orientación del director de vuelo a un piloto a lo largo de una maniobra de aproximación. Aunque el objeto presentado en el presente documento se ha descrito en un lenguaje específico para las características estructurales del ordenador, actos metodológicos y medios legibles por ordenador, debe entenderse que la divulgación definida en las reivindicaciones adjuntas no está necesariamente limitado a las características, actos o medios descritos en el presente documento. En su lugar, las características específicas, actos, y medios se divulgan como ejemplos de formas de implementación de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método implementado por ordenador para proporcionar guiado durante una maniobra de aproximación de un avión (102), comprendiendo el método:

5 determinar una trayectoria de vuelo previa a la aproximación (110) a una pista (104);  
 calcular una altitud de activación de activación (112) a lo largo de la trayectoria de vuelo previa a la aproximación (110);  
 calcular una trayectoria de comando de aproximación (202) que comprende una trayectoria lineal que se cruza con la pista (104) en una ubicación de contacto con el suelo deseada (108) y que tiene una pendiente asociada con una velocidad de altitud deseada en la ubicación de contacto con el suelo deseada (108), comprendiendo el  
 10 cálculo:

una intersección (210) de una trayectoria de vuelo de avión extrapolada y la pista (104),  
 la ubicación de contacto con el suelo deseada (108) en relación con la intersección (210) de la trayectoria de vuelo del avión extrapolada y la pista (104), y  
 la velocidad de altitud deseada al contactar con el suelo;

15 calcular una trayectoria de aproximación del avión (116) que transita el avión (102) desde una ubicación en la trayectoria de vuelo previa a la aproximación (110) en la altitud de activación de aproximación (112) a la trayectoria de comando de aproximación (202) en la ubicación de contacto con el suelo (108);  
 recibir los parámetros de vuelo del avión actuales asociados con una trayectoria de vuelo del avión actual; y  
 proporcionar comandos de director de vuelo basados en la trayectoria de vuelo del avión actual, en el que los  
 20 comandos del director de vuelo permiten que el avión (102) sea guiado a lo largo de la trayectoria de aproximación del avión (116) durante la maniobra de aproximación.

2. El método de la reivindicación 1, que comprende además proporcionar comandos del director de vuelo previos a la aproximación (312) antes de la activación de un modo de aproximación, en el que los comandos del director previos al vuelo (312) indican una velocidad de cabeceo asociada con la maniobra de aproximación.

25 3. El método de la reivindicación 2, en el que los comandos del director de vuelo previos a la aproximación (312) proporcionan uno o más símbolos previos a la aproximación en una pantalla de la cubierta de vuelo (342) que se mueven a una velocidad que corresponde con la velocidad de cabeceo asociada con el inicio de la maniobra de aproximación.

30 4. El método de la reivindicación 1, 2 o 3, en el que el cálculo de la trayectoria de comando de aproximación (202) comprende además una longitud asociada con la pista (104).

5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la trayectoria de aproximación del avión (116) es sustancialmente curvilínea.

35 6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que una sección de la trayectoria de comando de aproximación (202) se extiende por debajo de la pista (104) de tal manera que la trayectoria de comando de aproximación (202) representa una altitud positiva antes de la ubicación de contacto con el suelo deseada (108) y una altitud negativa más allá de la ubicación de contacto con el suelo deseada (108).

7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende adicionalmente:

determinar si una actitud de cabeceo solicitada asociada con el comando del director de vuelo (312) está fuera de un rango de actitud de cabeceo determinado (408); y  
 40 si la actitud de cabeceo está fuera del rango de actitud de cabeceo determinado (408), ajustar el comando del director de vuelo (312) de modo que la actitud de cabeceo solicitada esté dentro del rango de actitud de cabeceo determinado (408).

8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende adicionalmente:

45 determinar si un ángulo de trayectoria de vuelo solicitado (410) asociado con el comando del director de vuelo (312) solicita una velocidad de ascenso positiva para el avión (102); y  
 si el ángulo de trayectoria de vuelo solicitado (410) solicita la velocidad de ascenso positiva, ajustar el comando del director de vuelo (312) de modo que el ángulo de trayectoria de vuelo solicitado (410) no solicite la velocidad de ascenso positiva.

