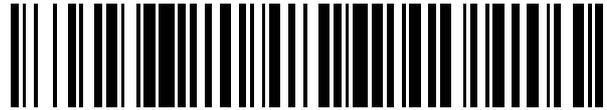


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 815 473**

51 Int. Cl.:

**B64C 1/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2018 E 18152595 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.06.2020 EP 3401207**

54 Título: **Sistemas y métodos para bastidores compuestos integrados de aeronave**

30 Prioridad:

**10.05.2017 US 201715592124**

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

**30.03.2021**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BAILEY, MICHAEL JASON y  
OFFENSEND, CHRISTOPHER D.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 815 473 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

Sistemas y métodos para bastidores compuestos integrados de aeronave

**Campo técnico**

La divulgación se refiere, en general, a una aeronave y, más específicamente, a estructuras de aeronave.

5 **Antecedentes**

Pueden hacerse estructuras de aeronave de una variedad de materiales diferentes. Por ejemplo, las estructuras de aeronave compuestas actuales pueden incluir vigas estructurales dentro del conjunto de alojamiento de la rueda delantera en la sección de fuselaje delantera de un fuselaje de aeronave que mezcla vigas compuestas con placas de aluminio y abrazaderas de cizallamiento de titanio. Son necesarios los múltiples componentes de materiales diferentes dado que se requiere que las vigas compuestas actuales se fabriquen con alturas de alma constantes y, en consecuencia, no pueden fabricarse con geometrías complejas. Dado que los elementos estructurales del conjunto de alojamiento de la rueda delantera requiere tales geometrías complejas, son necesarias piezas adicionales hechas de otros materiales para un conjunto de viga completo. Sin embargo, los múltiples componentes llevan a costes más altos, acumulaciones de tolerancia, puntos de mantenimiento adicionales y una estructura menos rígida.

10

15

El documento EP 2 695 726 A2 da a conocer un método y aparato que comprenden una estructura compuesta monolítica, un primer borde de la estructura compuesta monolítica y un segundo borde de la estructura compuesta monolítica. El primer borde de la estructura compuesta monolítica tiene una primera forma configurada para conectarse a una estructura en un vehículo. El segundo borde de la estructura compuesta monolítica tiene una segunda forma configurada para conectarse a un cuerpo del vehículo.

20

El documento US 2008/0179460 A1 da a conocer una invención que se refiere a un bastidor de carga de aeronave hecho de un material compuesto, caracterizado porque comprende dos elementos laterales y un elemento de base, uniéndose los elementos laterales en la parte interior del bastidor por medio del elemento de base y comprendiendo cada uno de los elementos laterales un puntal que une el bastidor al revestimiento del fuselaje de aeronave, un alma y un saliente inferior que une el alma y el elemento de base.

25

El documento EP 2 722 145 A1 da a conocer una invención que proporciona un método para fabricar una preforma de textil seco usando dos pares de rodillos que forman, respectivamente, un saliente primero y segundo y que comprenden las etapas de ajustar una diferencia entre la velocidad de rodamiento del par de rodillos primeros y la velocidad de rodamiento del par de rodillos segundos para formar un radio de curvatura de la lámina de tejido dependiendo de la diferencia ajustada; y ajustar la distancia entre los dos pares de rodillos perpendiculares a la dirección de movimiento de la lámina de tejido para formar una parte de alma entre el primer saliente y el segundo saliente, dependiendo la altura de alma de la distancia ajustada. El método puede usarse para fabricar preformas de textil seco con forma de Z, con forma de U o con forma de C usadas en la construcción de perfiles de refuerzo para vehículos aéreos.

30

35

El documento GB 2 134 059 A da a conocer un fuselaje de helicóptero compuesto que comprende al menos un elemento de bastidor principal que tiene dos vigas laterales generalmente verticales unidas por vigas superior e inferior generalmente horizontales. Cada viga lateral comprende una sección en sombrero de copa enlazada a un material de relleno y las vigas superior e inferior comprenden, cada una, dos secciones de canal dispuestas espalda contra espalda y enlazadas a un material de relleno. Una zona en cada extremo de las vigas superior e inferior está desprovista de relleno y las secciones en sombrero de copa de las vigas laterales están ranuradas entre las secciones de canal, uniéndose entonces las piezas mediante el enlace de las superficies internas de las secciones de canal a las superficies externas de las secciones en sombrero de copa. Se completa el fuselaje mediante paneles unidos a los salientes exteriores de las vigas laterales y superior e inferior.

40

45

El documento DE 10 2014 116 270 B3, según una traducción automática, da a conocer un sistema para la producción continua de una preforma de perfil curvado de productos de fibra de semiacabado liso y un método para estas secciones de cinturón formadas inicialmente por un formador y después con la ayuda de dos rodillos que se separan entre sí en la dirección de transporte.

Buckingham R O ET AL "AUTOMATING THE MANUFACTURE OF COMPOSITE BROADGOODS", COMPOSITES, IPC BUSINESS PRESS LTD. HAYWARDS HEATH, GB, (19960301), vol. 27A, n.º 3, ISSN 0010 a 4361, páginas 191 a 200, da a conocer el trabajo completado bajo un contrato de investigación y desarrollo de la Comisión Europea de tres años, titulado 'Integrating automatic handling of flexible materials, composite component design y quality assurance procedures'.

50

El documento describe las razones para llevar a cabo el trabajo, los motores principales que dieron forma al resultado final, las áreas de estudio clave y la solución técnica adoptada, con una descripción del sistema, pruebas realizadas y una exposición de los logros y las opciones futuras. Se construyó una máquina que cogía material preimpregnado de un rodillo estándar mediante la eliminación de las láminas de soporte, la inspección visual, el corte, el manejo, el almacenamiento y la consolidación para formar un componente doblemente curvado de múltiples capas.

