

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 833 531**

51 Int. Cl.:

**B64C 13/16** (2006.01)

**B64C 9/00** (2006.01)

**G05D 1/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2016 E 16179216 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.09.2020 EP 3141976**

54 Título: **Límite de velocidad de alabeo dependiente de la actitud de alabeo**

30 Prioridad:

**14.09.2015 US 201514853918**

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

**15.06.2021**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**WILSON, DOUGLAS L;  
GRUBB, DAVID W y  
MOREL, MARK R.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 833 531 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

Límite de velocidad de alabeo dependiente de la actitud de alabeo

### Campo técnico

La presente divulgación se refiere en general a aeronaves y, más particularmente, al control la velocidad de alabeo.

### 5 Antecedentes

El documento EP 2 500 792 A1 se titula velocidad de alabeo comandable máxima variable para el control direccional de una aeronave durante una maniobra de alabeo con el motor apagado. El documento US 3.848.833 A se titula sistema de control de vuelo automático de aeronave.

10 El documento US 3.467.344 se titula sistema de control de aterrizaje automático que tiene una capacidad mejorada de cizalladura del viento.

El documento US 4 924 401 A se titula dispositivo de sistemas para evitar colisiones en tierra y recuperación automática de aeronaves.

15 Una aeronave puede diseñarse para una velocidad máxima de alabeo asociada con un factor de carga específico. En general, las altas velocidades máximas de alabeo pueden permitir que la aeronave se recupere con seguridad de grandes ángulos de inclinación lateral. Sin embargo, la estructura de la aeronave debe diseñarse para adaptarse a la alta velocidad máxima de alabeo y esto puede dar lugar a una estructura pesada que puede reducir el rendimiento de la aeronave.

### Sumario

20 Este problema se resuelve mediante un sistema como se define en la reivindicación 1, un método como se define en la reivindicación 11, y un medio legible por ordenador como se define en la reivindicación 13.

Se hará referencia a las hojas de dibujos adjuntos que primero se describirán brevemente.

### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra una aeronave de ejemplo de acuerdo con la divulgación.

La figura 2 ilustra un ejemplo de aeronave en alabeo de acuerdo con la divulgación.

25 La figura 3 ilustra un ejemplo de sistema de control de aeronave de acuerdo con la divulgación.

La figura 4 ilustra otro ejemplo de sistema de control de aeronave de acuerdo con la divulgación.

La figura 5 ilustra un diagrama de flujo que detalla un ejemplo de proceso de selección de velocidad máxima de alabeo de acuerdo con la divulgación.

30 Los ejemplos de la divulgación y sus ventajas se comprenden mejor consultando la descripción detallada que sigue. Debe apreciarse que se utilizan números de referencia similares para identificar elementos similares ilustrados en una o más de las figuras.

### Descripción detallada

35 Las estructuras de la aeronave pueden diseñarse de acuerdo con una velocidad máxima de alabeo en asociación con un factor de carga específico (es decir, la aceleración de la aeronave en "g" debido a la sustentación de las alas). En general, las altas velocidades máximas de alabeo pueden permitir un mayor rendimiento de la aeronave y la capacidad de recuperarse de manera segura desde grandes ángulos de inclinación lateral. Sin embargo, para permitir de forma segura velocidades altas de máximo alabeo repetidas en condiciones normales, la estructura de la aeronave debe estar diseñada para adaptarse a la alta velocidad de alabeo máximo y tal acomodación puede requerir una estructura más pesada. De este modo, generalmente, las estructuras más pesadas pueden reducir el rendimiento de la aeronave  
40 (como la carga útil máxima permitida de la aeronave) y/o aumentar el costo de la aeronave.

Las técnicas y sistemas descritos en el presente documento pueden limitar una aeronave a un límite de velocidad de alabeo más bajo en condiciones normales de vuelo. Sin embargo, cuando se detectan condiciones en las que puede ser deseable un límite de velocidad de alabeo mayor, se puede permitir que la aeronave exceda el límite inferior de velocidad de alabeo. De este modo, la estructura de la aeronave puede diseñarse adecuadamente para el límite inferior

de velocidad de alabeo, pero durante situaciones de emergencia, la aeronave puede exceder con seguridad el límite de velocidad de alabeo inferior para mantener el control y permitir operaciones seguras de la aeronave. Dado que tales situaciones son raras, la aeronave puede estar diseñada para exceder ocasionalmente de manera segura el límite de velocidad de alabeo inferior sin un efecto significativo en la vida estructural de la aeronave. En determinadas implementaciones, la aeronave puede determinar casos en los que se haya superado el límite de velocidad de alabeo inferior, registrar tales sucesos y notificar a los operadores o al personal de mantenimiento de tales casos para que se preste mayor atención de mantenimiento a la aeronave cuando la aeronave exceda el límite de velocidad de alabeo inferior.

La figura 1 ilustra una aeronave de ejemplo de acuerdo con la divulgación. En la figura 1, una aeronave 100 puede incluir un motor 102, un fuselaje 104, dispositivos aerodinámicos del ala de popa 106, un timón 108, elevadores 110 y dispositivos aerodinámicos de ala delantera 112.

El motor 102 puede proporcionar empuje a la aeronave 100. El motor 102 puede ser cualquier tipo de motor de aeronave. En determinados ejemplos, el motor 102 también puede proporcionar vectorización de empuje que puede contribuir al control de la aeronave 100.

El fuselaje 104 puede formar la estructura central de la aeronave 100. Las fuerzas de la inclinación lateral y otros movimientos dinámicos pueden ser soportadas por, al menos, el fuselaje 104. Los movimientos dinámicos de la aeronave 100 pueden controlarse mediante una combinación de los dispositivos aerodinámicos de ala delantera 112, los dispositivos aerodinámicos de ala de popa 106, los elevadores 110 y el timón 108.

Los dispositivos aerodinámicos de ala delantera 112, los dispositivos aerodinámicos de ala de popa 106, el timón 108 y/o los elevadores 110 pueden ser superficies de control móviles y pueden incluir una combinación de uno o más listones, flaps, alerones, flaperones, frenadores y/o timones. Uno o más de los dispositivos aerodinámicos de ala delantera 112, los dispositivos aerodinámicos de ala de popa 106, los elevadores 110 y/o el timón 108 pueden ayudar a controlar la actitud de inclinación lateral de la aeronave 100.

La figura 2 ilustra un ejemplo de aeronave en alabeo de acuerdo con la divulgación. La figura 2 muestra la aeronave 100 de la figura 1 en alabeo. La aeronave 100 está en alabeo con un ángulo de inclinación lateral correspondiente al ángulo de inclinación lateral A. El ángulo de inclinación lateral A es el grado en que la aeronave se desvía de la horizontal.