50 9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que proporcionar el comando del director de vuelo (312) que alinea la trayectoria de vuelo actual del avión con la trayectoria de aproximación del avión (116)

comprende:

recibir un desplazamiento del comando de velocidad y un desplazamiento del comando de posición (324), en el que el desplazamiento del comando de velocidad es la diferencia en la velocidad de altitud entre la trayectoria del comando de aproximación (202) y la trayectoria de aproximación del avión (116), y en el que el desplazamiento del comando de posición es la diferencia de altitud entre la trayectoria de comando de aproximación (202) y la trayectoria de aproximación del avión (116);  
 recibir un comando de altitud (602) y un comando de velocidad de altitud (604) asociado con la trayectoria del comando de aproximación (202);  
 recibir una altitud del avión actual y una velocidad de altitud del avión actual;  
 sumar la altitud actual del avión y el comando de altitud (602) para llegar a un error de seguimiento de altitud (608);  
 sumar la velocidad de altitud actual del avión y el comando de velocidad de altitud (604) para llegar a un error de seguimiento de velocidad de altitud (610);  
 sumar el error de seguimiento de altitud (608) y el desplazamiento del comando de posición (324) para llegar a un error de altitud (612);  
 sumar el error de seguimiento de velocidad de altitud (610) con el desplazamiento del comando de velocidad para llegar a un error de velocidad de altitud (614);  
 combinar el error de altitud (612) y el error de velocidad de altitud (614) para llegar a una actitud de cabeceo o comando de vector de trayectoria de vuelo (616); y  
 sumar el comando de vector de actitud de cabeceo o trayectoria de vuelo (616) con un vector de actitud de cabeceo o vector de trayectoria de vuelo (618) actual para llegar al comando del director de vuelo (312) que representa un cambio en la trayectoria del avión para alinear la trayectoria de vuelo actual con trayectoria de aproximación del avión (116).

10. Un sistema para proporcionar guiado durante una maniobra de aproximación de un avión (102), comprendiendo el sistema:

un procesador (802);  
 una memoria (808) acoplada de manera comunicativa al procesador (802); y  
 un módulo de programa (302) que se ejecuta en el procesador (802) desde la memoria (808) y que, cuando se ejecuta mediante el procesador (802), hacen que el procesador (802):

determine una trayectoria de vuelo previa a la aproximación (110) para el avión (102) a una pista (104);  
 calcule una altitud de activación de activación (112) a lo largo de la trayectoria de vuelo previa a la aproximación (110);  
 calcule una trayectoria de comando de aproximación (202) que comprende una trayectoria lineal que se cruza con la pista (104) en una ubicación de contacto con el suelo deseada (108) y que tiene una pendiente asociada con una velocidad de altitud deseada en la ubicación de contacto con el suelo deseada (108), comprendiendo el cálculo:

una intersección (210) de una trayectoria de vuelo de avión extrapolada y la pista (104), la ubicación de contacto con el suelo deseada (108) en relación con la intersección (210) de la trayectoria de vuelo del avión extrapolada y la pista (104), y  
 la velocidad de altitud deseada al contactar con el suelo;

calcular una trayectoria de aproximación del avión (116) que transita el avión (102) desde una ubicación en la trayectoria de vuelo previa a la aproximación (110) en la altitud de activación de aproximación (112) a la trayectoria de comando de aproximación (202) en la ubicación de contacto con el suelo (108);  
 recibir los parámetros de vuelo del avión actuales asociados con una trayectoria de vuelo del avión actual; y  
 proporcionar comandos de director de vuelo basados en la trayectoria de vuelo del avión actual, en el que los comandos del director de vuelo permiten que el avión (102) sea guiado a lo largo de la trayectoria de aproximación del avión (116) durante la maniobra de aproximación.

11. El sistema de la reivindicación 10, en el que el cálculo de la trayectoria de comando de aproximación (202) comprende además una longitud asociada con la pista (102).

12. El sistema de la reivindicación 10 u 11, en el que el módulo de programa (302) que se ejecuta en el procesador (802) desde la memoria (808) y que, cuando es ejecutado por el procesador (802) hace que el procesador (802):

determine si una actitud de cabeceo solicitada asociada con el comando del director de vuelo (312) está fuera de un rango de actitud de cabeceo determinado (408); y  
 si la actitud de cabeceo está fuera del rango de actitud de cabeceo determinado (408), ajuste el comando del director de vuelo (302) de modo que la actitud de cabeceo solicitada esté dentro del rango de actitud de cabeceo

determinado (408).

13. El sistema de la reivindicación 10, 11 o 12, en el que el módulo de programa (302) que se ejecuta en el procesador (802) desde la memoria (808) y que, cuando se ejecuta mediante el procesador (802), además hace que el procesador (802):

5        determine si un ángulo de trayectoria de vuelo solicitado (410) asociado con el comando del director de vuelo (302) solicita una velocidad de ascenso positiva para el avión (102); y  
      si el ángulo de trayectoria de vuelo solicitado (410) solicita la velocidad de ascenso positiva, ajuste el comando del director de vuelo (302) de modo que el ángulo de trayectoria de vuelo solicitado (410) no solicite la velocidad de ascenso positiva.