55

**Sumario**

En aspectos, se proporciona un sistema y un método para una viga estructural compuesta de aeronave de altura de alma variable y aplicaciones de la misma, tal como se define en la(s) reivindicación/reivindicaciones independiente(s).

En un primer aspecto, se da a conocer una aeronave según la reivindicación independiente 1.

En un segundo aspecto, se da a conocer un método según la reivindicación independiente 7.

- 5 Se permitirá un entendimiento más completo de la divulgación a los expertos en la técnica, así como una realización de ventajas adicionales de la misma, mediante una consideración de la siguiente descripción detallada de una o más implementaciones. Se hará referencia a las hojas adjuntas de los dibujos que se describirán en primer lugar brevemente.

### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra una vista superior de una aeronave según un ejemplo de la divulgación.

- 10 La figura 2 ilustra una vista en perspectiva de una estructura de aeronave a modo de ejemplo según un ejemplo de la divulgación.

La figura 3 ilustra un ejemplo de una viga estructural compuesta de aeronave de altura de alma variable según un ejemplo de la divulgación.

- 15 Las figuras 4A a C ilustran ejemplos de una estructura compuesta del alojamiento de la rueda de aeronave según un ejemplo de la divulgación.

La figura 5 es un diagrama de flujo que detalla la producción de una viga estructural compuesta de aeronave de altura de alma variable según un ejemplo de la divulgación.

- 20 Se entenderán mejor los ejemplos de la divulgación y sus ventajas haciendo referencia a la siguiente descripción detallada. Debe tenerse en cuenta que se utilizan los mismos números de referencia para identificar elementos iguales ilustrados en una o más de las figuras.

### Descripción detallada

- 25 En esta divulgación se describen sistemas y técnicas para vigas de bastidor compuesto de alma de altura variable. En determinados ejemplos, pueden usarse los sistemas y técnicas descritos en el presente documento para una estructura de aeronave. La viga de bastidor compuesto de alma de altura variable dada a conocer en el presente documento es una viga estructural compuesta laminada que incluye un alma de altura variable con un primer saliente en un extremo del alma y un segundo saliente en otra parte del alma. En diferentes partes de la viga de bastidor compuesto de alma de altura variable, el primer saliente y el segundo saliente están separados por e34ddistancias diferentes.

- 30 Generalmente, se unen determinadas estructuras de aeronave (tal como, por ejemplo, la estructura próxima al alojamiento de la rueda delantera) con una combinación de vigas, abrazaderas de cizallamiento, placas y elementos de sujeción de materiales diferentes. Tales combinaciones aumentan el número de piezas, permiten una cantidad mayor de puntos de error, disminuyen la rigidez estructural y aumentan el tiempo de montaje y mantenimiento. La viga estructural compuesta laminada descrita en el presente documento permite el reemplazo de una combinación tal de vigas, abrazaderas de cizallamiento, placas y elementos de sujeción con una única viga estructural compuesta laminada.

- 35 La figura 1 ilustra una vista superior de una aeronave según un ejemplo de la divulgación. La aeronave 50 de la figura 1 incluye un fuselaje 170, alas 172, estabilizadores horizontales 174, propulsores de aeronave 100A y 100B y un estabilizador vertical 178.

- 40 La aeronave 50 descrita en la figura 1 es a modo de ejemplo y se aprecia que, en otros ejemplos, la aeronave 50 puede incluir menos componentes o componentes adicionales (por ejemplo, estabilizador no horizontal, estabilizadores adicionales, sensores adicionales y/o controladores adicionales). Adicionalmente, las estructuras y técnicas descritas en el presente documento pueden extenderse a otros vehículos tales como automóviles, embarcaciones y otras aeronaves tales como helicópteros, vehículos aéreos no tripulados, etc.

- 45 Los propulsores de aeronave 100A y 100B pueden ser cualquier tipo de propulsor tales como turbofanés, turbohélices, turborreactores, estatorreactores y/o cualquier otro tipo de propulsor que produce empuje para mover la aeronave 50. Las alas 172, los estabilizadores horizontales 174 y el estabilizador vertical 178 pueden producir movimiento de elevación y/o control de la aeronave 50. Determinados ejemplos adicionales de aeronave pueden incluir cualquier número de propulsores de aeronave, alas, estabilizadores horizontales y/o estabilizadores verticales.

- 50 El fuselaje 170 es un fuselaje que incluye una o más vigas compuestas. Determinadas vigas adicionales también pueden ser compuestas o metálicas (por ejemplo, aluminio, titanio, acero u otro metal de este tipo). En determinados ejemplos, el fuselaje 170 también puede incluir revestimiento de aeronave metálico y/o compuesto. Las vigas se acoplan al revestimiento metálico, entre sí, y/o a otros componentes de la aeronave 50. Al menos algunas de las vigas se usan para formar una estructura de soporte de carga de la aeronave 50.

El fuselaje 170 también incluye aberturas de alojamiento de rueda 150A y 150B. Las aberturas de alojamiento de rueda 150A y 150B son aberturas dentro del fuselaje 170 que permiten que se desplieguen el tren de aterrizaje y otros componentes. Mientras que determinadas vigas del fuselaje 170 son vigas continuas (por ejemplo, envuelven la circunferencia interior de una sección transversal de una sección del fuselaje 170), otras vigas son discontinuas. Las aberturas de alojamiento de rueda 150A y 150B pueden incluir una o más vigas estructurales compuestas laminadas discontinuas situadas próximas a las aberturas de alojamiento de rueda 150A y 150B. Tales vigas estructurales compuestas laminadas son discontinuas debido a que las aberturas de alojamiento de rueda evitan que las vigas estructurales envuelvan por completo la circunferencia dentro del fuselaje. Se ilustran las vigas estructurales compuestas laminadas continuas y discontinuas con más detalle en la figura 2.

