

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 329**

51 Int. Cl.:

B23P 19/06 (2006.01)
B21J 15/28 (2006.01)
B21J 15/14 (2006.01)
B25B 27/00 (2006.01)
F16B 19/10 (2006.01)
G01L 5/24 (2006.01)
F16B 33/00 (2006.01)
G01B 5/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.06.2012** **E 12174035 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2019** **EP 2546022**

54 Título: **Método de control de calidad incorporado al proceso durante un ensamblaje de taladrado-llenado**

30 Prioridad:

15.07.2011 US 201113183670

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

01.07.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**WOODS, MARK A;
DAVIES JR, JOHN A;
FEIKERT, EDWARD E;
INMAN, JOHN E;
BLAHUT, ELIZABETH DENISE y
BICKFORD, JEFFRY G**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 718 329 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

Método de control de calidad incorporado al proceso durante un ensamblaje de taladrado-llenado

Antecedentes

5 El campo de la divulgación se refiere, en general, a los acoplamientos realizados entre dos o más componentes mecánicos, y más específicamente, a métodos y sistemas para un control de calidad incorporado al proceso durante un ensamblaje de taladrado-llenado. En particular, el campo de la divulgación se refiere a un método y a un sistema de acuerdo con los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 7, respectivamente.

10 En el ejemplo más relevante, un ensamblaje de estructura aeroespacial requiere en general múltiples procesos de "toque" para completar la instalación de elementos de fijación y adquirir la aceptación de garantía de calidad. Estos procesos múltiples requieren un tiempo de flujo significativo y, por lo tanto, están sujetos a grandes costes de mano de obra. Además, la puesta en escena de dicho proceso de ensamblaje resulta en general en una cantidad significativa de trabajo incorporado al proceso, ya que una línea de ensamblaje incorpora en general solo un proceso en una localización. Además, y como se entiende por la contemplación del proceso mencionado a continuación, los mecánicos de ensamblaje en la fuerza laboral pueden estar expuestos a lesiones por movimientos repetitivos.

15 Por ejemplo y para ilustrar, la fabricación de un ensamblaje aeroespacial típico incluye un primer proceso para localizar y taladrar el orificio, un segundo proceso para completar un avellanado asociado con el orificio taladrado, un tercer proceso para inspeccionar el orificio y el avellanado, un cuarto proceso para instalar el elemento de sujeción y un quinto para inspeccionar y aceptar la instalación. Miles y miles de tales instalaciones de un elemento de sujeción se usan en un fuselaje típico. Sumado a lo anterior, después de que se completen las etapas de taladrado y avellanado, se puede desensamblar un ensamblaje para eliminar las rebabas asociadas con el taladrado de los orificios. Como tal, el ensamblaje debe volver a reensamblarse para que puedan instalarse los elementos de sujeción. En resumen, el ensamblaje habitual requiere un ensamblaje temporal, taladrado, desensamblaje, reensamblaje y múltiples procesos de inspección a lo largo del camino.

25 Hay esfuerzos en curso que abordan el desensamblaje de las estructuras para el desbarbado de orificios, por ejemplo, el uso de elementos de sujeción de ajuste de interferencia que contrarrestan los efectos que tienen las rebabas sobre la integridad de una estructura. Sin embargo, la instalación de los elementos de sujeción, que incluye los elementos de sujeción de lado ciego y los elementos de sujeción de un lado común para la fabricación de estructuras aeroespaciales, todavía está sujeta a una inspección y validación manual por parte del personal de control de calidad. El acceso necesario a dichos ensamblajes para la inspección retrasa el proceso de fabricación.

30 En la publicación de Estados Unidos US2008/0155807 se describe un sistema de ensamblaje y un método para ensamblar una caja de ala de aeronave u otra estructura que puede definir un área interior accesible a través de al menos una abertura de acceso. El método incluye insertar un robot que tiene una herramienta de ensamblaje montada en el mismo en la zona interior a través de la al menos una abertura de acceso. La herramienta de ensamblaje puede colocarse en una localización de elemento de sujeción y puede sujetarse a la estructura. Puede realizarse un orificio a través de la estructura, y puede instalarse un elemento de sujeción en el orificio.

35 En el documento EP2329898, se describe un dispositivo que tiene un brazo de robot en el que se mantiene una herramienta de ajuste. La herramienta de ajuste tiene una unidad de suministro, una unidad de alimentación para un remache seleccionado y una unidad de ajuste para el remache. La unidad de suministro está conectada con un suministro de remaches. La unidad de suministro está unida permanentemente al robot. La unidad de alimentación y la unidad de ajuste están conectadas a un grupo de ensamblaje.

Breve descripción

Diversos aspectos y realizaciones de la invención se exponen en las reivindicaciones adjuntas.

45 En un ejemplo, se proporciona un método para ensamblar una estructura. El método incluye localizar una posición en un apilamiento vertical de ensamblaje donde debe instalarse un elemento de sujeción unilateral, taladrar un orificio a través del apilamiento vertical de ensamblaje en la posición, avellanar el orificio a una profundidad específica, operar una sonda calibrada para determinar al menos el parámetro asociado con uno o más del orificio y el apilamiento vertical próximo al orificio, insertar el elemento de sujeción unilateral en el orificio, aplicar un par torsión rotatorio al elemento de sujeción unilateral para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral, y comparar una medición del desplazamiento angular necesario para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral con un intervalo de desplazamiento angular indicativo de la instalación correcta del elemento de sujeción.

50 En otro ejemplo, se proporciona un método para verificar la instalación correcta del elemento de sujeción unilateral. El método incluye hacer rotar un perno del elemento de sujeción unilateral hasta que el par torsión necesario para

hacer rotar el perno provoque que la cabeza de accionamiento del perno se separa del perno, midiendo una rotación del perno desde un punto donde se ha iniciado la rotación del perno, hasta un punto donde la cabeza de accionamiento se separa del perno, y comparar la rotación medida con una rotación esperada para verificar la instalación correcta del elemento de sujeción.

5 En otro ejemplo más, se proporciona un sistema de inserción de elemento de sujeción que incluye un dispositivo de procesamiento y un sensor de ángulo de rotación acoplado comunicativamente al dispositivo de procesamiento. El sistema puede operarse para hacer rotar un perno de un elemento de sujeción unilateral hasta que el par torsión necesario para hacer rotar el perno provoque que la cabeza de accionamiento del perno se separa del perno. El dispositivo de procesamiento está programado para recibir mediciones de la rotación del perno por el sistema,
10 determinar un ángulo de rotación en el que la cabeza de accionamiento se separa del perno, y comparar el ángulo de rotación al que se separa la cabeza de accionamiento del perno con los valores conocidos asociados con el elemento de sujeción.

De acuerdo con un ejemplo, se proporciona un método para ensamblar una estructura, comprendiendo dicho método: localizar una posición en un apilamiento vertical de ensamblaje, donde debe instalarse un elemento de sujeción unilateral; taladrar un orificio a través del apilamiento vertical de ensamblaje en la posición; avellanar el orificio a una profundidad especificada; operar una sonda calibrada para determinar al menos el parámetro asociado con uno o más del orificio y el apilamiento vertical próximo al orificio; insertar el elemento de sujeción unilateral en el orificio; aplicar un par torsión rotatorio al elemento de sujeción unilateral para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral; y comparar una medición del desplazamiento angular necesario para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral con un intervalo del desplazamiento angular indicativo de la instalación correcta del elemento de sujeción.
15
20

De manera ventajosa, comparar una medición del par torsión necesario para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral con una curva de par torsión-ángulo monitorizada.