10      14. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que el módulo de programa (302) que hace que el procesador (802) proporcione el comando del director de vuelo (302) que alinea la trayectoria de vuelo actual del avión con la trayectoria de aproximación del avión (116) comprende hacer que el procesador (802):

15        reciba un desplazamiento del comando de velocidad y un desplazamiento del comando de posición (324), en el que el desplazamiento del comando de velocidad es la diferencia en la velocidad de altitud entre la trayectoria del comando de aproximación (202) y la trayectoria de aproximación del avión (116), y en el que el desplazamiento del comando de posición es la diferencia de altitud entre la trayectoria de comando de aproximación (202) y la trayectoria de aproximación del avión (116);

      reciba un comando de altitud y un comando de velocidad de altitud asociado con la trayectoria del comando de aproximación;

20        reciba una altitud del avión actual y una velocidad de altitud del avión actual;

      sume la altitud actual del avión y el comando de altitud para llegar a un error de seguimiento de altitud (608);

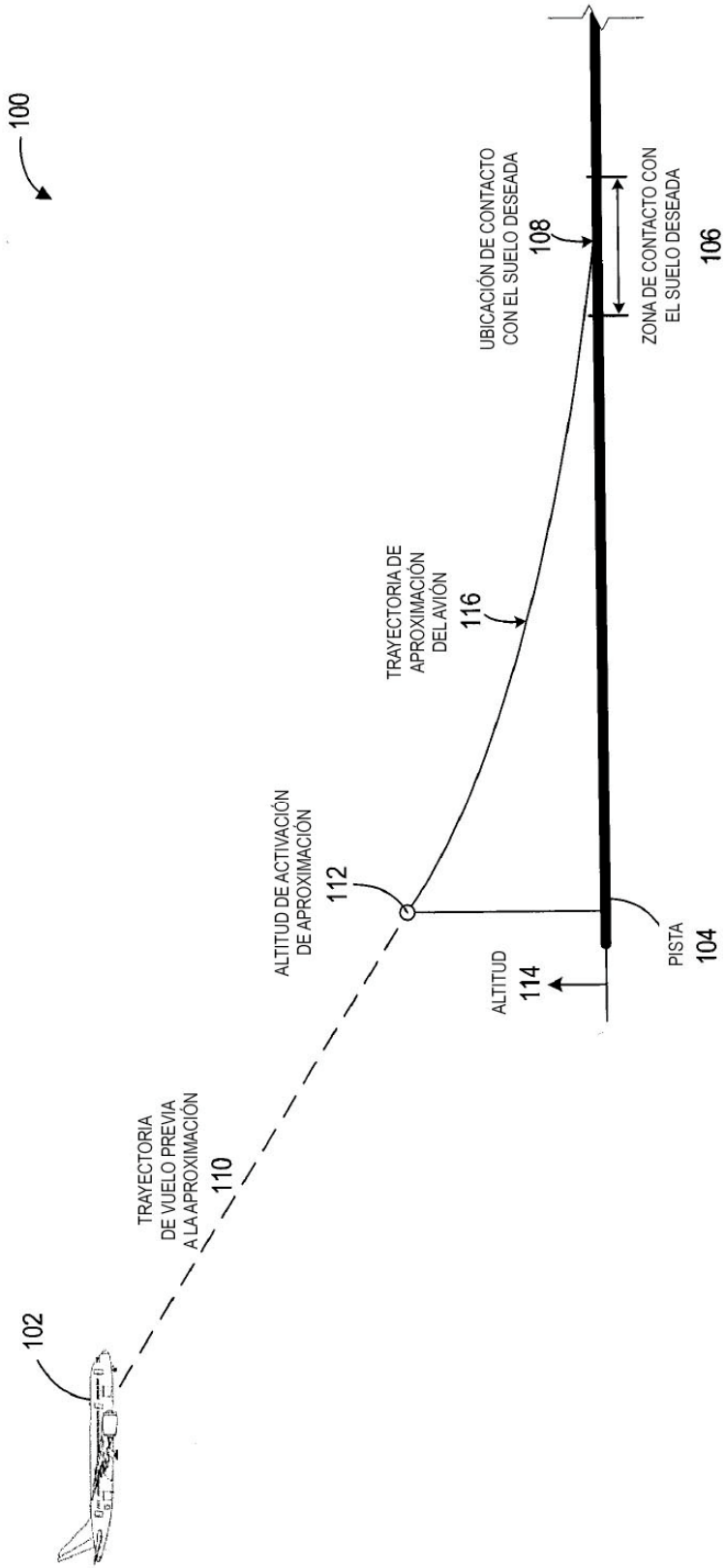
      sume la velocidad de altitud actual del avión y el comando de velocidad de altitud para llegar a un error de seguimiento de velocidad de altitud (610);

25        sume el error de seguimiento de altitud (608) y el desplazamiento del comando de posición (324) para llegar a un error de altitud (612);

      sume el error de seguimiento de velocidad de altitud (610) con el desplazamiento del comando de velocidad para llegar a un error de velocidad de altitud (614);