La figura 2 ilustra una vista en perspectiva de una estructura de aeronave a modo de ejemplo según un ejemplo de la divulgación. La figura 2 muestra la estructura de aeronave desde el interior del fuselaje mirando hacia el exterior. Como tal, la figura 2 muestra una abertura de alojamiento de rueda 150, una viga estructural compuesta laminada discontinua 202, una viga corta 204, un larguerillo 206 y una viga estructural compuesta laminada continua 208. Una viga estructural compuesta laminada discontinua 202, una viga corta 204, un larguerillo 206 y un viga estructural compuesta laminada continua 208 pueden formar al menos una parte de una estructura de un fuselaje (por ejemplo, fuselaje 170). Diversos ejemplos adicionales del fuselaje pueden incluir uno o más componentes estructurales adicionales.

El fuselaje de una aeronave puede dividirse en una pluralidad de secciones (por ejemplo, dividirse en una pluralidad de secciones longitudinales). Cada sección puede incluir una o más vigas estructurales compuestas laminadas continuas y/o discontinuas para proporcionar rigidez a la estructura. La viga estructural compuesta laminada continua 208 puede envolver la circunferencia interior de una sección transversal de una parte del fuselaje. La viga estructural compuesta laminada discontinua 202 puede, en determinados ejemplos, parecerse a una forma de O. Como tal, por ejemplo, la viga estructural compuesta laminada continua 208 puede ser una viga ininterrumpida continua. Pueden construirse diversos ejemplos de la viga estructural compuesta laminada continua 208 a partir de un componente o una pluralidad (por ejemplo, dos, tres, cuatro o cinco o más) de componentes. Cuando se construye la viga estructural compuesta laminada continua 208 a partir de una pluralidad de componentes, la pluralidad de componentes puede acoplarse entre sí mediante adhesivos, soldadura, elementos de sujeción mecánicos y/u otras técnicas de acoplamiento de este tipo.

La abertura de alojamiento de rueda 150 puede ser la abertura de alojamiento de rueda 150A o 150B mostrada en la figura 1 u otra abertura de alojamiento de rueda de este tipo. Debido a la abertura de alojamiento de rueda 150, las vigas estructurales en la sección del fuselaje próxima a la abertura de alojamiento de rueda 150 no pueden ser continuas porque hay una abertura dentro de la circunferencia del fuselaje. Como tal, se usa la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 en la sección del fuselaje alrededor de la abertura de alojamiento de rueda 150.

La viga estructural compuesta laminada discontinua 202 es una viga estructural que envuelve una parte de la circunferencia interior de una sección transversal del fuselaje. La viga estructural compuesta laminada discontinua 202 puede, en determinados ejemplos, parecerse a una forma de C. La parte discontinua de la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 puede alojar la abertura de alojamiento de rueda 150 y, por tanto, permitir el despliegue del tren de aterrizaje y/u otros componentes a través de la abertura de alojamiento de rueda 150.

Pueden construirse diversos ejemplos de la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 a partir de un componente. Sin embargo, la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 puede incluir una altura de alma variable. Se describe tal altura de alma variable con más detalle en la figura 3.

La viga corta 204 puede ser otra viga estructural del fuselaje. Se acopla la viga corta 204 al larguerillo 206 y el larguerillo 206 puede acoplarse a la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 y/o viga estructural compuesta laminada continua 208 para formar la estructura del fuselaje. En determinados ejemplos, el larguerillo 206, la viga corta 204 y/o la viga estructural compuesta laminada continua 208 también pueden incluir alturas de alma variables.

La figura 3 ilustra un ejemplo de una viga estructural compuesta de aeronave de altura de alma variable. La figura 3 muestra la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 de la figura 2. Tal como se muestra en la figura 3, la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 incluye un alma de altura variable 316, un primer saliente 312 situado en un primer extremo del alma y un segundo saliente 314 situado en un segundo extremo del alma. Puede configurarse al menos una parte del primer saliente 312 para ajustarse a una parte interior del fuselaje de la aeronave de manera que la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 puede unirse al revestimiento del fuselaje para proporcionar soporte estructural.

Tal como se muestra en la figura 3, la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 es una única pieza producida de un material compuesto (por ejemplo, una combinación o una o más de fibras de carbono, Kevlar, fibra de vidrio, resina y/u otros materiales compuestos sintéticos). Como tal, mientras que la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 incluye características distintas tales como alma de altura variable 316, primer saliente 312 y segundo saliente 314, tales características distintas pueden todas formar parte de un componente que se dispone a partir de uno o más pliegos compuestos.

En la figura 3, la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 incluye una primera parte 320 y una segunda parte 322. El alma de altura variable 316 es una primera altura en la primera parte 320 y es una segunda altura diferente de la

primera altura en la primera parte 320. Es decir, el primer saliente 312 puede estar separado del segundo saliente 314 por una primera distancia en la primera parte 320 y estar separado por una segunda distancia en la segunda parte 322. En determinados ejemplos, la primera parte y/o la segunda parte pueden incluir piezas en sección decreciente dentro de las partes del alma 316. Es decir, la altura del alma 316 en tales partes puede cambiar dentro de la parte. La figura 3 ilustra un ejemplo tal a medida que la primera parte 320 se estrecha desde una altura hasta otra altura. Sin embargo, aunque la primera parte 320 se estrecha en la figura 3, la altura de al menos parte de la primera parte 320 es todavía diferente de la altura de al menos parte de la segunda parte 322.