De manera ventajosa, la comparación de una medición de desplazamiento angular necesario para completar la instalación comprende medir una cantidad de desplazamiento angular necesaria para fracturar un perno de núcleo durante la instalación para verificar la instalación correcta del elemento de sujeción.
25

De manera ventajosa, la localización de una posición en un apilamiento vertical de ensamblaje comprende: localizar una referencia en el apilamiento vertical de ensamblaje; y localizar la posición para la instalación del elemento de sujeción unilateral con respecto a la localización de referencia.

30 De manera ventajosa, la inserción del elemento de sujeción unilateral en el orificio comprende seleccionar un elemento de sujeción unilateral que tiene una longitud de agarre basándose en el espesor determinado del apilamiento vertical.

De manera ventajosa, la operación de una sonda calibrada comprende además al menos uno de entre verificar el diámetro del orificio taladrado y verificar la profundidad de avellanado asociada con el orificio taladrado.

35 De manera ventajosa, validar una desnivelación, un saliente, y un diámetro de bulbo de elemento de sujeción asociado con el elemento de sujeción instalado.

De manera ventajosa, la aplicación de un par al elemento de sujeción unilateral para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral comprende la rotación de un perno del elemento de sujeción hasta que una cabeza de accionamiento frangible se separa del resto del perno.

40 De acuerdo con otro ejemplo, se proporciona un método para verificar la instalación correcta del elemento de sujeción, comprendiendo dicho método: hacer rotar un perno del elemento de sujeción unilateral hasta que un par torsión necesario para hacer rotar el perno provoca que una cabeza de accionamiento del perno se separa del perno; medir una rotación del perno desde un punto donde se ha iniciado la rotación del perno, hasta un punto donde la cabeza de accionamiento se separa del perno; y comparar la rotación medida con una rotación esperada,
45 que verifique la instalación correcta del elemento de sujeción.

De manera ventajosa, la rotación de un perno del elemento de sujeción unilateral comprende formar un bulbo en un cuerpo de tuerca de una pieza asociada con el perno, formándose el bulbo en una parte trasera de un apilamiento vertical de ensamblaje.

50 De manera ventajosa, recibir una medición del par torsión a la que se separa la cabeza de accionamiento del perno; y comparar la medición de par torsión con una curva de intervalo de par torsión asociada con el elemento de sujeción.

De manera ventajosa, la rotación de la cabeza de accionamiento del perno se mide en grados.

5 De acuerdo con otro ejemplo, se proporciona un sistema de inserción de elemento sujeción que comprende: un dispositivo de procesamiento; y un sensor de ángulo de rotación acoplado comunicativamente a dicho dispositivo de procesamiento, pudiéndose dicho sistema operar para hacer rotar un perno de un elemento de sujeción unilateral hasta que un par torsión necesario para hacer rotar el perno provoca que la cabeza de accionamiento del perno se separe del perno, estando dicho dispositivo de procesamiento programado para: recibir mediciones de la rotación del perno por dicho sistema; determinar un ángulo de rotación en el que la cabeza de accionamiento se separe del perno; y comparar el ángulo de rotación en el que la cabeza de accionamiento se separe del perno con los valores conocidos asociados con el elemento de sujeción.

10 De manera ventajosa, el sistema de inserción de elemento de sujeción comprende además un sensor de par torsión acoplado comunicativamente a dicho dispositivo de procesamiento, estando dicho dispositivo de procesamiento programado para: recibir mediciones del par torsión usado por dicho sistema para hacer rotar el perno; determinar un par torsión en el que la cabeza de accionamiento se separe del perno; y comparar la medición de par torsión en la que la cabeza de accionamiento se separe del perno con los valores conocidos asociados con el elemento de sujeción.

15 Preferentemente, el dispositivo de procesamiento está programado para comparar la medición de par torsión y el ángulo de rotación a los que la cabeza de accionamiento se separe del perno con una curva de rotación de par torsión almacenada en una memoria para determinar si el elemento de sujeción se ha instalado correctamente.

20 Más preferentemente, la curva de rotación de par torsión se genera a partir de al menos uno de entre los datos de prueba de instalación de elemento de sujeción y los datos de ángulo de par torsión generados a partir de instalaciones de elemento de sujeción anteriores.

Las características, funciones y ventajas que se han tratado pueden conseguirse independientemente en diversas realizaciones o pueden combinarse en otras realizaciones adicionales cuyos detalles pueden verse haciendo referencia a la siguiente descripción y dibujos.

25 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es un diagrama de flujo de una metodología de producción y servicio de aeronaves.

La figura 2 es un diagrama de bloques de una aeronave.

La figura 3 es una ilustración de un elemento de sujeción unilateral insertado a través de un orificio en un ensamblaje.

30 La figura 4 es una ilustración del perno de la figura 3, habiéndose rotado la cabeza de accionamiento hasta que se forma un bulbo en el cuerpo de tuerca en la parte inferior del ensamblaje y la cabeza de accionamiento se ha separado del resto del perno.

35 La figura 5 es un diagrama que ilustra un sistema taladrado-llenado controlado numéricamente localizado en una localización de taladrado donde una capa delantera y una capa trasera de un ensamblaje se mantienen en posición una con respecto a otra.

La figura 6 es un diagrama que ilustra el sistema taladrado-llenado controlado numéricamente de la figura 5 que taladra un orificio a través del ensamblaje.

40 La figura 7 es un diagrama que ilustra el sistema taladrado-llenado controlado numéricamente de la figura 5 que usa una sonda calibrada para verificar el diámetro de orificio, el espesor de apilamiento, la profundidad del avellanado y similares en el ensamblaje.

La figura 8 ilustra una cabeza de alimentación de elemento de sujeción del sistema de taladrado-llenado que se usa para insertar un elemento de sujeción en el orificio.

La figura 9 muestra que el sistema de taladrado-llenado inserta el elemento de sujeción en el orificio hasta que una brida antirrotación toca la superficie delantera del ensamblaje.

45 La figura 10 ilustra el sistema de taladrado-llenado a medida que se opera el elemento de sujeción para formar un bulbo en la parte trasera del ensamblaje a través de la rotación del perno, así como la separación de la cabeza de accionamiento del perno.

La figura 11 es un diagrama de flujo que ilustra un método para ensamblar una estructura usando las realizaciones descritas.

La figura 12 es una representación gráfica ángulo-par torsión de la instalación del elemento de sujeción.

5 La figura 13 es un diagrama de un sistema de procesamiento de datos que incluye un sensor de par torsión y un sensor de ángulo de rotación.

Descripción detallada

10 Las realizaciones descritas están dirigidas a un proceso de taladrado-llenado unilateral que usa un elemento de sujeción unilateral. Como se describe adicionalmente en el presente documento, se taladra un orificio a través de un ensamblaje de apilamiento vertical, avellanado, y se toman medidas del avellanado, del diámetro del orificio y del espesor del ensamblaje de apilamiento vertical. El elemento de sujeción que tiene la longitud de agarre correcta se elige basándose en la medición del espesor y se instala todo en una etapa. Cuando una cabeza de accionamiento del elemento de sujeción se hace rotar para la instalación final, y finalmente se retira del perno a través de la aplicación del par torsión, dicho par torsión se monitoriza y se correlaciona con los datos de par torsión tomados en las pruebas y/o instalaciones anteriores de los elementos de sujeción para determinar si la instalación del elemento de sujeción se ha realizado o no correctamente. Como tal, no es necesaria ninguna inspección posterior a la instalación relacionada con el elemento de sujeción.