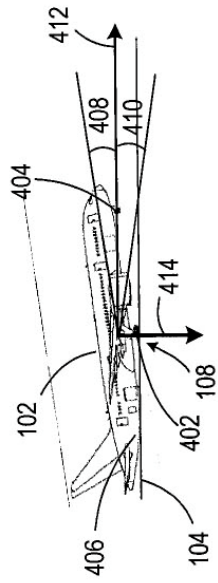
      combine el error de altitud (612) y el error de velocidad de altitud (614) para llegar a una actitud de cabeceo o comando de vector de trayectoria de vuelo (616); y

30        sume el comando de vector de actitud de cabeceo o trayectoria de vuelo (616) con un vector de actitud de cabeceo o vector de trayectoria de vuelo (618) actual para llegar al comando del director de vuelo (312) que representa un cambio en la trayectoria del avión para alinear la trayectoria de vuelo actual con trayectoria de aproximación del avión (116).

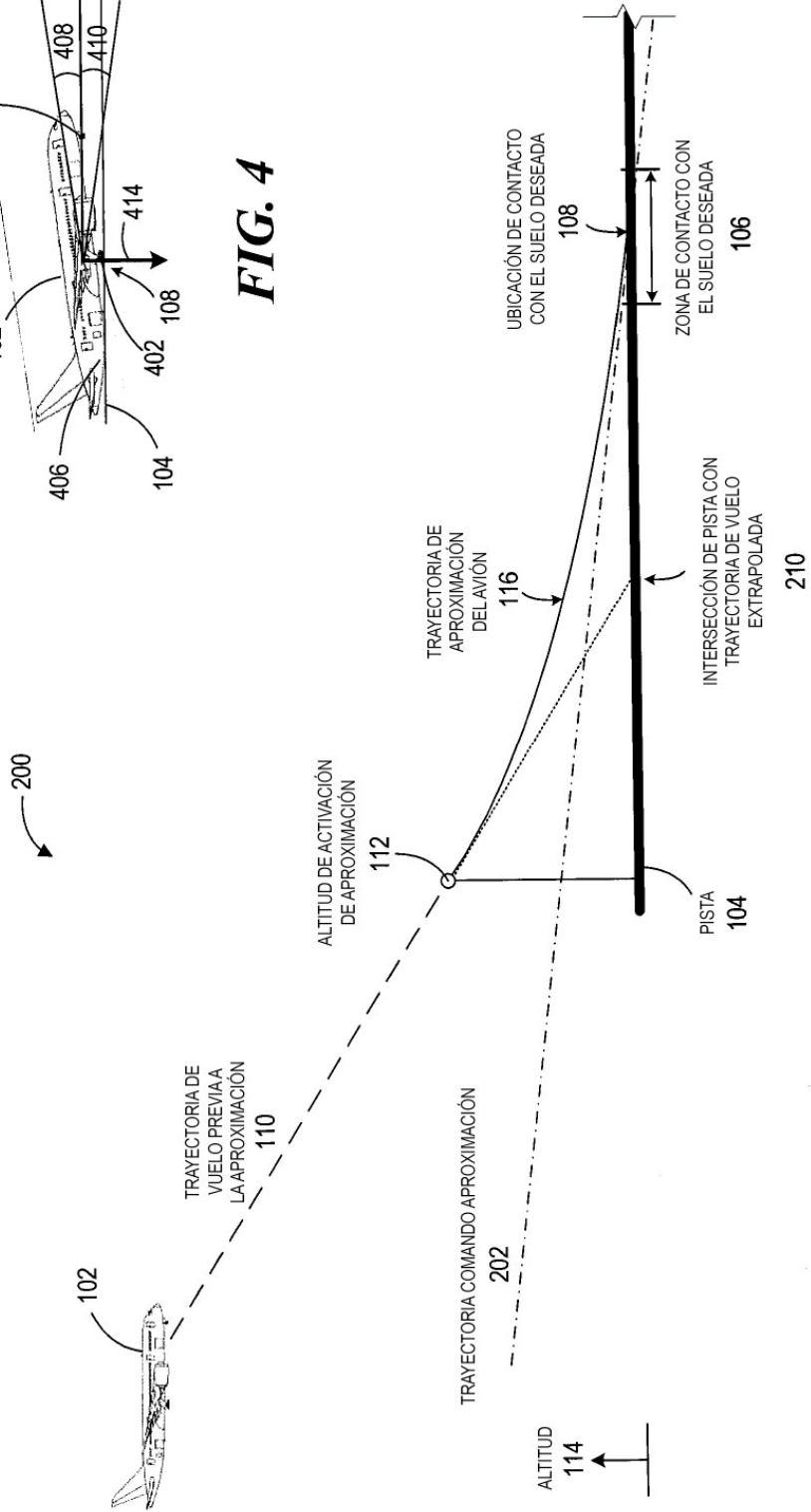


**FIG. 1**



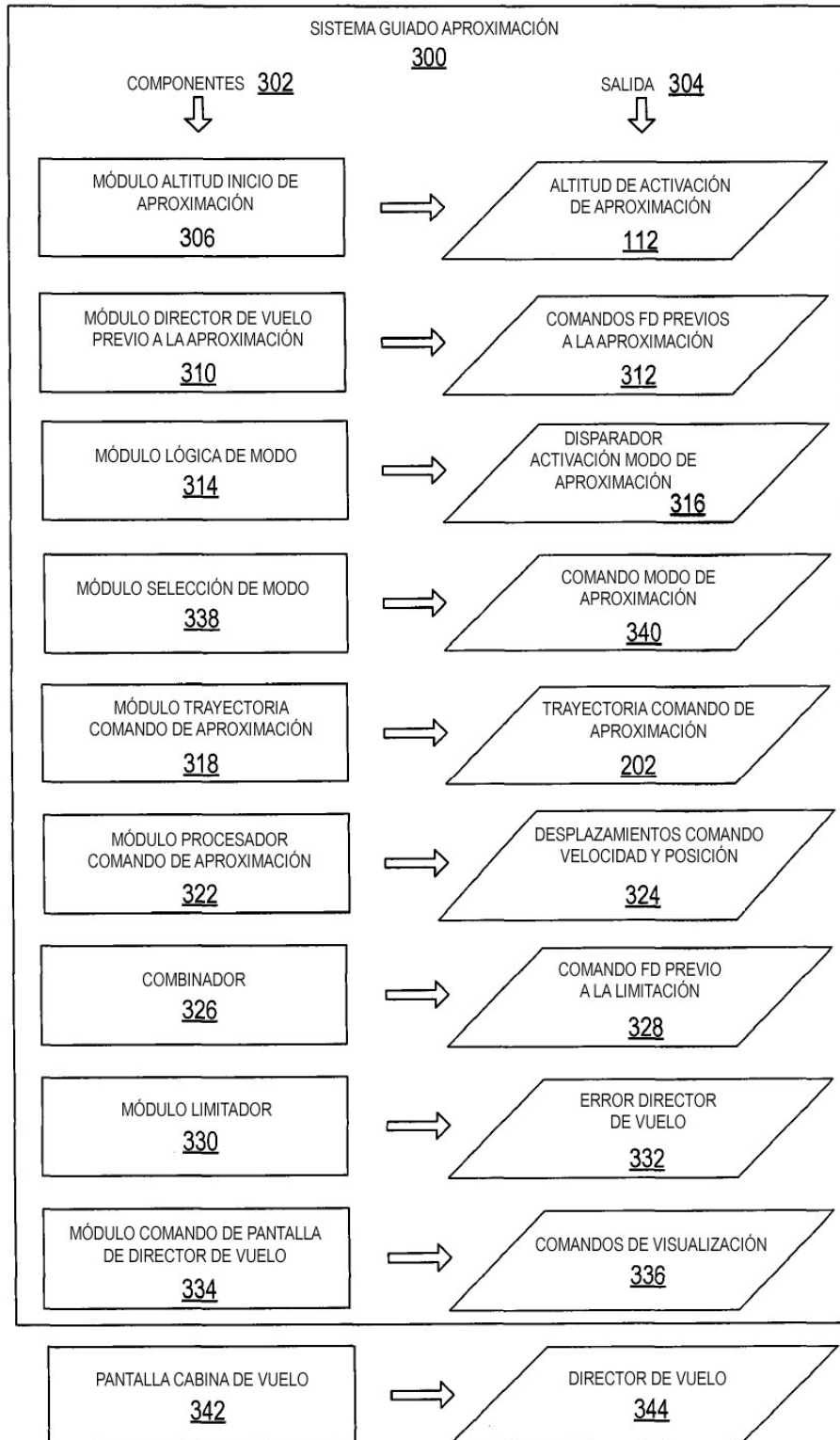


**FIG. 4**



**FIG. 2**





**FIG. 3**

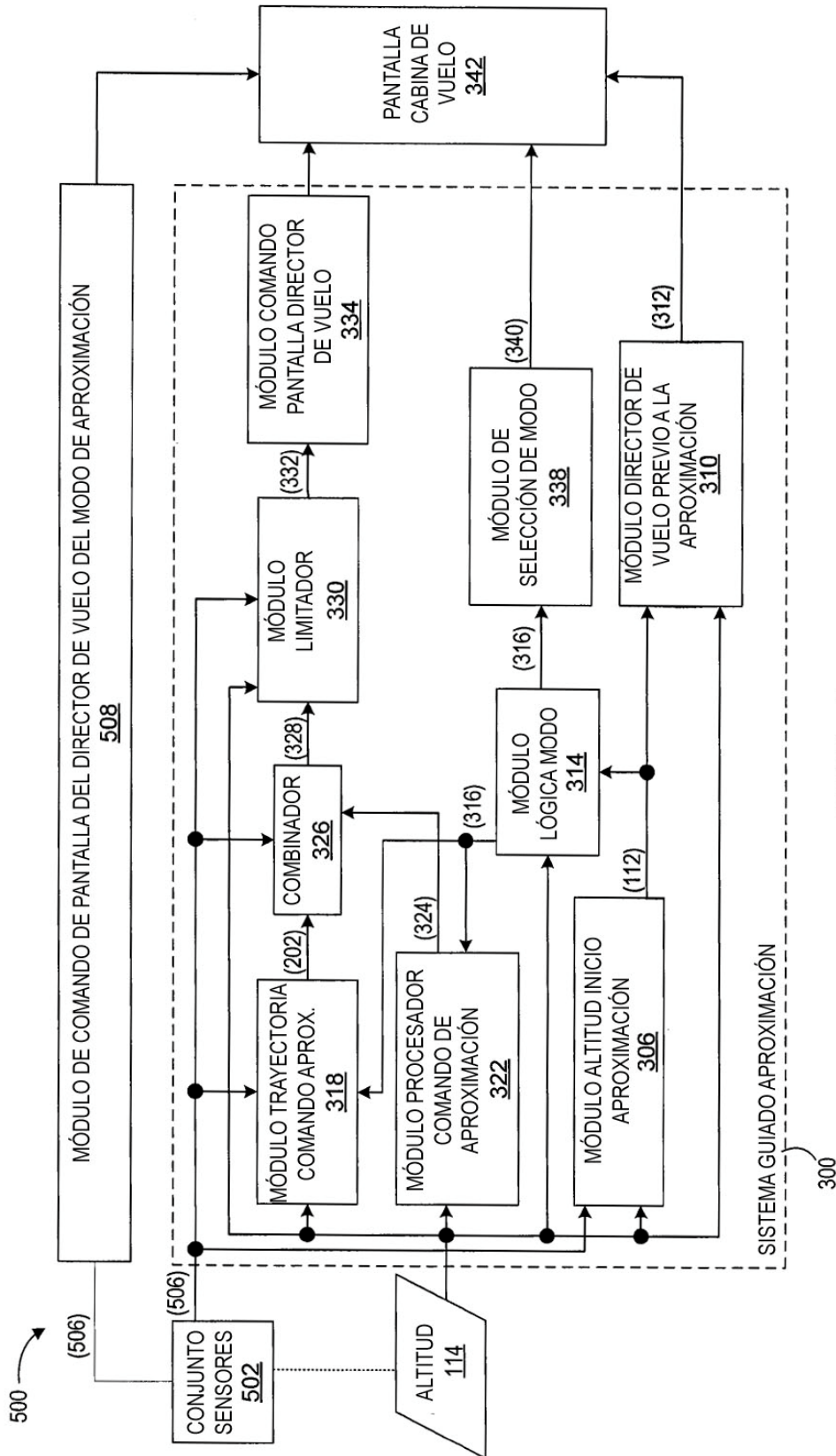