Mientras que la figura 3 ilustra una viga estructural compuesta laminada discontinua 202 con una primera parte y una segunda parte, otros ejemplos de vigas estructurales compuestas laminadas discontinuas pueden incluir tres o más partes y cada una de esas partes puede tener diferentes alturas. En determinados ejemplos adicionales, al menos dos de estas partes pueden tener la misma altura (por ejemplo, un ejemplo tal incluiría partes de los extremos de la viga estructural compuesta laminada discontinua que tienen la misma altura, pero con una parte central que tiene una altura diferente). El primer saliente 312 y el segundo saliente 314 pueden, en determinados ejemplos, formar parte de la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 que se disponen en una orientación diferente de la del alma de altura variable 316. Es decir, tal como se muestra en la figura 3, en una sección transversal de la figura 3 a lo largo del plano geométrico 324A, la mayor longitud del primer saliente 312 y el segundo saliente 314 (por ejemplo, el más largo de los dos lados que definen la sección transversal del primer saliente 312 y/o el segundo saliente 314) se orientan aproximadamente 90 grados desde el de mayor longitud del alma de altura variable 316 (por ejemplo, el más largo de los dos lados que definen la sección transversal del alma 316). Una orientación tal puede aumentar la rigidez de la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 y/o disponer determinadas superficies de la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 de manera que la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 puede acoplarse a otras partes de la aeronave. Otros ejemplos pueden orientar el primer saliente 312, el segundo saliente 314 y/u otros salientes en diferentes orientaciones (por ejemplo, orientados 30, 45, 60, 120, 135 o 150 grados desde el alma 316) o incluir vigas estructurales compuestas laminadas discontinuas con otras geometrías. En determinados ejemplos adicionales, la viga estructural compuesta laminada discontinua puede incluir una geometría variada tridimensional.

Tal como se muestra en la figura 3, el primer saliente 312 se sitúa en una parte exterior del alma de altura variable 316 y se configura para instalarse en una aeronave más cercana al fuselaje de aeronave que el segundo saliente 314. Dado que el alma de altura variable 316 es curva, el primer saliente 312 puede seguir o seguir sustancialmente al menos una parte de la parte curva del alma de altura variable 316. Como tal, el primer saliente 312 incluye recortes que permiten que el primer saliente 312 se doble más fácilmente para ajustarse a la curvatura del alma de altura variable 316. Otros ejemplos del primer saliente 312 no podían incluir tales recortes y entonces el primer saliente 312 puede construirse para doblarse a lo largo de la curvatura del alma de altura variable 316 mediante formación de arco de abrazadera robótica. Se describe la formación de arco de abrazadera robótica con más detalle en la figura 5.

El segundo saliente 314 se sitúa en una parte interior del alma de altura variable 316. El segundo saliente 314 también puede seguir o seguir sustancialmente al menos una parte de la parte curva del alma de altura variable 316. Tal como se muestra en la figura 3, el segundo saliente 314 es ininterrumpido (por ejemplo, no incluye los recortes del primer saliente 312), pero otros ejemplos del segundo saliente 314 pueden incluir recortes.

Las figuras 4A a C ilustran ejemplos de una estructura compuesta de alojamiento de rueda de aeronave. Puede acoplarse la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 a una o más vigas de alojamiento de rueda para definir adicionalmente un alojamiento de rueda. Acoplar la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 a una o más vigas de alojamiento de rueda puede permitir que se defina el volumen del alojamiento de rueda que contiene el tren de aterrizaje cuando el tren de aterrizaje está en la posición retraída.

Las figuras 4A a C ilustran tres de tales vigas de alojamiento de rueda de ejemplo. Tal como se muestra en las figuras 4A a C, cada viga estructural compuesta laminada discontinua 202 en las figuras 4A a C se acopla a una viga de alojamiento de rueda que define la parte vertical del alojamiento de rueda.

En la figura 4A, se acopla la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 a la viga de alojamiento de rueda 430. Se configura la viga de alojamiento de rueda 430 para disponerse en la parte superior del alma de altura variable de la viga estructural compuesta laminada discontinua 202.

En la figura 4B, se acopla la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 a la viga de alojamiento de rueda 432. Se configura la viga de alojamiento de rueda 432 para disponerse adyacente a un extremo de la viga estructural compuesta laminada discontinua 202.

En la figura 4C, se acopla la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 a la viga de alojamiento de rueda 434. Se configura la viga de alojamiento de rueda 434 para disponerse tanto en la parte superior de como adyacente a un extremo de la viga estructural compuesta laminada discontinua 202. La viga de alojamiento de rueda 434 incluye adicionalmente costillas y características que sitúan la viga de alojamiento de rueda 434 en relación con la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 para asegurar la colocación correcta de la viga de alojamiento de rueda 434 en relación con la viga estructural compuesta laminada discontinua 202.

5 Mientras que las figuras 4A a C describen vigas de alojamiento de rueda que son componentes separados de los de la viga estructural compuesta laminada discontinua 202, según una realización, la viga estructural compuesta laminada discontinua 202 y la viga de alojamiento de rueda son un componente (por ejemplo, fabricado mediante, por ejemplo, formación de arco de abrazadera robótica) para permitir una viga estructural compuesta laminada discontinua 202 combinada y una viga de alojamiento de rueda que incluye alturas de alma variables.