20 En las realizaciones, se mide una cantidad de rotación impartida a la cabeza de accionamiento hasta que se separa del resto del perno. Para una instalación adecuada del elemento de sujeción, se espera una cantidad específica de rotación, dentro de un intervalo. La rotación medida, por ejemplo, en grados, se mide y se compara con el intervalo de rotación esperado, por ejemplo, tal como se toma en las pruebas y/o en las instalaciones anteriores de los elementos de sujeción para determinar si la instalación del elemento de sujeción se ha realizado o no correctamente.

25 Haciendo referencia más específicamente a los dibujos, las realizaciones de la divulgación pueden describirse en el contexto de la fabricación de aeronaves y el método de servicio 100 como se muestra en la figura 1 y una aeronave 200, tal como se muestra en la figura 2. Durante la preproducción, la fabricación de aeronaves y el método de servicio 100 pueden incluirse la especificación y el diseño 102 de la aeronave 200 y la adquisición de material 104.

Durante la producción, tiene lugar la fabricación del componente y el subensamblado 106 y la integración de sistema 108 de la aeronave 200. Después de esto, la aeronave 200 puede pasar por la certificación y la entrega 110 con el fin de ponerse en servicio 112. Mientras está en servicio por un cliente, la aeronave 200 está programada para el mantenimiento y el servicio de rutina 114 (que también puede incluir modificación, reconfiguración, renovación, etc.).

30 Cada uno de los procesos del método de fabricación y de servicio de aeronaves 100 puede realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistemas, un tercero, y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, por ejemplo, sin limitación, cualquier número de proveedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una compañía de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicio, etc.

40 Como se muestra en la figura 2, la aeronave 200 producida por la fabricación de aeronaves y el método de servicio 100 puede incluir un fuselaje 202 con una pluralidad de sistemas 204 y el interior 206. Ejemplos de sistemas 204 incluyen uno o más de entre el sistema de propulsión 208, el sistema eléctrico 210, el sistema hidráulico 212 y el sistema ambiental 214. En este ejemplo puede incluirse cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación pueden aplicarse a otras industrias, tal como la industria automotriz.

45 Los aparatos y métodos incorporados en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las etapas de la fabricación de aeronaves y el método de servicio 100. Por ejemplo, sin limitación, pueden fabricarse o manufacturarse componentes o subensamblajes correspondientes a la fabricación de componentes y subensamblajes 106 de una de manera similar a los componentes o subensamblajes producidos mientras la aeronave 200 está en servicio.

50 Además, pueden usarse una o más realizaciones de aparatos, realizaciones del método, o una combinación de las mismas durante la fabricación del componente y el subensamblaje 106 y el sistema de integración 108, por ejemplo, sin limitación, acelerando sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el coste de la aeronave 200. De manera similar, una o más de las realizaciones de aparatos, las realizaciones de métodos o una combinación de las mismas puede usarse mientras la aeronave 200 está en servicio, por ejemplo, sin limitación, el mantenimiento y el servicio 114 pueden usarse durante la integración de sistema 108 y/o el mantenimiento y servicio 114 pueden usarse para determinar si las piezas pueden conectarse y/o acoplarse entre sí.

La descripción de las diferentes realizaciones ventajosas se ha presentado con fines de ilustración y descripción, y no pretende ser exhaustiva o estar limitada a las realizaciones en la forma desvelada. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la materia. Además, diferentes realizaciones ventajosas pueden proporcionar diferentes ventajas en comparación con otras realizaciones ventajosas. La realización o realizaciones seleccionadas se eligen y describen con el fin de explicar mejor los principios de las realizaciones, la aplicación práctica, y para permitir que otros expertos en la materia entiendan la divulgación de diversas realizaciones con diversas modificaciones que sean adecuadas para el uso específico contemplado.

La figura 3 es una ilustración de un elemento de sujeción unilateral 300 que se ha insertado en un ensamblaje 310, mostrado en la vista en corte, compuesto de una capa delantera 312 y una capa trasera 314. La capa trasera 314 tiene una parte trasera 316 y la capa delantera 312 tiene un lado delantero 318. El elemento de sujeción 300 incluye un cuerpo de tuerca 320 y un perno de núcleo 322. El perno de núcleo 322 incluye una parte inferior (no mostrada en la figura 3) que se extiende a través del cuerpo de tuerca 320 y una cabeza de accionamiento frangible 324. Una parte del cuerpo de tuerca 320 está formada como una pestaña antirrotación 330 con un patrón de rebaje antirrotación 332 formado en la misma. El cuerpo de tuerca 320 también incluye un bloqueo de rosca 334 para engranar las roscas (no mostrado en la figura 3) del perno de núcleo 322. El elemento de sujeción 300 se muestra en una configuración "lista para usar". Una vez finalizado el proceso de taladrado del orificio a través del ensamblaje 310, el elemento de sujeción 300 se inserta en el orificio hasta que la brida antirrotación 330 sea adyacente al lado delantero 318 de la capa delantera 312 como se muestra.

El elemento de sujeción 300 se inserta en el ensamblaje 310 usando un módulo efector de extremo. Un accionador del módulo de efector final incluye una o más herramientas sobresalientes que se engranan con el patrón de rebaje antirrotación 332 para evitar la rotación del cuerpo de tuerca 320 durante la instalación final cuando el accionador del módulo de efector final se engrana en la cabeza de accionamiento 324 e inicia la rotación del perno de núcleo 322.

Haciendo referencia ahora a la figura 4, como se hace rotar el perno de núcleo 322, el bloqueo de rosca 334 está obligado a moverse hasta las roscas 340 del perno de núcleo 322 provocando de este modo un bulbo 350 que se forma en una parte debilitada del cuerpo de tuerca 320, formándose el bulbo 350 sustancialmente adyacente al lado trasero 316 de la capa trasera 314. Como se entiende, tras la formación, el bulbo 350 opera sustancialmente de la misma manera que una tuerca convencional con un perno de núcleo 322 y la brida antirrotación mantiene juntas la capa delantera 312 y la capa trasera 314.

Una vez que el bulbo 350 está formado correctamente, la rotación del perno de núcleo se vuelve cada vez más difícil hasta que se alcanza un intervalo de par torsión específico, momento en el que la cabeza de accionamiento 324 se separa del resto 360 del perno central 322 que está configurado para estar sustancialmente al ras con la superficie delantera 318 del ensamblaje 310.

Volviendo ahora a las figuras 5-11, se describe adicionalmente el proceso para fabricar el ensamblaje 310. Como se ha mencionado anteriormente, el elemento de sujeción 300 (no mostrado en la figura 5) se usa para proporcionar una unión entre la capa delantera 312 y la capa trasera 314. Se usa un sistema de taladrado-llenado numéricamente controlado 510, que se localiza en una localización de taladrado, por ejemplo, usando un sistema de visión al menos parcialmente localizado en el efector final 520 para localizar un punto de referencia, tal como un orificio de referencia formado en el ensamblaje 310. En las realizaciones, el sistema de llenado de broca opera para presionar la capa delantera 312 y la capa trasera 314 entre sí y está programado para moverse a una localización de taladrado que se hace referencia con respecto al punto de referencia.