FIG. 5

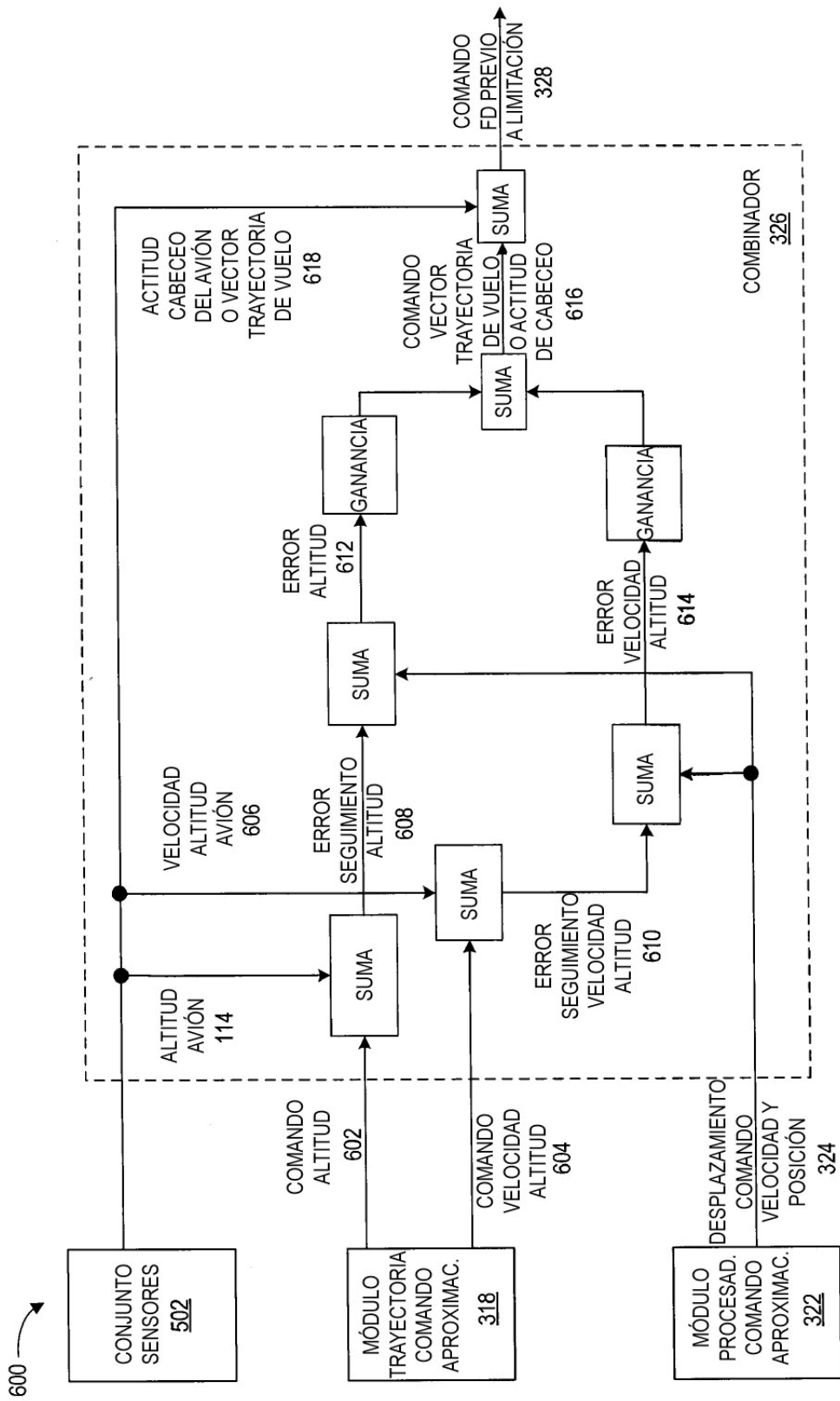
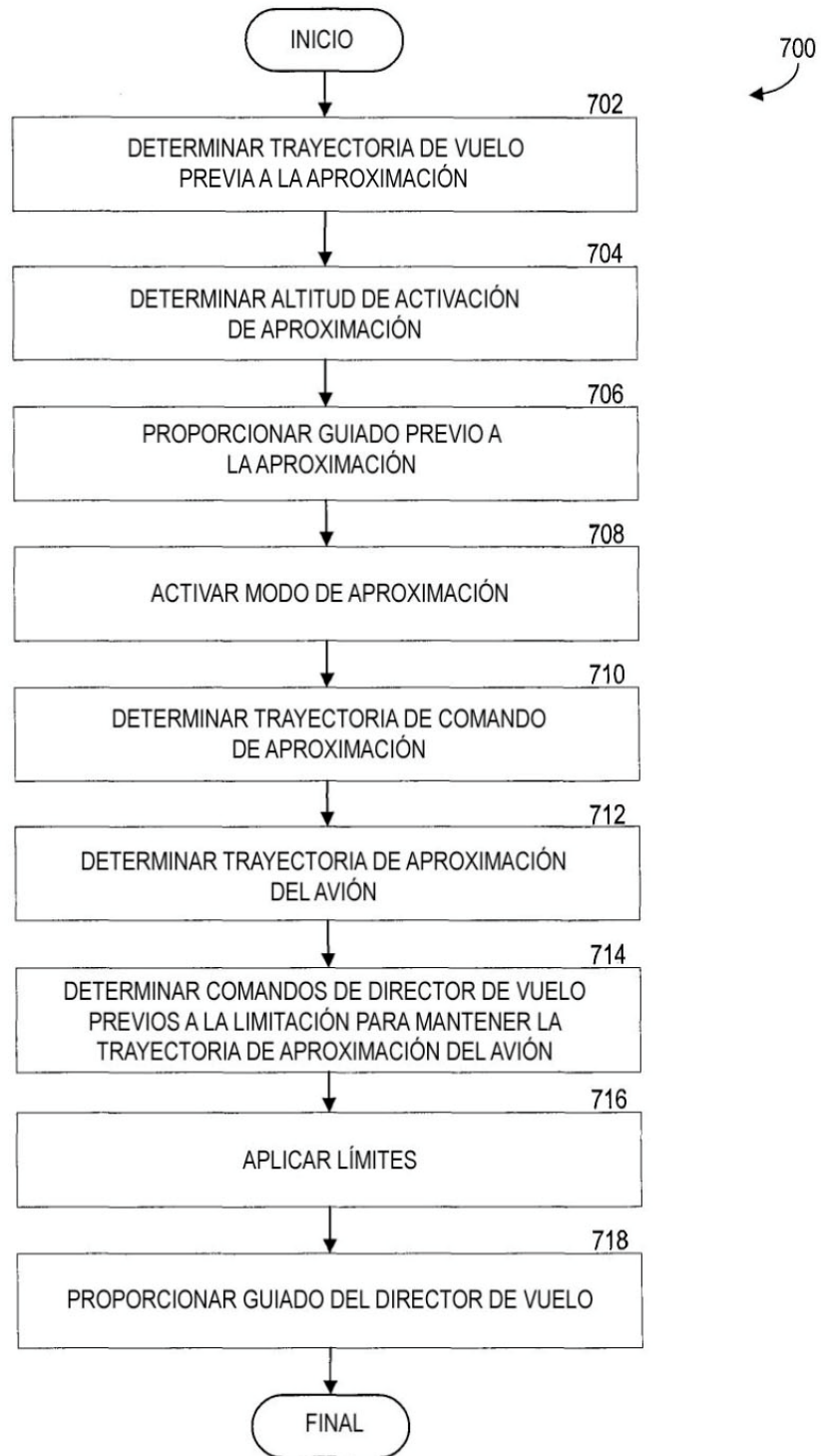
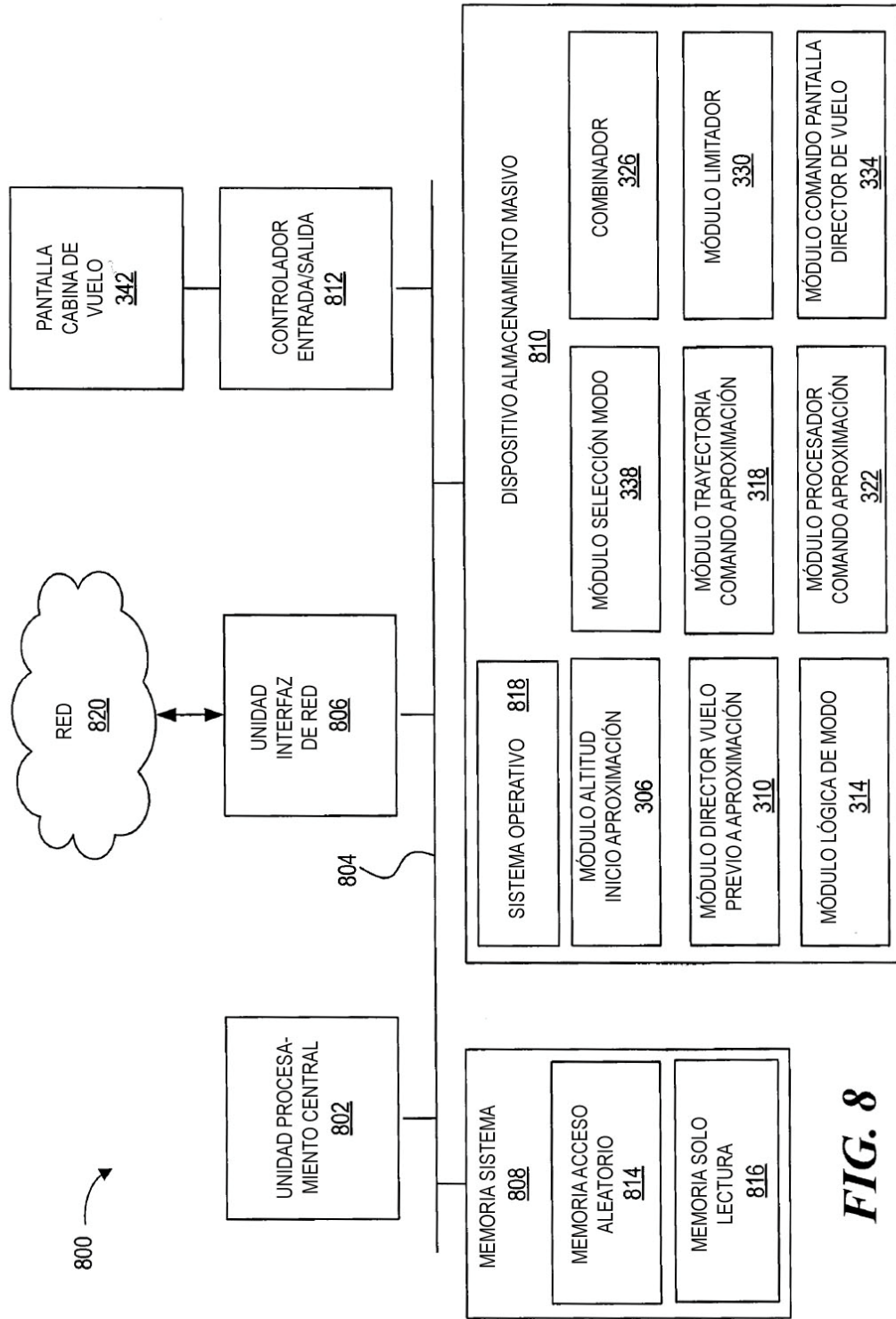


FIG. 6



**FIG. 7**



**FIG. 8**