10 La figura 5 es un diagrama de flujo que detalla la producción de una viga estructural compuesta de aeronave de altura de alma variable según un ejemplo de la divulgación. En el bloque 502 de la figura 5, se monta un cabezal de formación en un robot, un brazo robótico o una parte del mismo. Adicionalmente, también puede unirse una pieza delantera configurada para ajustarse o formar sustancialmente uno o más contornos locales de una parte de la viga estructural compuesta de aeronave de altura de alma variable al cabezal de formación.

15 Se colocan uno o más pliegos que forman la viga estructural compuesta de aeronave de altura de alma variable en una posición designada sobre un soporte de pliego en el bloque 504. En el bloque 506, entonces se carga el soporte de pliego sobre la herramienta de formación de arco de abrazadera robótica. Entonces, el soporte de pliego está listo para operaciones de apilamiento, formación y compactación.

20 En el bloque 508, se mueve una parte del robot, el brazo robótico y/o la herramienta a una primera parte de la viga estructural compuesta de aeronave de altura de alma variable para formar la primera parte o una característica de la primera parte en el bloque 510. En determinados ejemplos, el pliego o los pliegos pasan sobre una sección de la herramienta para mover el cabezal de formación sobre la herramienta para formar una curvatura de la primera parte.

25 Entonces, se mueve la parte del robot, el brazo robótico y/o la herramienta a una segunda parte de la viga estructural compuesta de aeronave de altura de alma variable en el bloque 512 para formar la segunda parte o una característica de la segunda parte en el bloque 514. La primera parte y la segunda parte pueden incluir alturas de alma variables o diferentes.

30 Se describen técnicas y aparatos usados para producir vigas estructurales compuestas de aeronave de altura de alma variable con más detalle en la solicitud de patente estadounidense n.º 12/945.024 presentada el 12 de noviembre de 2010 y otorgada como patente estadounidense n.º 8.551.380, 61/749.881 presentada el 7 de enero de 2013, 13/736.021 presentada el 7 de enero de 2013, 13/901.813 presentada el 24 de mayo de 2013 y otorgada como patente estadounidense n.º 9.314.974, 14/525.500 presentada el 28 de octubre de 2014.

35 Los ejemplos descritos anteriormente ilustran, pero no limitan la invención. También debe comprenderse que son posibles numerosas modificaciones y variaciones según los principios de la presente invención. Por consiguiente, se define el alcance la invención únicamente por las siguientes reivindicaciones.

principios de la presente invención. Por consiguiente, se define el alcance la invención únicamente por las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Aeronave, que comprende:  
un fuselaje (170) que comprende al menos una viga de bastidor compuesto de alma de altura variable en la que la viga de bastidor compuesto de alma de altura variable es una viga estructural compuesta laminada que comprende:
- 5 un alma de altura variable (316);  
un primer saliente (312) situado en una parte exterior del alma;  
un segundo saliente (314) situado en una parte interior del alma, en el que el primer saliente y el segundo saliente están separados por una primera distancia en una primera parte (320) de la viga estructural compuesta laminada y están separados por una segunda distancia en una segunda parte (322) de la viga estructural compuesta laminada;
- 10 en la que la viga estructural compuesta laminada se configura para disponerse adyacente a una abertura de alojamiento de rueda de aeronave (150);  
en la que, de la viga estructural compuesta laminada, la primera distancia es superior a la segunda distancia, en la que la primera parte de la viga estructural compuesta laminada es adyacente a la abertura de alojamiento de rueda del fuselaje y en la que la segunda parte de la viga estructural compuesta laminada se dispone más lejos de la abertura de alojamiento de rueda que la primera parte de la viga estructural compuesta laminada; y
- 15 en la que la viga estructural compuesta laminada es una viga discontinua (202) y comprende, además, un primer extremo dispuesto cerca de la primera parte de la viga estructural compuesta laminada y el fuselaje comprende, además, una viga de alojamiento de rueda (430, 432, 434) acoplada al primer extremo,  
en la que la viga de alojamiento de rueda define, además, una parte vertical del alojamiento de rueda y, adicionalmente, en la que la viga estructural compuesta laminada discontinua y la viga de alojamiento de rueda son un componente.
- 20 2. Aeronave según la reivindicación 1, en la que el fuselaje comprende, además, una viga estructural compuesta laminada continua (208).
3. Aeronave según las reivindicaciones 1 a 2, en la que el fuselaje comprende, además, un revestimiento de fuselaje y al menos una parte del primer saliente se ajusta a una parte interior del revestimiento de fuselaje.
- 25 4. Aeronave según las reivindicaciones 1 a 3, en la que la viga estructural compuesta laminada transita suavemente entre la primera parte de la viga estructural compuesta laminada discontinua y la segunda parte de la viga estructural compuesta laminada discontinua.
5. Aeronave según las reivindicaciones 1 a 4, en la que la viga estructural compuesta laminada discontinua comprende fibra de carbono y resina.
- 30 6. Aeronave según las reivindicaciones 1 a 5, que comprende, además:  
un ala (172) acoplada al fuselaje; y  
un propulsor de aeronave (100) acoplado al ala y/o el fuselaje.
7. Método que comprende:  
montar un pliego en un soporte de pliego;
- 35 cargar el soporte de pliego en una herramienta de formación de arco de abrazadera robótica;  
mover un cabezal de formación de la herramienta de formación de arco de abrazadera robótica a una primera parte (320) del pliego, en el que el pliego forma, al menos, una capa de una viga estructural de aeronave compuesta laminada y en el que la viga estructural de aeronave compuesta laminada comprende un alma de altura variable (316), un primer saliente (312) situado en una parte exterior del alma y un segundo saliente (314) situado en una parte interior del alma;
- 40 formar el pliego en la primera parte y en el que el primer saliente y el segundo saliente están separados por una primera distancia en la primera parte del pliego;  
mover el cabezal de formación a una segunda parte (322) del pliego; y  
mover el pliego a la segunda parte, en el que el primer saliente y el segundo saliente están separados por una segunda distancia en la segunda parte del pliego;
- 45 en la que la viga estructural compuesta laminada se configura para disponerse adyacente a una abertura de alojamiento de rueda de aeronave (150);

en el que, de la viga estructural compuesta laminada, la primera distancia es superior a la segunda distancia, en el que la primera parte del pliego es adyacente a la abertura de alojamiento de rueda del fuselaje y en el que la segunda parte del pliego se dispone más lejos de la abertura de alojamiento de rueda que la primera parte del pliego; y