En la figura 2, la aeronave puede estar tratando de reducir el ángulo de inclinación lateral y, por lo tanto, volver a la horizontal, a través de la velocidad de alabeo 292. La velocidad de alabeo 292 puede deberse a un momento, que actúa sobre la aeronave 100. La velocidad de alabeo 292 puede posiblemente ser inducida por uno o más listones, flaps, alerones, flaperones, frenadores y/o timones montados en la aeronave 100. La velocidad de alabeo 292 puede contribuir al alabeo de la aeronave 100. Una mayor velocidad de alabeo puede ayudar a devolver la aeronave 100 a la horizontal de forma segura a una velocidad más rápida.

También pueden ser necesarias velocidades de alabeo mayores en determinadas situaciones para controlar la aeronave 100. Como ejemplo ilustrativo, la aeronave 100 puede estar sometida inicialmente a un momento de alabeo inicial alejándose de la horizontal. Ese momento de alabeo inicial puede hacer girar la aeronave 100 desde la horizontal hasta el ángulo de inclinación lateral A. Sin embargo, en el caso de la figura 2, el avión 100 todavía puede estar girando alejándose de la horizontal debido al momento de alabeo inicial. La velocidad de alabeo 292 puede crearse a partir de un segundo momento y puede necesitar ser relativamente significativa para contrarrestar la rotación de la aeronave 100 alejándose de la horizontal debido a la velocidad de alabeo inicial. Sin embargo, en ciertas situaciones, si el momento de alabeo inicial es lo suficientemente grande, la aeronave 100 aún puede estar girando rápidamente alejándose de la horizontal. En tal situación, el segundo momento puede necesitar ser grande para evitar que la aeronave 100 pierda el control debido al alabeo lejos de la horizontal. Tales momentos de alabeo grandes, sin embargo, pueden impartir grandes tensiones en el armazón del avión 100, como el fuselaje 104 así como las alas y otras superficies de control. Por lo general, entonces, las aeronaves pueden requerir armazones más grandes y pesados para manejar las tensiones de grandes momentos de alabeo o velocidades de alabeo, o pueden necesitar limitar el momento de alabeo máximo o la velocidad de alabeo de la aeronave a una cantidad menor, lo que puede disminuir el margen de rendimiento de la aeronave al recuperarse de situaciones fuera de control.

La figura 3 ilustra un ejemplo de sistema de control de aeronave de acuerdo con la divulgación. La figura 3 incluye sensores de estado del avión 320, controles de piloto 330, piloto automático 340, ordenador de control de vuelo 350, accionadores de control de vuelo y superficies de control de alabeo 360.

El ordenador de control de vuelo 350 puede recibir información de los sensores de estado del avión 320, los controles de piloto 330 y el piloto automático 340. Los sensores de estado del avión 320 pueden detectar condiciones dinámicas de una aeronave. El piloto automático 340 puede permitir una guía controlada por ordenador de la aeronave según las instrucciones de ruta introducidas previamente. Los controles de piloto 330 pueden recibir entradas de un piloto o

copiloto sobre cómo manipular los accionadores de control de vuelo y las superficies de control de alabeo 360. Los controles de piloto 330 pueden, en determinados ejemplos, pilotarse por controles de cable donde los controles del piloto 330 pueden incluir solo conexiones eléctricas a los accionadores de control de vuelo y las superficies de control de alabeo 360.

5 En tales ejemplos, la entrada de los sensores de estado del avión 320, los controles de piloto 330 y/o el piloto automático 340 pueden ser recibidos e interpretados por el ordenador de control de vuelo 350. El ordenador de control de vuelo 350 puede entonces calcular instrucciones adecuadas para los accionadores de control de vuelo y las superficies de control de alabeo 360 de acuerdo con la entrada recibida y proporcionar instrucciones a los accionadores de control de vuelo y las superficies de control de alabeo 360.

10 El sistema de control de aeronave de la figura 3 se puede ilustrar más en la figura 4. La figura 4 ilustra otro ejemplo de sistema de control de aeronave de acuerdo con la divulgación. La figura 4 incluye los sensores de estado del avión 420, los controles de piloto 430, el piloto automático 440, el ordenador de control de vuelo 450, y los accionadores de control de vuelo y las superficies de control de alabeo 460.

15 Los sensores de estado del avión 420 pueden incluir uno o más sensores de velocidad de alabeo, sensores de ángulo de inclinación lateral, sensores de posición del flap, sensores de velocidad aérea, sensores de altitud y/o sensores de actitud de cabeceo. Los sensores de velocidad de alabeo pueden detectar la velocidad de alabeo de la aeronave. Los sensores de ángulo de inclinación lateral pueden detectar un ángulo de inclinación lateral de la aeronave. Los sensores de posición de los flaps pueden detectar si un flap o varios flaps en la aeronave están en una posición hacia arriba, una posición hacia abajo, u otra posición posible. Los sensores de velocidad aérea pueden detectar una velocidad aérea o la velocidad de la aeronave. Los sensores de altitud pueden detectar una altitud relativa o absoluta de la aeronave. La altitud absoluta puede ser una altitud de la aeronave en comparación con el nivel del mar. La altitud relativa puede ser una altitud de la aeronave en relación con las características del terreno debajo o alrededor de la aeronave. Como tal, por ejemplo, la altitud relativa de la aeronave puede ser menor que la altitud absoluta si la aeronave está sobre colinas o montañas. La altitud relativa se puede determinar con otros datos, como datos topográficos. Los sensores de actitud de cabeceo pueden determinar la actitud de cabeceo de la aeronave. De este modo, los sensores de actitud de cabeceo pueden determinar si, por ejemplo, la aeronave está en una actitud de morro hacia arriba, morro hacia abajo o de cabeceo neutral.

25 Los controles de piloto 430 pueden incluir una o más ruedas de control, pedales, palancas de mando, palancas y otros controles manuales, interruptores, botones y/u otros controles. En determinados ejemplos, los controles del piloto 430 pueden estar conectados eléctricamente al ordenador de control de vuelo 450. Las entradas de piloto recibidas por los controles de piloto 430 pueden transmitirse al ordenador de control de vuelo 450. El ordenador de control de vuelo 450 puede entonces determinar, utilizando las entradas del piloto, así como otras entradas de otras partes de la aeronave, como los sensores del avión 420, una respuesta de control apropiada para proporcionar a los accionadores de control de vuelo y las superficies de control de alabeo 460.

30 De modo similar al piloto automático 340 en la figura 3, el piloto automático 440 puede permitir una guía controlada por ordenador de la aeronave de acuerdo con las instrucciones de ruta introducidas previamente. El piloto automático 440 puede interactuar con el ordenador de control de vuelo 450. El ordenador de control de vuelo 450 puede emitir instrucciones de acuerdo con las instrucciones o ajustes del piloto automático 440.