Como se muestra en la figura 6, el sistema de taladrado-llenado 510 se extiende en el módulo efector final 520 que incorpora una broca 522 hacia la capa delantera 312 y la capa trasera 314 y comienza a taladrar un orificio 524 a su través. En función del tipo de elemento de sujeción que se vaya a usar, el sistema de taladrado-llenado 510 puede operarse para proporcionar un avellanado (como se muestra) de tal manera que al completar la instalación del elemento de sujeción 300, el elemento de sujeción 300 y la superficie delantera 318 forman una superficie al ras.

La figura 7 ilustra que la broca 522 de sistema de taladrado-llenado 510 se ha quitado del orificio 524 y se ha reemplazado con una sonda calibrada 552. La sonda calibrada 552 y el sistema de taladrado-llenado 510 están automatizados y operan para comprobar el diámetro del orificio, espesor del apilado, la profundidad de avellanado, los huecos y similares entre la capa delantera 312 y la capa trasera 314.

Una vez que el sistema de taladrado-llenado 510 ha verificado que el ensamblaje 310 y el orificio 524 que se extienden a través del mismo cumplen las especificaciones, se usa una cabeza de alimentación de elemento de sujeción 560 por el sistema de taladrado-llenado 310 para insertar un elemento de sujeción 300 en el orificio 524, como se muestra en figura 8. En una realización, el sistema de taladrado-llenado 510 selecciona los elementos de sujeción 300 basándose en las mediciones de espesor descritas anteriormente, de tal manera que el elemento de sujeción 300 tiene una longitud de agarre correcta para el ensamblaje 310 en el que se está usando. En ciertas realizaciones, el sistema de taladrado-llenado 510 verifica la longitud del elemento de sujeción 300, y/o verifica que el elemento de sujeción 300 incorpora el tamaño y la longitud adecuados de roscas en el mismo.

La figura 9 muestra que el sistema de taladrado-llenado 510 inserta el elemento de sujeción 300 en el orificio 524. El elemento de sujeción 300 se inserta hasta que la brida antirotación 330 toca la superficie delantera 318 del ensamblaje 310 y el cuerpo de tuerca 320 se extiende desde el lado distal. La cabeza de alimentación de elemento de sujeción 560 también funciona como un accionador y se engrana con la brida antirrotación 330 para evitar la rotación del cuerpo de tuerca 320 durante la instalación final cuando el accionador se engrana a la cabeza de accionamiento 324 e inicia la rotación del perno de núcleo 322 hasta que se forma el bulbo 350 y la cabeza de accionamiento 324 se separa como se ha descrito anteriormente y como se muestra en la figura 10.

La figura 11 es un diagrama de flujo 600 que ilustra el método descrito anteriormente para ensamblar una estructura tal como el ensamblaje 310. El método incluye localizar 602 una posición en un apilamiento vertical de ensamblaje, donde debe instalarse un elemento de sujeción unilateral (por ejemplo, el elemento de sujeción 300), taladrar 604 un orificio a través de un apilamiento vertical de ensamblaje en la posición, avellanar 606 el orificio 524 a una profundidad específica, operar 608 una sonda calibrada 552 para determinar al menos un espesor del apilamiento vertical próximo al orificio, insertar 610 el elemento de sujeción unilateral en el orificio, aplicar 612 un par torsión al elemento de sujeción unilateral para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral, y comparar 614 una medición del par torsión necesario para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral con una curva de par torsión-ángulo monitorizada (a veces denominada curva de intervalo de torsión) para verificar la instalación correcta del elemento de sujeción.

Adicionalmente o como alternativa, el método puede incluir comparar una medición del desplazamiento angular necesario para fracturar la cabeza de accionamiento 324 del perno de núcleo 322 durante la instalación del elemento de sujeción unilateral 300 con un intervalo de desplazamiento angular indicativo de la instalación correcta del elemento de sujeción para verificar la instalación correcta del elemento de sujeción.

En las realizaciones, localizar 602 una posición en un apilamiento vertical de ensamblaje incluye localizar una referencia en el apilamiento vertical de ensamblaje, y localizar la posición para la instalación del elemento de sujeción unilateral con respecto a la localización de referencia. Además, la inserción del elemento de sujeción unilateral 300 en el orificio 524 incluye seleccionar un elemento de sujeción unilateral 300 que tiene una longitud de agarre basada en el espesor determinado del apilamiento vertical de ensamblaje 310.

Con respecto a la validación usando la sonda calibrada 552, como se describe en el presente documento, puede operarse para verificar el diámetro del orificio taladrado 524, verificar una profundidad de avellanado asociada con el orificio taladrado 524, y medir un espesor del ensamblaje 310 próximo al orificio 524. Otros procesos de validación pueden incluir, basándose en las mediciones del par torsión y del ángulo de rotación, una desnivelación y un saliente del elemento de sujeción y/o un diámetro de bulbo de elemento de sujeción asociado con el elemento de sujeción instalado.

Como se describe en el presente documento, las realizaciones están dirigidas a un elemento de sujeción 300 cuando se opera la aplicación del par torsión al elemento de sujeción 300 para completar la instalación del elemento de sujeción 300 a través de la rotación de un perno 322 del elemento de sujeción 300 hasta que una cabeza de accionamiento frangible 324 se separa lejos del resto del perno 322 debido a un aumento del par torsión necesario para hacer rotar el perno 322, que se debe además a que el bulbo está contra el lado trasero 316 del ensamblaje, de tal manera que el cuerpo de tuerca 320 ya no puede estirarse hasta el perno 322.

Las realizaciones también conducen a un método para verificar la instalación correcta del elemento de sujeción unilateral que incluye hacer rotar un perno 322 del elemento de sujeción unilateral 300 hasta un par torsión necesario para hacer rotar el perno 322 lo que provoca que una cabeza de accionamiento 324 del perno 322 se separa del mismo, recibir una medición del par torsión en el que la cabeza de accionamiento 324 se separa del perno 322 y comparar la medición de par torsión con una curva de par torsión-ángulo o intervalo de par torsión asociado con el elemento de sujeción 300 para verificar la instalación correcta del elemento de sujeción 300. La rotación de un perno del elemento de sujeción unilateral hace que se forme un bulbo 350 en un cuerpo de tuerca de una pieza 320 asociado con el perno 322 a formarse en la parte trasera de un apilamiento vertical de ensamblaje. Además, una rotación del perno 322 desde un punto donde se ha iniciado la rotación del perno 322, hasta un punto donde la cabeza de accionamiento 324 se separa del perno 322 puede medirse de tal manera que la rotación medida, por ejemplo, en grados, pueda compararse con una rotación esperada para verificar adicionalmente la instalación correcta del elemento de sujeción 300. Dicha medición de rotación también puede considerarse una verificación alternativa de la instalación correcta del elemento de sujeción.