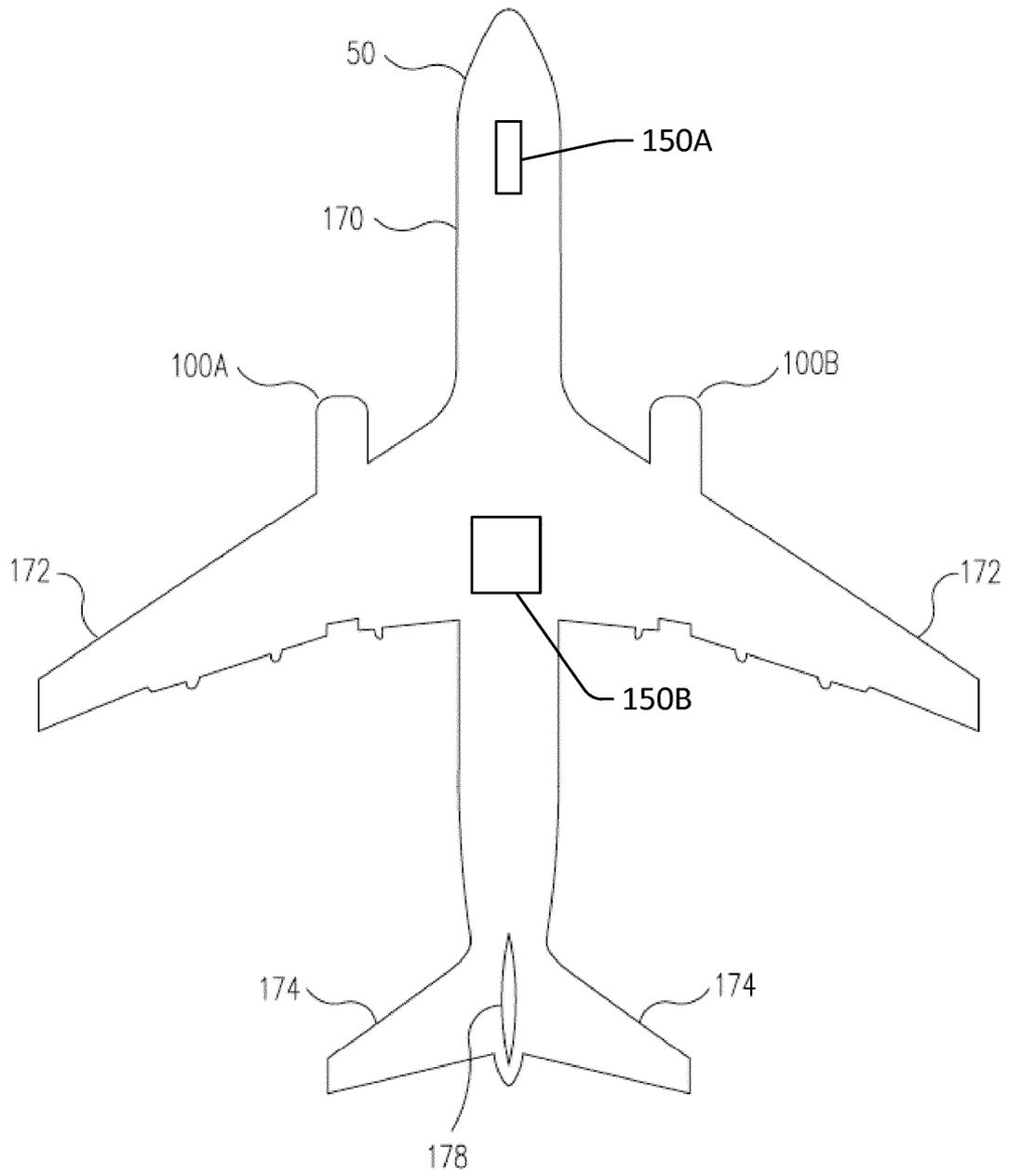
5 en el que la viga estructural compuesta laminada es una viga discontinua (202) y comprende, además, un primer extremo dispuesto cerca de la primera parte del pliego y el fuselaje comprende, además, una viga de alojamiento de rueda (430, 432, 434) acoplada al primer extremo,

en la que la viga de alojamiento de rueda define, además, una parte vertical del alojamiento de rueda y, adicionalmente, en la que la viga estructural compuesta laminada discontinua y la viga de alojamiento de rueda son un componente.