35 El ordenador de control de vuelo 450 puede incluir, por ejemplo, un procesador o microprocesador de un solo núcleo o de varios núcleos, un microcontrolador, un dispositivo lógico, un dispositivo de procesamiento de señales, memoria para almacenar instrucciones ejecutables (por ejemplo, software, firmware u otras instrucciones) y/o cualquier elemento para realizar cualquiera de las diversas operaciones descritas en el presente documento. En diversos ejemplos, el ordenador de control de vuelo 450 y/o sus operaciones asociadas pueden implementarse como un solo dispositivo o múltiples dispositivos (por ejemplo, conectados comunicativamente a través de conexiones cableadas o inalámbricas) para constituir colectivamente el ordenador de control de vuelo 450.

40 El ordenador de control de vuelo 450 puede incluir uno o más componentes o dispositivos de memoria para almacenar datos e información. La memoria puede incluir memoria volátil y no volátil. Los ejemplos de tales memorias incluyen RAM (memoria de acceso aleatorio), ROM (memoria de solo lectura), EEPROM (memoria de solo lectura borrable eléctricamente), memoria flash u otros tipos de memoria. En determinados ejemplos, el ordenador de control de vuelo 450 puede estar adaptado para ejecutar instrucciones almacenadas dentro de la memoria para realizar diversos métodos y procesos descritos en el presente documento.

45 El ordenador de control de vuelo 450 también puede incluir, en determinados ejemplos, un dispositivo de entrada (p. ej., botones, protuberancias, guías de deslizamiento, pantallas táctiles, alfombrillas táctiles u otros dispositivos de entrada) adaptado para interactuar con un usuario y recibir entradas del usuario. En determinados ejemplos, el ordenador de control de vuelo 450 puede incluir una interfaz gráfica de usuario (GUI), que puede integrarse como parte de una pantalla u otro dispositivo de entrada. En ciertos ejemplos de este tipo, el dispositivo de entrada y la GUI pueden estar contenidos dentro de un dispositivo.

5 El ordenador de control de vuelo 450 puede estar conectado a los sensores del avión 420, los controles de piloto 430, el piloto automático 440, y los accionadores de control de vuelo y las superficies de control de alabeo 460. Los accionadores de control de vuelo y las superficies de control de alabeo 460 pueden incluir accionadores, motores y superficies que controlan las características de vuelo de la aeronave. Por ejemplo, uno o más de los alerones, flaperones, frenadores, timones y otras superficies de control de la aeronave pueden controlarse mediante accionadores y motores.

10 En determinados ejemplos, los sensores del avión 420, los controles de piloto 430, y el piloto automático 440 puede enviar datos electrónicos o instrucciones al ordenador de control de vuelo 450. En tal ejemplo, los controles de piloto pueden recibir una entrada mecánica del piloto, como girar la rueda de control o presionar el pedal, pero luego pueden convertir la entrada mecánica en una señal eléctrica que contiene datos relacionados con, por ejemplo, el grado de movimiento de la rueda de control, la velocidad de movimiento de la entrada, o la distancia de desplazamiento del pedal.

15 En determinados ejemplos, el ordenador de control de vuelo 450 puede realizar el cálculo de característica dinámica del vehículo 452. El cálculo de característica dinámica del vehículo 452 se puede realizar usando la entrada de los sensores del avión 420. Como ejemplos ilustrativos, el cálculo de característica dinámica del vehículo 452 puede incluir determinar las características dinámicas de la aeronave, tales como el ángulo de inclinación lateral, la velocidad de alabeo y la actitud de cabeceo de la aeronave a través de los datos de los sensores respectivos. El ordenador de control de vuelo 450 también puede determinar otras características dinámicas a través de los sensores del avión 420 u otros sensores montados en la aeronave o recibidos de otras fuentes.

20 De manera adicional, el ordenador de control de vuelo 450 puede determinar, de al menos las entradas de los controles de piloto 430, un cambio deseado en la dinámica de la aeronave. El ordenador de control de vuelo 450 puede, por ejemplo, interpretar los comandos del piloto y traducir los comandos del piloto a reacciones dinámicas de la aeronave. De este modo, el ordenador de control de vuelo 450 puede enviar instrucciones a los accionadores de control de vuelo y las superficies de control de alabeo 460 en función de las entradas recibidas de los controles de piloto 430. Tal sistema puede ser un sistema de pilotaje por cable.

30 El ordenador de control de vuelo 450 también puede realizar la regulación de la velocidad de alabeo y el cálculo del comando de superficie 454. Los cálculos de regulación de la velocidad de alabeo pueden incluir, por ejemplo, calcular un límite máximo de velocidad de alabeo para la aeronave. Los cálculos del comando de superficie pueden determinarse, al menos, con la entrada de los controles de piloto 430 en comparación con la velocidad máxima de alabeo calculada, así como, posiblemente, datos de los sensores del avión 420. El cálculo del comando de superficie puede determinar entonces una respuesta de control apropiada que puede enviarse a los accionadores de control y las superficies de la aeronave. El cálculo del comando de superficie puede incluir, por ejemplo, determinar instrucciones para proporcionar a los accionadores de control de vuelo y las superficies de control de alabeo 450 para lograr el cambio deseado en la dinámica de la aeronave. Un ejemplo de determinación de las instrucciones apropiadas para proporcionar a los accionadores de control de vuelo y las superficies de control de alabeo 450 puede incluir, por ejemplo, determinar cuántos grados deben girar una o más superficies de control de alabeo en la aeronave o determinar los movimientos apropiados para el timón de la aeronave. En determinados ejemplos, las instrucciones proporcionadas a los accionadores de control de vuelo y las superficies de control de alabeo 450 pueden actualizarse basándose en la entrada de los sensores del avión 420. De este modo, si los sensores del avión 420 detectan que el movimiento de las superficies de control dio como resultado un cambio mayor en la dinámica de vuelo de la aeronave que el calculado por el ordenador de control de vuelo 450, el ordenador de control de vuelo 450 puede entonces emitir un comando de seguimiento apropiado a los accionadores y superficies de control.

45 En la figura 5 se muestra un ejemplo del cálculo de la regulación de la velocidad de alabeo. La figura 5 ilustra un diagrama de flujo que detalla un ejemplo de proceso de selección de velocidad máxima de alabeo de acuerdo con la divulgación. El proceso de la figura 5 puede ser realizado por el ordenador de control de vuelo usando la entrada de los sensores del avión, los controles de piloto y el piloto automático. Los resultados del proceso pueden enviarse o comunicarse a los accionadores de control de vuelo y las superficies de control de alabeo.

50 En el bloque 502, se pueden determinar las características dinámicas de la aeronave. Las características dinámicas pueden incluir, por ejemplo, el ángulo de inclinación lateral, la velocidad de alabeo y la altura de cabeceo de la aeronave. Las características dinámicas se pueden determinar con la entrada de los sensores del avión.

55 En el bloque 504, los datos de configuración y condiciones de vuelo pueden recibirse de los diversos sensores, tal como otros sensores de avión. Por ejemplo, el sensor de posición del flap puede proporcionar información sobre si el flap de la aeronave está en una posición elevada, una posición hacia abajo, o una posición intermedia. El sensor de altitud puede proporcionar información sobre la altitud relativa o absoluta de la aeronave. El sensor de velocidad aérea puede proporcionar información sobre la velocidad aérea de la aeronave.