La figura 12 es una representación gráfica de ángulo de par torsión 700 en relación con la instalación de diez elementos de sujeción 300. Como se muestra para nueve de los elementos de fijación 300, a unos 2250 grados de rotación (un poco más de seis rotaciones completas), el valor de par torsión se convierte en exponencial lo que indica que se ha formado el bulbo 350, y el perno 322 es difícil de rotar, lo que, tal como se describe en este caso, conduce a la separación de la cabeza de accionamiento 324 del perno 322. Mediante la monitorización de la rotación y/o el par torsión, y la comparación con los datos de prueba o los datos de instalaciones anteriores tal como un intervalo de par torsión, puede determinarse que un elemento de sujeción está instalado correctamente. Sin

embargo, para un décimo elemento de sujeción, la representación gráfica 710 indica un aumento en el par torsión después de menos de 1000 grados de rotación. Esto puede ser un indicador de una instalación incorrecta y es indicativo de, por ejemplo, una formación incorrecta del bulbo 350, la selección de un elemento de sujeción 300 incorrecto o defectuoso, o un problema con el orificio taladrado.

5 La figura 13 es un diagrama de un sistema de procesamiento de datos que podría incorporarse dentro del sistema de taladrado-llenado descrito anteriormente 510. En este ejemplo ilustrativo, el sistema de procesamiento de datos 300 incluye el tejido de comunicaciones 302, que proporciona las comunicaciones entre la unidad de procesador 304, la memoria 306, el almacenamiento persistente 308, la unidad de comunicaciones 310, la unidad de entrada/salida (E/S) 312 y la pantalla 314. El sistema de procesamiento de datos 300 puede incluir, tal como se
10 entiende a partir de una revisión de las realizaciones descritas en el presente documento, un sensor de par torsión 830 y un sensor de ángulo de rotación 840 colocados operativamente para su uso en la detección del par torsión necesario para romper una cabeza de accionamiento 324 y registrar el número de rotaciones de un perno 322 antes de que se rompa la cabeza de accionamiento 324. El sensor de par torsión 830 y el sensor de ángulo de rotación 840 pueden comunicarse a través de la unidad de comunicaciones 810 como se muestra o pueden comunicarse
15 directamente con la unidad de procesador 804 en otras realizaciones. Debería entenderse que el sistema de procesamiento de datos 800 no es más que una realización de un sistema de procesamiento de datos que podría usarse en las realizaciones descritas. Se conocen otras arquitecturas y configuraciones de sistemas de procesamiento de datos capaces de recibir datos de sensores desde el sensor de par torsión 830 y el sensor de ángulo de rotación 840.

20 Continuando, la unidad de procesador 804 sirve para ejecutar las instrucciones del software que puede cargarse en la memoria 806. La unidad de procesador 804 puede ser un conjunto de uno o más procesadores o puede ser un núcleo multiprocesador, en función de la implementación específica. Además, la unidad de procesador 804 puede implementarse usando uno o más sistemas de procesador heterogéneos en los que un procesador principal está presente con procesadores secundarios en un solo chip. Como otro ejemplo ilustrativo, la unidad de procesador 804
25 puede ser un sistema de multiprocesador simétrico que contiene múltiples procesadores del mismo tipo.

La memoria 806 y el almacenamiento persistente 808 son ejemplos de dispositivos de almacenamiento. Un dispositivo de almacenamiento es cualquier pieza de hardware que sea capaz de almacenar información de manera temporal y/o permanente. La memoria 806, en estos ejemplos, puede ser, por ejemplo, sin limitación, una memoria de acceso aleatorio o cualquier otro dispositivo de almacenamiento volátil o no volátil adecuado. El almacenamiento
30 persistente 808 puede tomar varias formas en función de la implementación específica. Por ejemplo, sin limitación, el almacenamiento persistente 808 puede contener uno o más componentes o dispositivos. Por ejemplo, el almacenamiento persistente 808 puede ser un disco duro, una memoria flash, un disco óptico regrabable, una cinta magnética regrabable o alguna combinación de los anteriores. Los medios usados por el almacenamiento persistente 808 también pueden ser extraíbles. Por ejemplo, sin limitación, puede usarse un disco duro extraíble
35 para el almacenamiento persistente 808.

La unidad de comunicaciones 810, en estos ejemplos, contempla la comunicación con otros sistemas o dispositivos de procesamiento de datos. En estos ejemplos, la unidad de comunicaciones 810 es una tarjeta de interfaz de red. La unidad de comunicaciones 810 puede proporcionar comunicaciones a través del uso de uno o ambos enlaces de comunicación físico e inalámbrico.

40 La unidad de entrada/salida 812 permite la entrada y salida de datos con otros dispositivos que pueden estar conectados al sistema de procesamiento de datos 800. Por ejemplo, sin limitación, la unidad de entrada/salida 812 puede proporcionar una conexión para la entrada de usuario a través de un teclado y ratón. Además, la unidad de entrada/salida 812 puede enviar una salida a una impresora. La pantalla 814 proporciona un mecanismo para mostrar información a un usuario.

45 Las instrucciones para el sistema operativo y las aplicaciones o programas se localizan en el almacenamiento persistente 808. Estas instrucciones pueden cargarse en la memoria 806 para su ejecución por parte de la unidad de procesador 804. Los procesos de las diferentes realizaciones pueden realizarse por la unidad de procesador 804 utilizando instrucciones implementadas por ordenador, que pueden localizarse en una memoria, tal como la memoria 806. Estas instrucciones se denominan como código de programa, código de programa utilizable por ordenador o
50 código de programa legible por ordenador que puede leerse y ejecutarse por un procesador en la unidad de procesador 804. El código de programa en las diferentes realizaciones puede realizarse en diferentes medios legibles por ordenador, físicos o tangibles, tales como la memoria 806 o el almacenamiento persistente 808.

El código de programa 816 se localiza en una forma funcional en un medio legible por ordenador 818 que es selectivamente extraíble y puede cargarse en o transferirse al sistema de procesamiento de datos 800 para su
55 ejecución por la unidad de procesador 804. El código de programa 816 y el medio legible por ordenador 818 forman un producto de programa informático 820 en estos ejemplos. En un ejemplo, el medio legible por ordenador 818 puede estar en una forma tangible, tal como, por ejemplo, un disco óptico o magnético que se inserta o se coloca en una unidad u otro dispositivo que forma parte del almacenamiento persistente 808 para transferirlo a un dispositivo

de almacenamiento, tal como un disco duro que forma parte del almacenamiento persistente 808. En una forma tangible, el medio legible por ordenador 818 también puede tomar la forma de un almacenamiento persistente, tal como un disco duro, una unidad de memoria o una unidad flash USB que está conectada al sistema de procesamiento de datos 800. La forma tangible del medio legible por ordenador 818 también se denomina como medio de almacenamiento regrabable por ordenador. En algunos casos, el medio legible por ordenador 818 puede no ser removible.

Como alternativa, el código de programa 816 puede transferirse al sistema de procesamiento de datos 800 desde el medio legible por ordenador 818 a través de un enlace de comunicaciones hasta la unidad de comunicaciones 810 y/o a través de una conexión a la unidad de entrada/salida 812. El enlace de comunicaciones y/o la conexión pueden ser físicos o inalámbricos en los ejemplos ilustrativos. El medio legible por ordenador también puede tomar la forma de un medio no tangible, tal como unos enlaces de comunicaciones o transmisiones inalámbricas que contienen el código del programa.