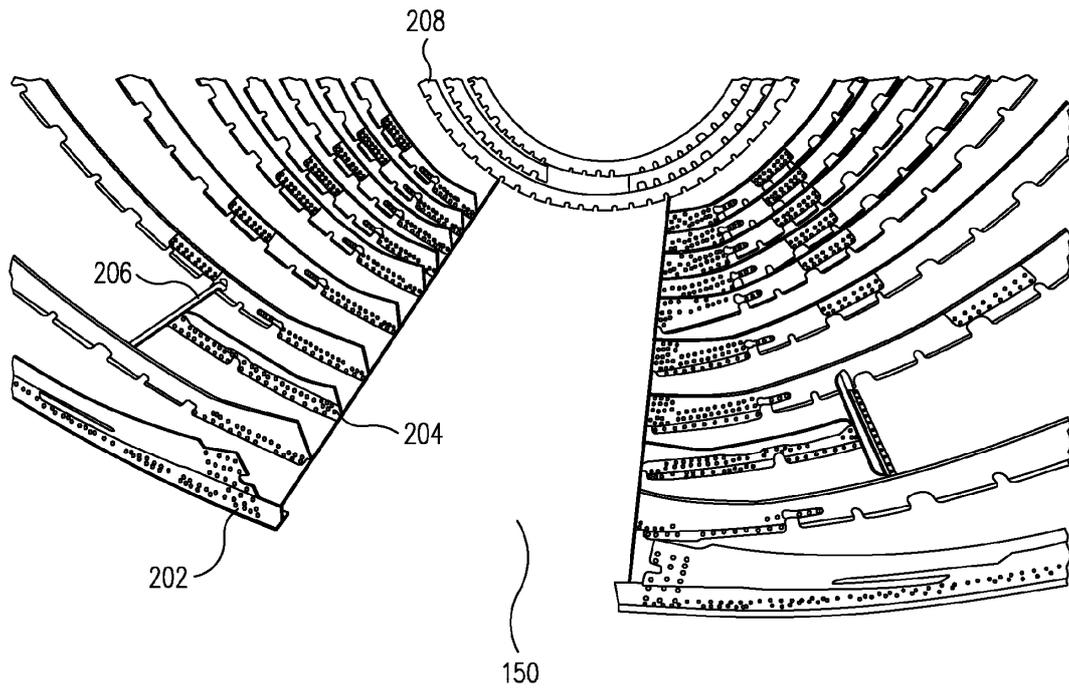
8. Método según la reivindicación 7, que comprende, además:

10 acoplar el cabezal de formación a la herramienta de formación de arco de abrazadera robótica.

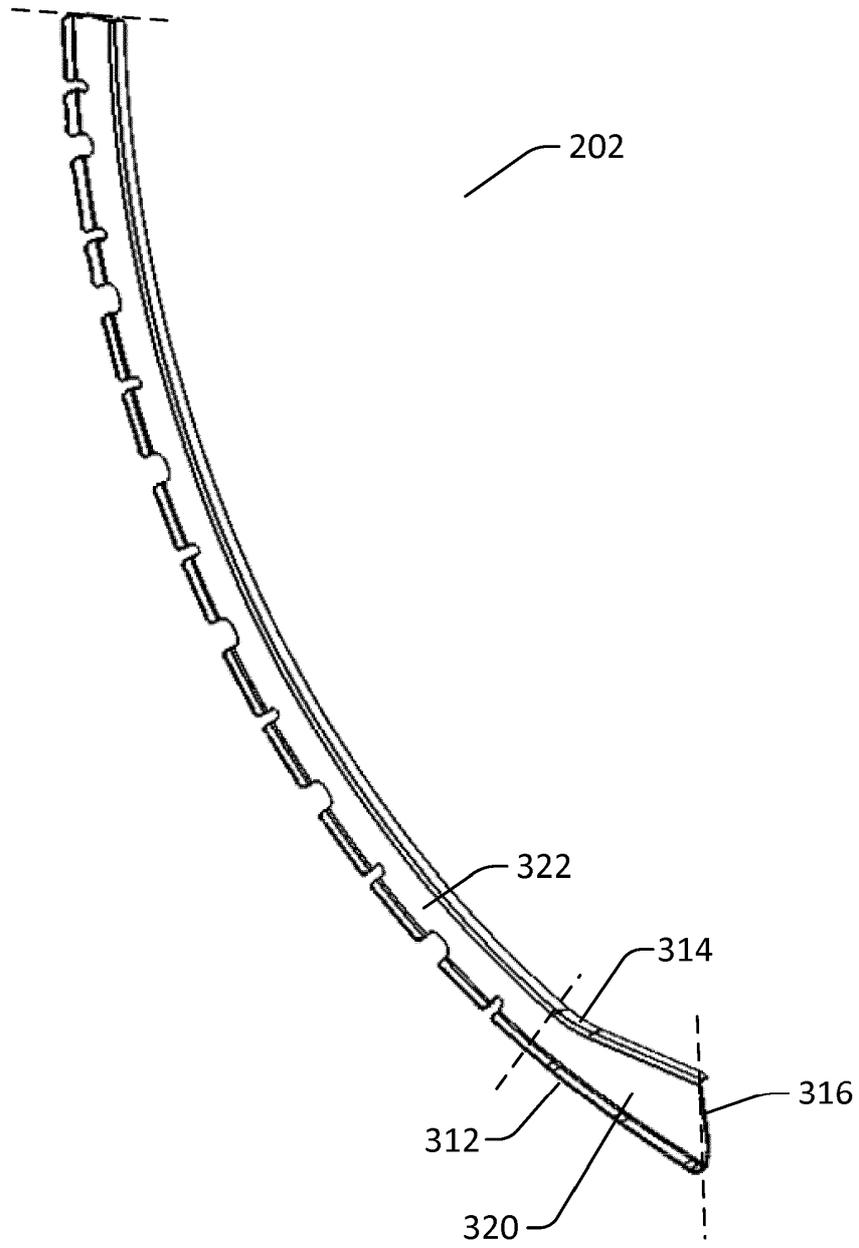
9. Método según las reivindicaciones 7 a 8, en el que el pliego es un pliego de resina compuesta.