Usando los datos de configuración y condición de vuelo obtenidos en el bloque 504, los límites de velocidad de alabeo primero y segundo y los intervalos dinámicos asociados pueden determinarse en el bloque 506. El primer límite de

velocidad de alabeo puede ser, por ejemplo, una velocidad de alabeo de 17 grados/s, mientras que el segundo límite de velocidad de alabeo puede ser, por ejemplo, una velocidad de alabeo de 22 grados/s. Otros ejemplos pueden incluir otros límites de velocidad de alabeo. De este modo, como ejemplo ilustrativo, tales ejemplos pueden incluir un primer límite de velocidad de alabeo de entre 5 grados por segundo y 30 grados por segundo y un segundo límite de velocidad de alabeo de entre 10 grados por segundo y 35 grados por segundo. Por consiguiente, en determinados ejemplos, el primer límite de velocidad de alabeo puede ser un límite inferior apropiado para condiciones de vuelo normales, mientras que el segundo límite de velocidad de alabeo puede ser un límite superior apropiado para condiciones de vuelo de emergencia o exigentes.

Los límites de velocidad de alabeo primero y segundo pueden corresponder a intervalos dinámicos primero y segundo. El ordenador de control de vuelo puede determinar si la aeronave se encuentra dentro de un primer intervalo dinámico, dentro de un segundo intervalo dinámico, o entre el primero y el segundo intervalo dinámico (posiblemente denominado "intervalo dinámico de transición" en ciertos ejemplos). En varias implementaciones, el primer intervalo dinámico puede corresponder a condiciones operativas normales, en vuelo, de la aeronave (como durante las condiciones normales de crucero). Es posible que una condición de funcionamiento de este tipo no requiera una velocidad máxima de alabeo mayor y, por lo tanto, si el control de vuelo determina que las características dinámicas de la aeronave significan que la aeronave está dentro del primer intervalo dinámico, la velocidad máxima de alabeo puede estar limitada al primer límite de velocidad de alabeo. El segundo intervalo dinámico puede corresponder a situaciones en las que una velocidad máxima de alabeo más alta puede ser beneficiosa, como durante el aterrizaje o durante las maniobras de emergencia. Por consiguiente, una velocidad máxima de alabeo más alta, posiblemente correspondiente al segundo límite de velocidad de alabeo, se puede permitir durante tales situaciones.

De manera adicional, en determinados ejemplos, puede haber un intervalo dinámico entre el primer intervalo dinámico y el segundo intervalo dinámico. Tal intervalo dinámico puede denominarse en el presente documento intervalo dinámico de transición y puede corresponder a situaciones en las que puede ser deseable una mayor maniobrabilidad de la aeronave y una velocidad máxima de alabeo entre el primer límite de velocidad de alabeo y el segundo límite de velocidad de alabeo. En tal situación, la velocidad máxima de alabeo puede ser una velocidad de alabeo entre el primer límite de velocidad de alabeo y el segundo límite de velocidad de alabeo, referido en el presente documento como un límite de velocidad de alabeo calculado. En algunas de esas situaciones, el ordenador de control de vuelo puede calcular el límite de velocidad de alabeo calculado. En otros ejemplos, puede haber más de dos intervalos dinámicos, como tres intervalos dinámicos, cuatro intervalos dinámicos, o cinco o más intervalos dinámicos.

Los intervalos dinámicos pueden ser un indicador. El indicador puede, en determinados ejemplos, determinarse con datos de varios sensores. Por consiguiente, En diversos ejemplos, los intervalos dinámicos pueden determinarse a partir de una combinación de uno o más de la velocidad de alabeo, el ángulo de inclinación lateral, la posición del flap, la velocidad aérea, la altitud, la altitud de cabeceo y otras condiciones dinámicas, condiciones de vuelo o condiciones de configuración de la aeronave.

Los intervalos dinámicos se pueden determinar de diversas formas. Por ejemplo, en una determinada implementación, el primer intervalo dinámico puede ser, por ejemplo, un ángulo de inclinación lateral de menos de 55 grados, mientras que el segundo intervalo dinámico puede ser, por ejemplo, un ángulo de inclinación superior a 75 grados, y el intervalo dinámico de transición puede corresponder a ángulos de inclinación lateral entre 55 y 75 grados. En otras implementaciones que determinan el primer y segundo intervalo dinámico con, al menos, el ángulo de inclinación lateral, los ángulos de inclinación lateral que corresponden al primer intervalo dinámico pueden ser diversos ángulos. Por ejemplo, un límite superior del primer intervalo dinámico puede ser un ángulo de inclinación lateral inferior a 40 grados, 45 grados, 50 grados, 60 grados, 65 grados o más, o cualquier ángulo entre 40 y 65 grados. El límite inferior del primer intervalo dinámico puede ser, por ejemplo, un ángulo de inclinación lateral de 0 grados. El límite inferior del segundo intervalo dinámico puede ser, por ejemplo, un ángulo de inclinación lateral de menos de 55 grados, 60 grados, 65 grados, 70 grados, 80 grados, 85 grados o más, o cualquier ángulo entre 55 y 85 grados. El intervalo del intervalo dinámico de transición puede corresponder a ángulos de inclinación lateral entre los umbrales que definen el límite superior del primer intervalo dinámico y el límite inferior del segundo intervalo dinámico.

La velocidad aérea y la altitud también pueden influir en el intervalo dinámico. El aterrizaje es una situación en la que el control adicional sobre la aeronave puede ser beneficioso, ya que el piloto puede tener una ventana limitada para corregir el comportamiento de la aeronave y, por lo tanto, puede ser deseable la máxima maniobrabilidad de la aeronave. Por consiguiente, si un ordenador de control de vuelo detecta que una aeronave está aterrizando, o tiene lecturas de sensor que normalmente están correlacionadas con el aterrizaje, el ordenador de control de vuelo puede determinar que la aeronave está operando en el segundo intervalo dinámico.

Como tal, el ordenador de control de vuelo puede determinar la velocidad aérea de la aeronave con un sensor de velocidad. Si la velocidad aérea de la aeronave está por debajo de un umbral de velocidad, el ordenador de control de vuelo puede determinar que la aeronave está aterrizando o descendiendo y operando dentro del segundo intervalo dinámico. Si la velocidad aérea de la aeronave está por encima del umbral de velocidad, el ordenador de control de vuelo puede, según la velocidad aérea y otros factores, determinar si la aeronave está operando dentro del primero, dentro del segundo, o entre el primer y segundo intervalos dinámicos.