En algunas realizaciones ilustrativas, el código de programa 816 puede descargarse a través de una red al almacenamiento persistente 808 desde otro dispositivo o sistema de procesamiento de datos para su uso dentro del sistema de procesamiento de datos 800. Por ejemplo, el código de programa almacenado en un medio de almacenamiento legible por ordenador en un sistema de procesamiento de datos de servidor puede descargarse a través de una red desde el servidor al sistema de procesamiento de datos 800. El sistema de procesamiento de datos que proporciona el código de programa 816 puede ser un ordenador servidor, un ordenador cliente o algún otro dispositivo capaz de almacenar y transmitir el código de programa 816.

Los diferentes componentes ilustrados para el sistema de procesamiento de datos 800 no están destinados a proporcionar limitaciones arquitectónicas a la manera en la que pueden implementarse diferentes realizaciones. Las diferentes realizaciones ilustrativas pueden implementarse en un sistema de procesamiento de datos que incluye componentes además de o en lugar de los ilustrados para el sistema de procesamiento de datos 800. Otros componentes mostrados en la figura 13 pueden variar a partir de los ejemplos ilustrativos mostrados.

Como un ejemplo, un dispositivo de almacenamiento en el sistema de procesamiento de datos 800 es cualquier aparato de hardware que pueda almacenar datos. La memoria 806, el almacenamiento persistente 808 y los medios legibles por ordenador 818 son ejemplos de dispositivos de almacenamiento en forma tangible.

En otro ejemplo, puede usarse un sistema de bus para implementar el tejido de comunicaciones 802 y puede estar compuesto de uno o más buses, tales como un bus de sistema o un bus de entrada/salida. Por supuesto, el sistema de bus puede implementarse usando cualquier tipo de arquitectura adecuada que proporcione una transferencia de datos entre diferentes componentes o dispositivos conectados al sistema de bus. Además, una unidad de comunicaciones puede incluir uno o más dispositivos usados para transmitir y recibir datos, tal como un módem o un adaptador de red. Además, una memoria puede ser, por ejemplo, sin limitación, una memoria 806 o una caché tal como la que se encuentra en una interfaz y un concentrador de controlador de memoria que puede estar presente en el tejido de comunicaciones 802.

Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar diversas realizaciones, que incluyen el mejor modo, para permitir a cualquier experto en la materia poner en práctica aquellas realizaciones, incluyendo fabricación y el uso de los dispositivos o sistemas y realizando cualquiera de los métodos incorporados. El alcance patentable está definido por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la materia. Se pretende que esos otros ejemplos estén dentro del alcance de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales de los lenguajes literales de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para ensamblar una estructura (310), comprendiendo dicho método:

5 localizar una posición en un apilamiento vertical de ensamblaje donde debe instalarse un elemento de sujeción (300);
taladrar un orificio (524) a través del apilamiento vertical de ensamblaje en la posición;
avellanar el orificio a una profundidad especificada;
operar una sonda calibrada (552) para determinar al menos un parámetro asociado con uno o más del orificio y el apilamiento vertical próximo al orificio;
insertar el elemento de sujeción en el orificio;
10 **caracterizado por que** el elemento de sujeción es un elemento de sujeción unilateral y **por que** el método comprende además:

15 aplicar un par torsión rotatorio al elemento de sujeción unilateral para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral, en el que aplicar un par torsión al elemento de sujeción unilateral para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral comprende hacer rotar un perno del elemento de sujeción hasta que la cabeza de accionamiento frangible se separa del resto del perno;
comparar una medición del desplazamiento angular del elemento de sujeción unilateral necesario para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral con un intervalo de desplazamiento angular indicativo de la instalación correcta del elemento de sujeción; y
20 comparar una medición del par torsión necesario para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral con una curva ángulo-par torsión monitorizada para verificar la instalación correcta del elemento de sujeción.

2. El método de la reivindicación 1, en el que comparar una medición del desplazamiento angular necesario para completar la instalación comprende medir la cantidad de desplazamiento angular necesario para fracturar un perno de núcleo durante la instalación para verificar la instalación correcta del elemento de sujeción.

25 3. El método de la reivindicación 1, en el que localizar una posición en un apilamiento vertical de ensamblaje comprende:

localizar una referencia en el apilamiento vertical de ensamblaje; y
localizar la posición para la instalación del elemento de sujeción unilateral con respecto a la localización de referencia.

30 4. El método de la reivindicación 1, en el que insertar el elemento de sujeción unilateral en el orificio comprende seleccionar un elemento de sujeción unilateral que tiene una longitud de agarre basada en el espesor determinado del apilamiento vertical.

5. El método de la reivindicación 1, en el que operar una sonda calibrada comprende además al menos uno de entre verificar el diámetro del orificio taladrado y verificar la profundidad de avellanado asociada con el orificio taladrado.

35 6. El método de la reivindicación 1, que comprende además validar una desnivelación, un saliente y el diámetro de bulbo de elemento de sujeción asociado con el elemento de sujeción instalado.

7. Un sistema de inserción de elemento de sujeción configurado para:

40 localizar una posición en un apilamiento vertical de ensamblaje donde debe instalarse un elemento de sujeción (300);
usar una broca (522), para taladrar un orificio (524) a través del apilamiento vertical de ensamblaje en la posición;
avellanar el orificio a una profundidad especificada;
operar una sonda calibrada (552) para determinar al menos un parámetro asociado con uno o más del orificio y el apilamiento vertical próximo al orificio; y
45 usar la cabeza de alimentación de elemento de sujeción (560), para insertar el elemento de sujeción en el orificio;

caracterizado por que el elemento de sujeción es un elemento de sujeción unilateral, en el que el sistema puede operarse para aplicar un par torsión rotatorio al elemento de sujeción unilateral para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral, en el que aplicar un par torsión al elemento de sujeción unilateral para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral comprende hacer rotar un perno del elemento de sujeción hasta que la cabeza de accionamiento frangible se separa del resto del perno;
50 comprendiendo el sistema un dispositivo de procesamiento, un sensor de ángulo de rotación acoplado comunicativamente a dicho dispositivo de procesamiento y un sensor de par torsión acoplado comunicativamente a

dicho dispositivo de procesamiento, estando dicho dispositivo de procesamiento programado para:

- recibir mediciones de la rotación del perno por el sistema;
 - recibir mediciones del par torsión usado por dicho sistema para hacer rotar el perno;
 - 5 comparar una medición del desplazamiento angular del elemento de sujeción unilateral necesario para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral con un intervalo de desplazamiento angular indicativo de la instalación correcta del elemento de sujeción; y
 - comparar una medición del par torsión necesario para completar la instalación del elemento de sujeción unilateral con una curva ángulo-par torsión monitorizada para verificar la instalación correcta del elemento de sujeción.
- 10 8. El sistema de inserción de elemento de sujeción de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la curva ángulo-par torsión se genera a partir de al menos uno de entre los datos de prueba de instalación de elemento de sujeción y los datos de ángulo de par torsión generados a partir de instalaciones de elemento de sujeción anteriores.