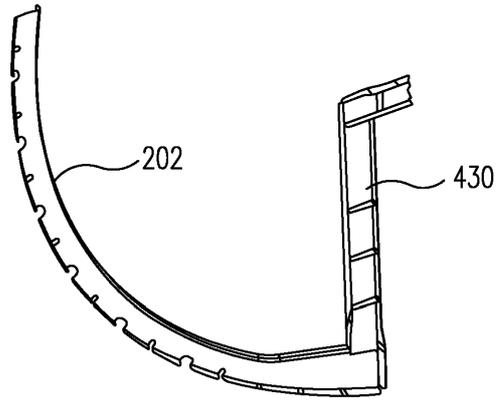
**FIG. 1**



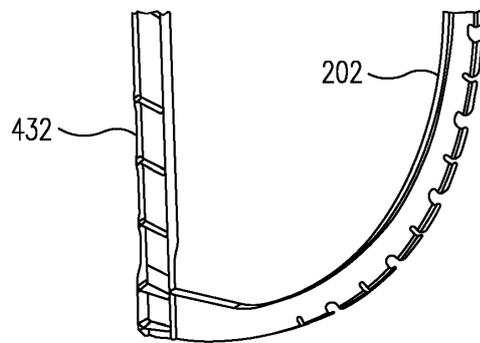
**FIG. 2**



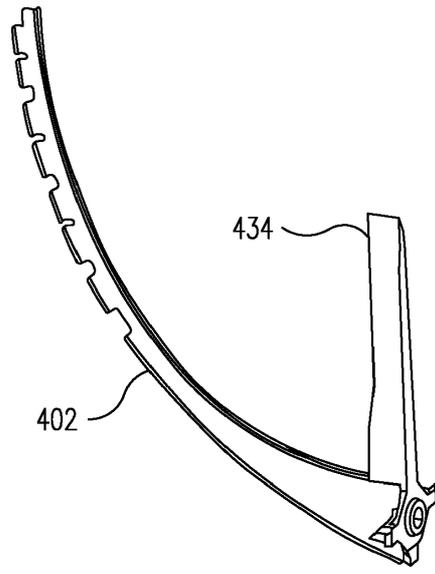
**FIG. 3**



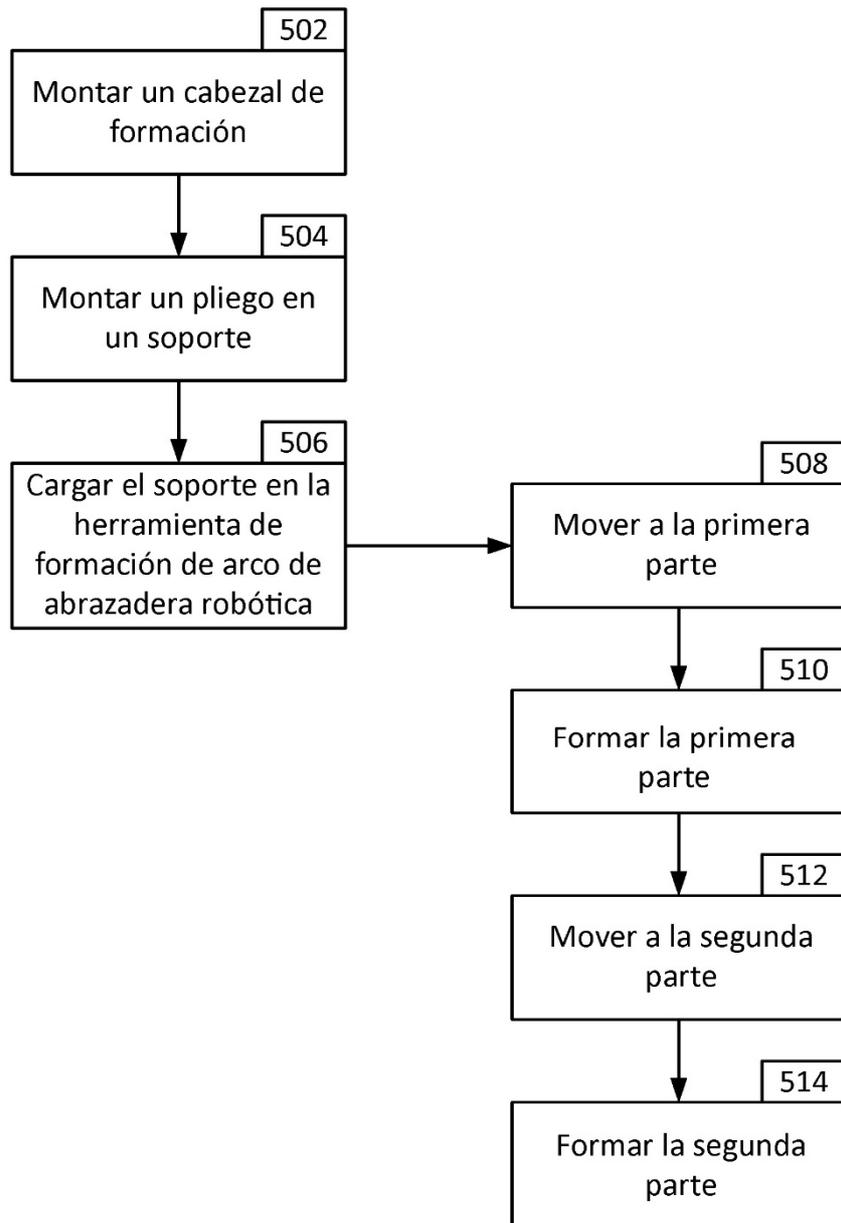
**FIG. 4A**



**FIG. 4B**



**FIG. 4C**



**FIG. 5**