El ordenador de control de vuelo también puede detectar una altitud de la aeronave y, si la altitud de la aeronave indica que la aeronave está aterrizando (como una situación en la que la altitud de la aeronave está por debajo de un umbral, como 5000 pies de altitud relativa, y/o la altitud de la aeronave está disminuyendo a una cierta velocidad), el ordenador de control de vuelo puede determinar que la aeronave está dentro del segundo intervalo dinámico. Si la altitud de la aeronave no indica que la aeronave está aterrizando, el ordenador de control de vuelo puede, según la altitud y otros factores, determinar si la aeronave está operando dentro del primero, segundo, o entre el primer y segundo intervalos dinámicos.

Los intervalos dinámicos pueden determinarse con más que solo factores numéricos como ángulos o velocidades. La posición de los flaps también puede contribuir a determinar en qué intervalo dinámico está funcionando la aeronave. De este modo, si un flap o varios flaps de la aeronave están en una posición hacia abajo, puede significar que la aeronave está aterrizando. Como tal, si se determina que el flap o múltiples flaps de la aeronave están en la posición hacia abajo, el ordenador de control de vuelo puede determinar que la aeronave está operando dentro del segundo intervalo dinámico. De otra manera, el ordenador de control de vuelo puede determinar si la aeronave está operando con el primero, segundo, o entre el primer y segundo intervalo dinámico con otros factores. Algunas otras implementaciones pueden incluir múltiples posiciones del flap. Los ordenadores de control de vuelo de tales implementaciones pueden determinar que la aeronave está funcionando dentro del segundo intervalo dinámico si el flap o flaps de la aeronave están dentro de ciertas posiciones del flap. Tales posiciones de los flaps pueden ser posiciones indicativas del aterrizaje de una aeronave.

De manera adicional, los intervalos dinámicos se pueden determinar con datos de otros sensores. Por ejemplo, los datos del sensor de actitud de cabeceo y los datos de velocidad de alabeo también pueden usarse para determinar si la aeronave está funcionando dentro del primer y segundo intervalo dinámico o entre el primer y segundo intervalo dinámico. En tales implementaciones, si el ordenador de control de vuelo recibe datos de actitud de cabeceo que muestran que la aeronave está inclinada hacia arriba o hacia abajo más de lo normal, el ordenador de control de vuelo puede determinar que la aeronave está funcionando fuera del primer intervalo dinámico (y por lo tanto entre el primer intervalo dinámico y el segundo intervalo dinámico o dentro del segundo intervalo dinámico). Además, si el ordenador de control de vuelo recibe datos que muestran que la aeronave está en alabeo a una velocidad rápida, el ordenador de control de vuelo puede determinar que la aeronave está funcionando fuera del primer intervalo dinámico.

En determinados ejemplos, el ordenador de control de vuelo puede variar el primer y/o segundo intervalo dinámico y/o el primer y/o segundo límite de velocidad de alabeo dependiendo de las condiciones detectadas por los sensores de los aviones. Por consiguiente, el ordenador de control de vuelo puede, por ejemplo, aumentar o disminuir el valor umbral del primer intervalo dinámico si detecta que la aeronave está acelerando o desacelerando. Dichos aumentos o disminuciones de los intervalos dinámicos pueden basarse en, por ejemplo, las fuerzas que experimenta la estructura de la aeronave.

En el bloque 508, el ordenador de control de vuelo puede recibir entradas de varios sistemas de la aeronave y determinar si los datos indican si las características dinámicas de la aeronave significan que la aeronave está funcionando dentro de un primer intervalo dinámico. Que la aeronave está funcionando dentro del primer intervalo dinámico puede determinarse a partir de las diversas características detectadas por los sensores de aeronave descritos en el presente documento. De este modo, por ejemplo, si el ordenador de control de vuelo detecta un ángulo de inclinación lateral de 55 grados o menos, puede determinar que la aeronave está funcionando en el primer intervalo dinámico. Si el ordenador de control de vuelo determina que la aeronave está funcionando dentro del primer intervalo dinámico, el ordenador de control de vuelo puede entonces fijar el límite de velocidad de alabeo al primer límite de velocidad de alabeo en el bloque 510.

Si el ordenador de control de vuelo determina que la aeronave está funcionando fuera del primer intervalo dinámico, el ordenador de control de vuelo puede entonces proceder al bloque 512. En el bloque 512, el ordenador de control de vuelo puede determinar si la aeronave está funcionando dentro del segundo intervalo dinámico. A modo de ejemplo, si el ordenador de control de vuelo detecta un ángulo de inclinación lateral de 75 grados o más, puede determinar que la aeronave está funcionando dentro del segundo intervalo dinámico. Si el ordenador de control de vuelo determina que la aeronave está funcionando dentro del segundo intervalo dinámico, el ordenador de control de vuelo puede entonces fijar el límite de velocidad de alabeo al segundo límite de velocidad de alabeo en el bloque 514.

Si el ordenador de control de vuelo determina que la aeronave está funcionando entre el primer y segundo intervalo dinámico, por ejemplo, dentro del intervalo dinámico de transición, el ordenador de control de vuelo puede entonces proceder al bloque 516. En el bloque 516, el ordenador de control de vuelo puede determinar un límite de velocidad de alabeo calculado y fijar el límite de velocidad de alabeo en el límite de velocidad de alabeo calculado. El límite de velocidad de alabeo calculado puede, por ejemplo, ser un límite entre los valores del primer límite de velocidad de alabeo y el segundo límite de velocidad de alabeo. En determinados ejemplos, el límite de velocidad de alabeo calculado puede escalar linealmente entre el primer límite de velocidad de alabeo y el segundo límite de velocidad de alabeo. En tales ejemplos, el intervalo dinámico puede determinarse a través de un indicador y el límite de velocidad de alabeo calculado puede, por ejemplo, escalar según el valor del indicador. Por consiguiente, usando el ejemplo anterior, si se determina que el ángulo de inclinación lateral de la aeronave es de 65 grados, el límite de velocidad de

alabeo calculado puede ser un umbral directamente entre el primer límite de velocidad de alabeo y el segundo límite de velocidad de alabeo.

5 Una vez que se ha determinado el límite de velocidad de alabeo en los bloques 510, 514 o 516, el límite de velocidad de alabeo puede ser utilizado por el ordenador de control de vuelo como una ley de control para limitar la velocidad de alabeo de la aeronave. Como tal, el ordenador de control de vuelo normalmente solo puede fijar el alabeo máximo al primer límite de velocidad de alabeo, pero cuando detecta situaciones en las que puede ser deseable un límite de velocidad de alabeo más alto, puede fijar la velocidad máxima de alabeo al segundo límite de velocidad de alabeo o un valor entre el primer límite de velocidad de alabeo y el segundo límite de velocidad de alabeo, como un límite de velocidad de alabeo calculado.