FIG. 1

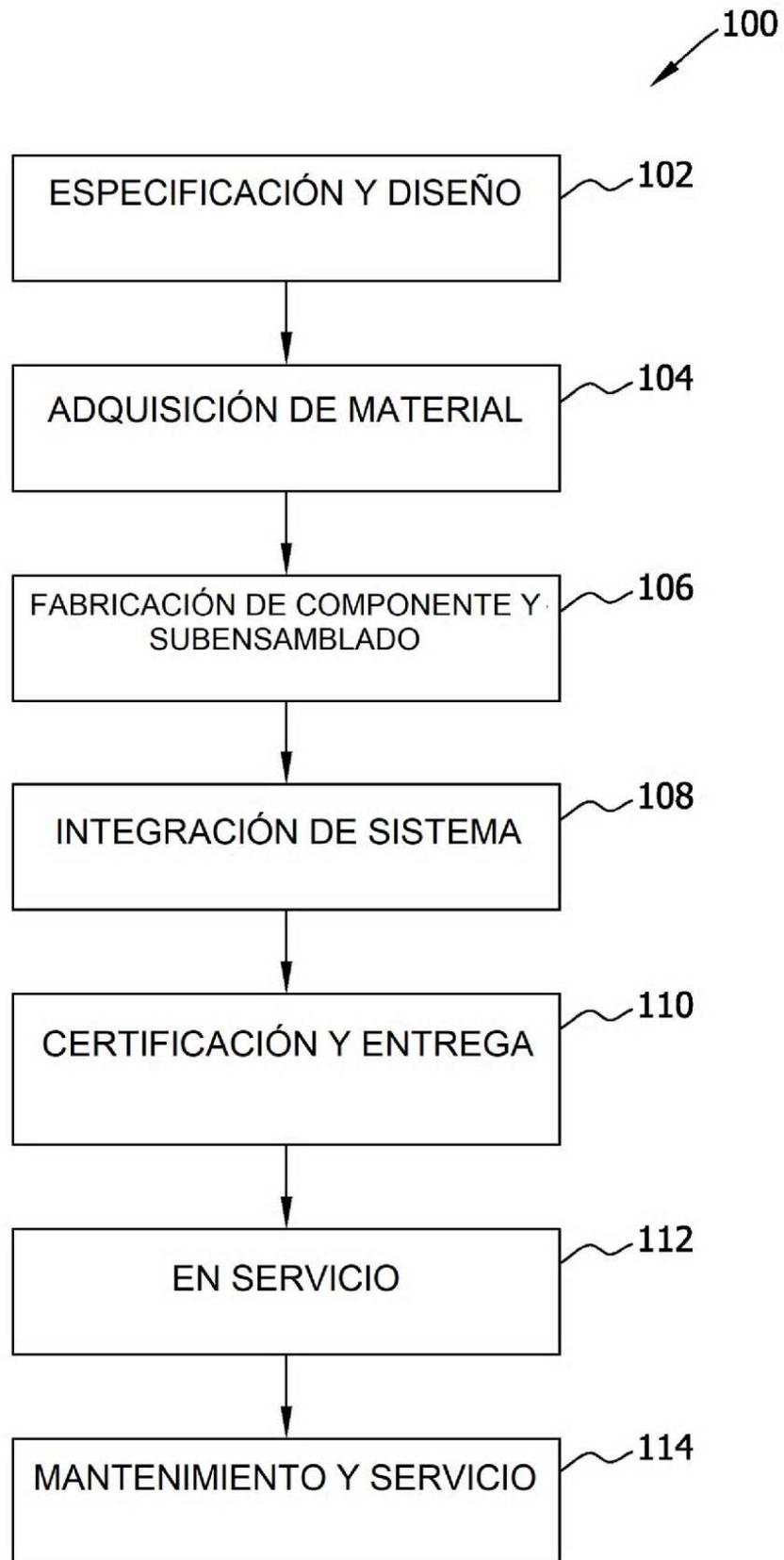


FIG. 2

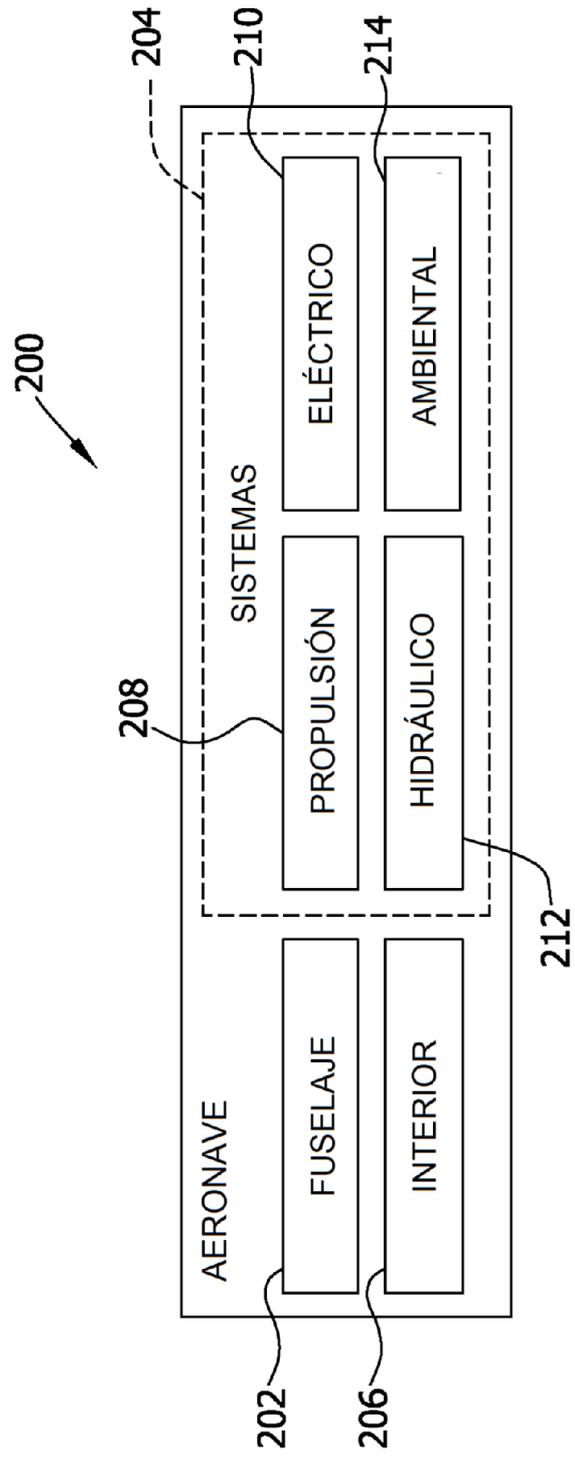


FIG. 4

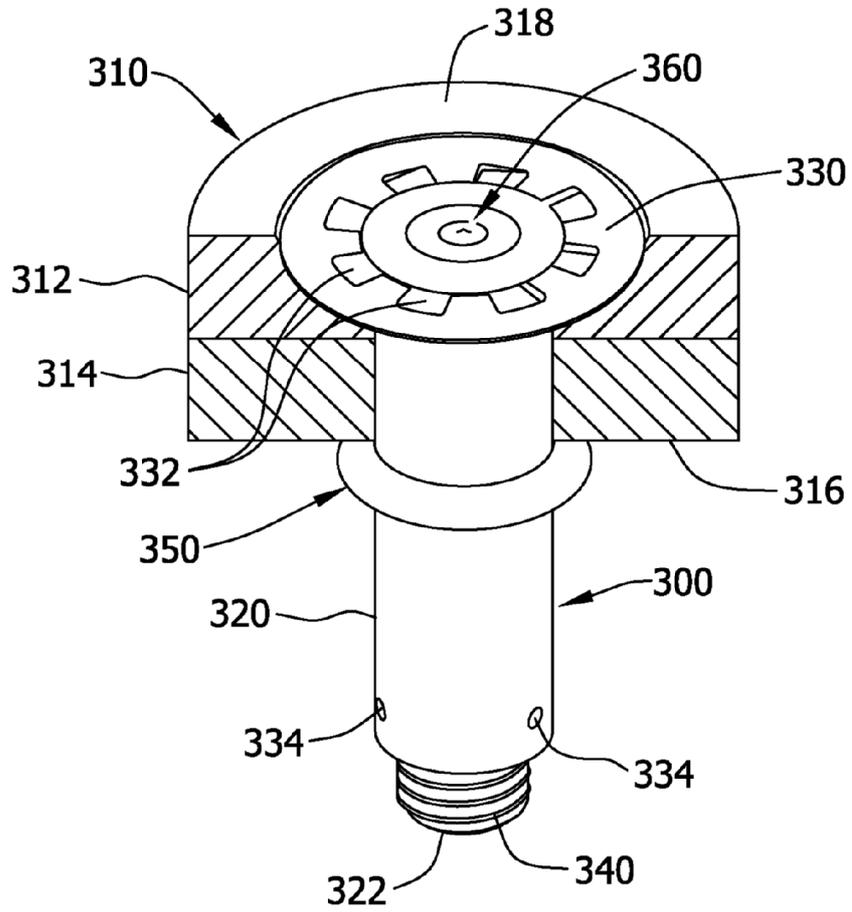