10 La aeronave puede limitar la velocidad de alabeo al, por ejemplo, limitar el movimiento de los accionadores de control de vuelo y/o superficies de control de alabeo de la aeronave. De este modo, la aeronave puede, en un ejemplo, limitar el movimiento de uno o más alerones, flaperones, frenadores y/o timones de la aeronave a una cantidad menor que el movimiento máximo permitido de los componentes respectivos. En otro ejemplo, la aeronave puede permitir el movimiento máximo de varios componentes hasta que la aeronave haya pasado una velocidad de alabeo de umbral, 15 ángulo de inclinación lateral u otro umbral dinámico. Una vez que la aeronave ha pasado el umbral, la aeronave puede entonces limitar el movimiento de los accionadores de control de vuelo y/o superficies de control de alabeo para evitar que la aeronave exceda la velocidad máxima de alabeo. En ciertos ejemplos de este tipo, la aeronave puede comenzar a limitar el movimiento de los accionadores de control de vuelo y/o las superficies de control de alabeo antes del límite de velocidad de alabeo para permitir que la aeronave alcance suavemente, pero no exceda, el límite de velocidad de alabeo y, por lo tanto, transmita menos tensión a la estructura de la aeronave. Otros ejemplos pueden usar una 20 combinación de limitar el movimiento de los diversos accionadores de control de vuelo y/o superficies de control de alabeo de la aeronave, así como umbrales para limitar aún más el movimiento de tales dispositivos.

## REIVINDICACIONES

## 1. Un sistema que comprende:

al menos un sensor de ángulo de inclinación lateral (420) configurado para enviar datos de ángulo de inclinación lateral;  
 5 al menos un sensor de velocidad de alabeo (420) configurado para enviar datos de velocidad de alabeo;  
 al menos un sensor de velocidad (420) configurado para enviar datos de velocidad, y  
 un controlador (450) conectado comunicativamente al al menos un sensor de ángulo de inclinación lateral, el al menos un sensor de velocidad y el al menos un sensor de velocidad de alabeo y configurado para:

10 determinar una característica dinámica del vehículo con, al menos, los datos del ángulo de inclinación lateral y los datos de velocidad;  
 determinar una velocidad de alabeo actual del vehículo a partir de, al menos, los datos de velocidad de alabeo;  
 determinar si la característica dinámica del vehículo está dentro de un primer intervalo dinámico y luego limitar una velocidad de alabeo permitida a un primer límite de velocidad de alabeo;  
 15 determinar si la característica dinámica del vehículo está dentro de un segundo intervalo dinámico y luego limitar la velocidad de alabeo permitida a un segundo límite de velocidad de alabeo más alto que el primer límite de velocidad de alabeo, en donde la característica dinámica del vehículo está dentro del segundo intervalo dinámico cuando los datos del sensor de velocidad indican que la velocidad del vehículo está por debajo de un umbral de velocidad del vehículo; y  
 20 determinar si la característica dinámica del vehículo se encuentra dentro de un intervalo dinámico de transición entre el primer intervalo dinámico y el segundo intervalo dinámico, determinar un límite de velocidad de alabeo calculado y luego limitar la velocidad de alabeo permitida al límite de velocidad de alabeo calculado.

2. El sistema de la reivindicación 1, en donde el límite de velocidad de alabeo calculado tiene un valor entre el primer límite de velocidad de alabeo y el segundo límite de velocidad de alabeo.

3. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, que comprende además al menos un sensor de actitud de cabeceo (420) configurado para enviar datos de actitud de cabeceo, en donde el controlador (450) está conectado comunicativamente al al menos un sensor de actitud de cabeceo y además está configurado para determinar la característica dinámica del vehículo con, al menos, los datos de actitud de cabeceo.

4. El sistema de cualquier reivindicación anterior, que comprende además al menos un sensor de altitud (420) configurado para enviar datos de altitud, en donde el controlador (450) se conecta comunicativamente al al menos un sensor de altitud y se configura además para determinar que la característica dinámica del vehículo está dentro del segundo intervalo dinámico cuando los datos de altitud indican que la altitud de un vehículo está por debajo de un umbral de altitud.

5. El sistema de cualquier reivindicación anterior, que comprende además al menos un ala con una superficie de control móvil (460), en donde el controlador (450) está configurado además para detectar una configuración de superficie de control móvil y determinar la característica dinámica del vehículo con, al menos, la configuración de superficie de control móvil.

6. El sistema de cualquier reivindicación anterior, que comprende además al menos un ala con una superficie de control móvil (460), en donde el controlador está configurado para limitar la velocidad de alabeo permitida al limitar un grado de desplazamiento de la superficie de control móvil, en donde la superficie de control móvil es un alerón, flaperón, frenador, flap, listón, elevador o timón.

7. El sistema de la reivindicación 6, en donde el controlador (450) está configurado además para limitar el grado de desplazamiento de la superficie de control móvil en respuesta a la velocidad de alabeo actual del vehículo.

8. El sistema de cualquier reivindicación anterior, que comprende además al menos un sensor de velocidad (420) configurado para enviar datos de velocidad, al menos un sensor de altitud configurado para enviar datos de altitud, y  
 45 al menos un ala con una superficie de control móvil, en donde el controlador está configurado además para determinar la característica dinámica del vehículo con, al menos, los datos de velocidad, los datos de altitud y una configuración de superficie de control móvil detectada.

9. El sistema de cualquier reivindicación anterior, que comprende además al menos un sensor de velocidad, sensor de cabeceo, sensor de altitud y/o sensor de configuración de superficie de control móvil, en donde el controlador (450) está configurado además para determinar si la característica dinámica del vehículo está dentro del primer intervalo dinámico y/o el segundo intervalo dinámico a partir de los datos enviados por el al menos un sensor de velocidad, sensor de cabeceo, sensor de altitud y/o sensor de configuración de superficie de control móvil.

10. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en donde la característica dinámica del vehículo se calcula a partir de los datos del ángulo de inclinación lateral, el primer intervalo dinámico comprende un ángulo de inclinación lateral de 55 grados o menos, y el segundo intervalo dinámico comprende un ángulo de inclinación lateral de 75 grados o más; o

5 en donde el primer límite de velocidad de alabeo es una velocidad de alabeo de 17 grados por segundo y el segundo límite de velocidad de alabeo es una velocidad de alabeo de 22 grados por segundo.

11. Un método que comprende:

determinar una característica dinámica del vehículo con, al menos, datos de ángulo de inclinación lateral y datos de velocidad;

10 determinar una velocidad de alabeo actual del vehículo a partir de, al menos, datos de velocidad de alabeo;

determinar si la característica dinámica del vehículo está dentro de un primer intervalo dinámico y luego limitar una velocidad de alabeo permitida a un primer límite de velocidad de alabeo;

15 determinar si la característica dinámica del vehículo está dentro de un segundo intervalo dinámico y luego limitar la velocidad de alabeo permitida a un segundo límite de velocidad de alabeo más alto que el primer límite de velocidad de alabeo, en donde la característica dinámica del vehículo está dentro del segundo intervalo dinámico cuando los datos del sensor de velocidad indican que la velocidad del vehículo está por debajo de un umbral de velocidad del vehículo; y

20 determinar si la característica dinámica del vehículo se encuentra dentro de un intervalo dinámico de transición entre el primer intervalo dinámico y el segundo intervalo dinámico, determinar un límite de velocidad de alabeo calculado y luego limitar la velocidad de alabeo permitida al límite de velocidad de alabeo calculado.

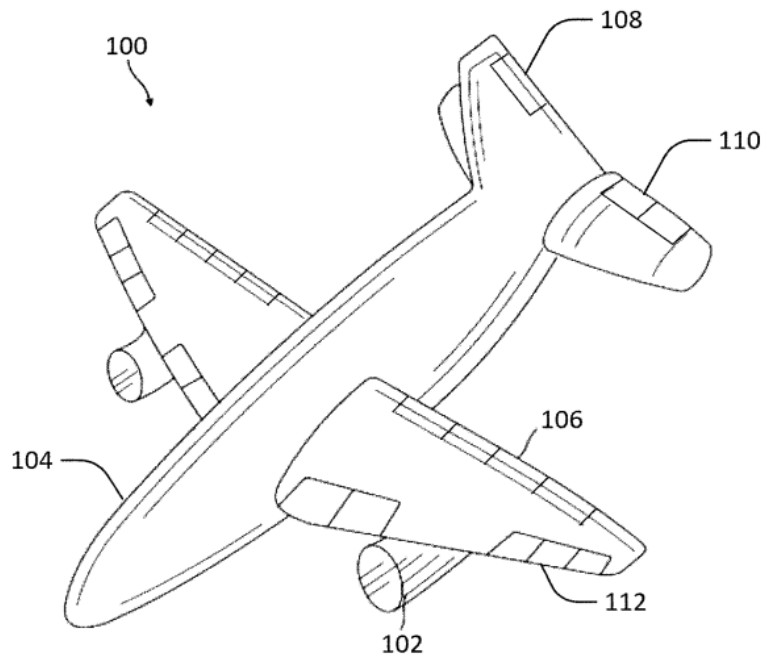
12. El método de la reivindicación 11, que comprende adicionalmente:

determinar que el ángulo de inclinación lateral del vehículo está por encima de un umbral de ángulo de inclinación lateral, en donde el umbral del ángulo de inclinación lateral es un ángulo de inclinación lateral de preferentemente 75 grados o más, y determinar, en respuesta a determinar que el ángulo de inclinación lateral del vehículo está por encima del umbral del ángulo de inclinación lateral, que la característica dinámica del vehículo está dentro del segundo intervalo dinámico, y

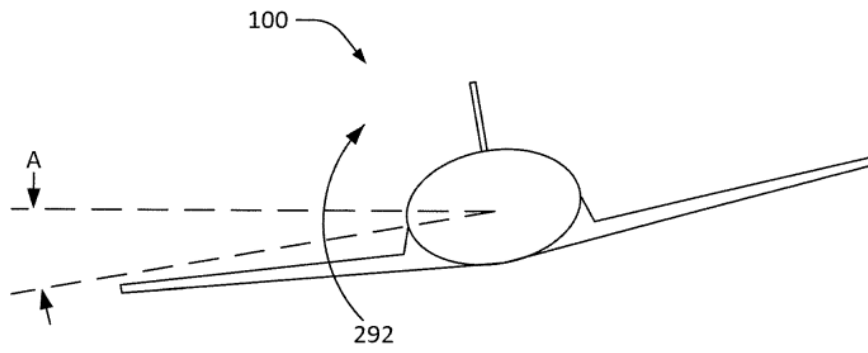
25 determinar preferentemente que la altitud de un vehículo está por debajo de un umbral de altitud; y determinar, en respuesta a la determinación de que la altitud del vehículo está por debajo del umbral de altitud, que la característica dinámica del vehículo está dentro del segundo intervalo dinámico, y

30 detectar preferentemente una velocidad de alabeo de un vehículo mayor que la primera cantidad de velocidad de alabeo; e inspeccionar, en respuesta a la detección de la velocidad de alabeo del vehículo mayor que la primera cantidad de velocidad de alabeo, al menos una parte del vehículo.

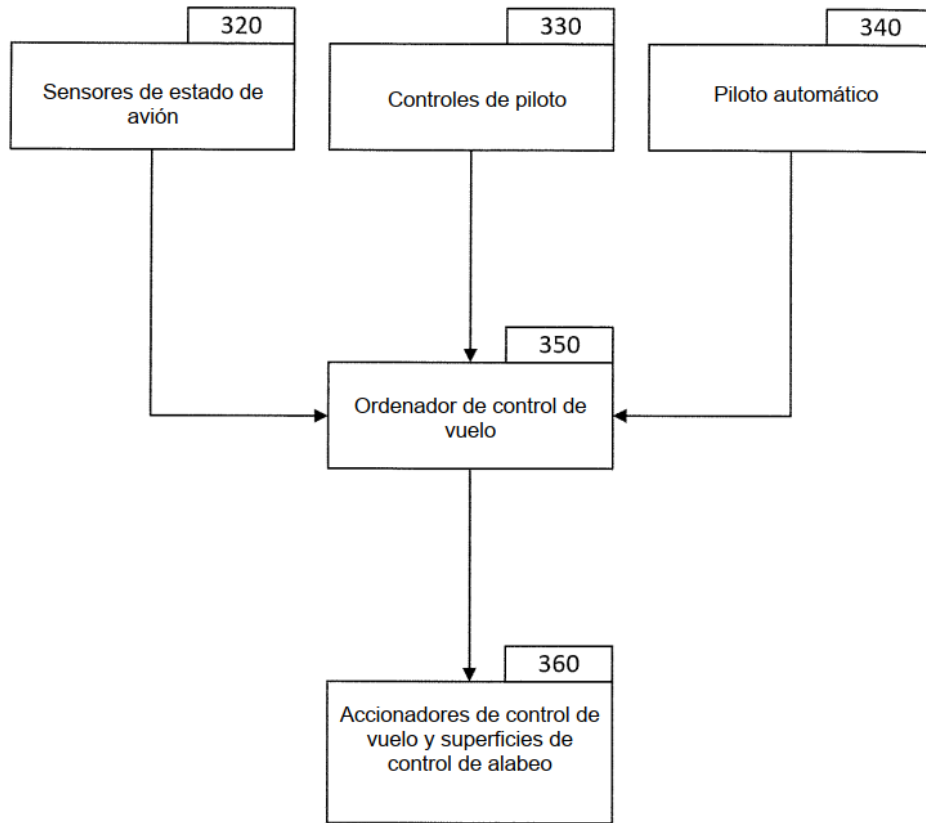
13. Un medio legible por ordenador que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan por un controlador, hacen que el controlador lleve a cabo el método de la reivindicación 11.



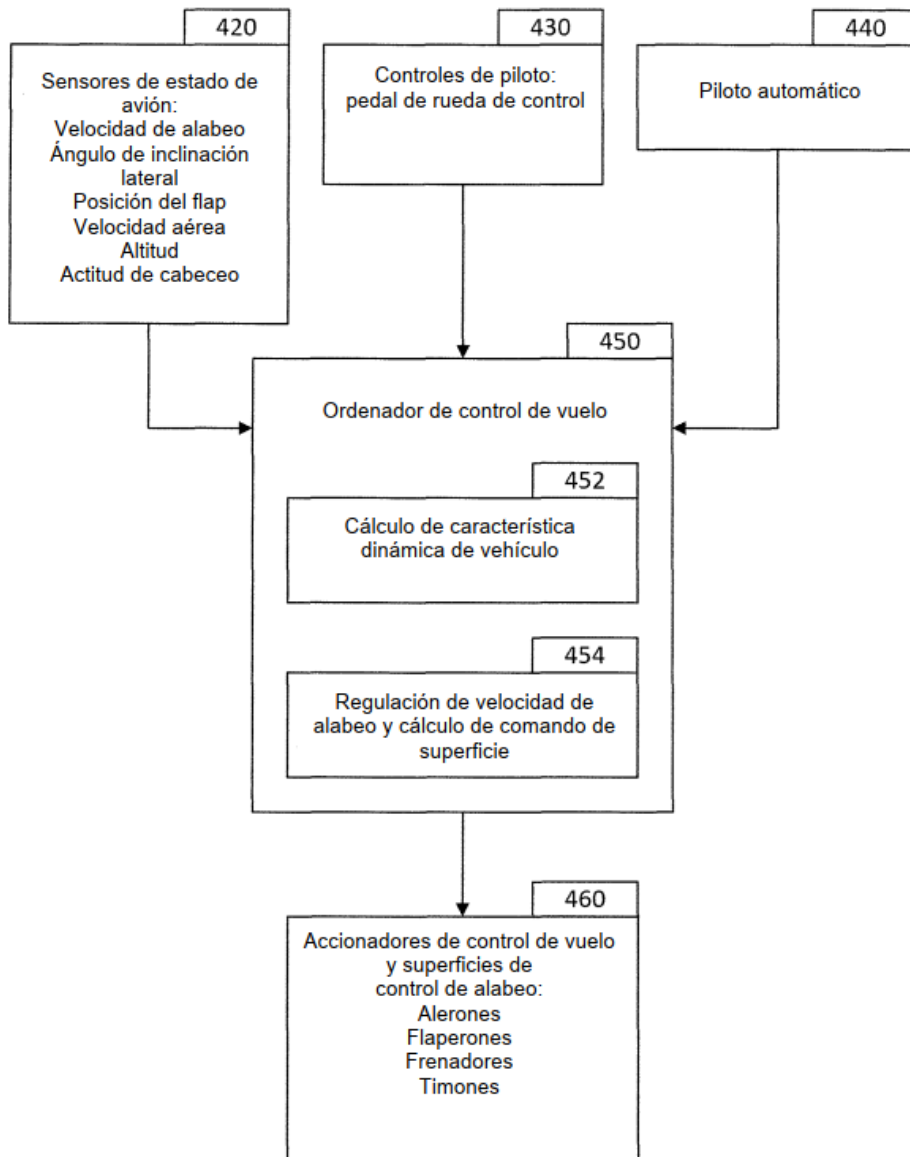
**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**

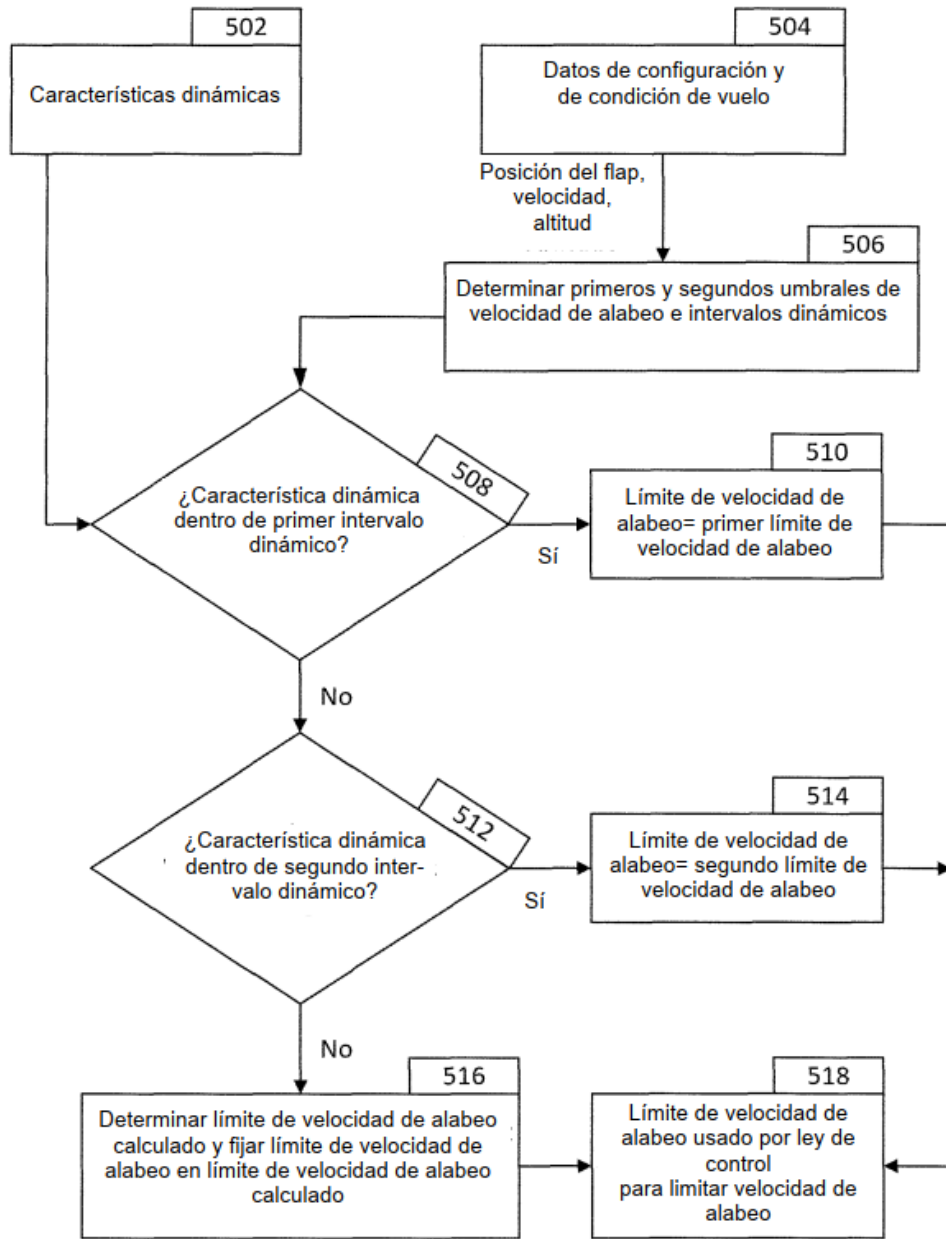


FIG. 5