FIG. 5

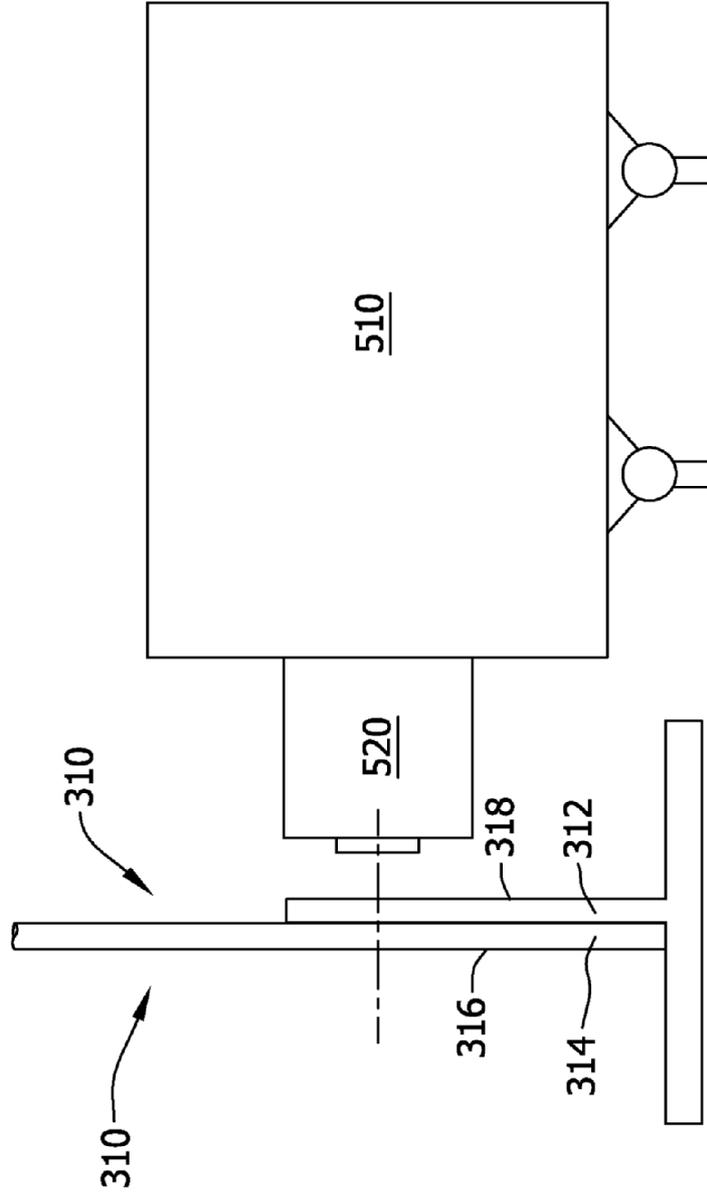


FIG. 6

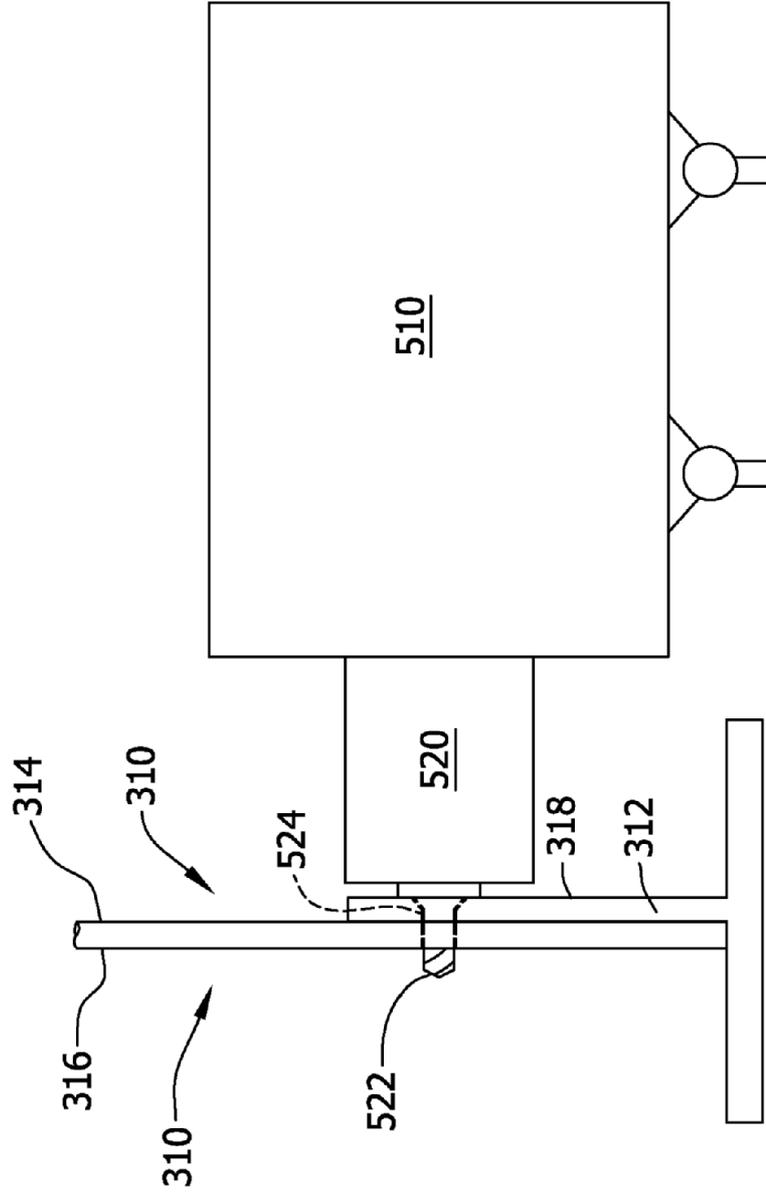


FIG. 7

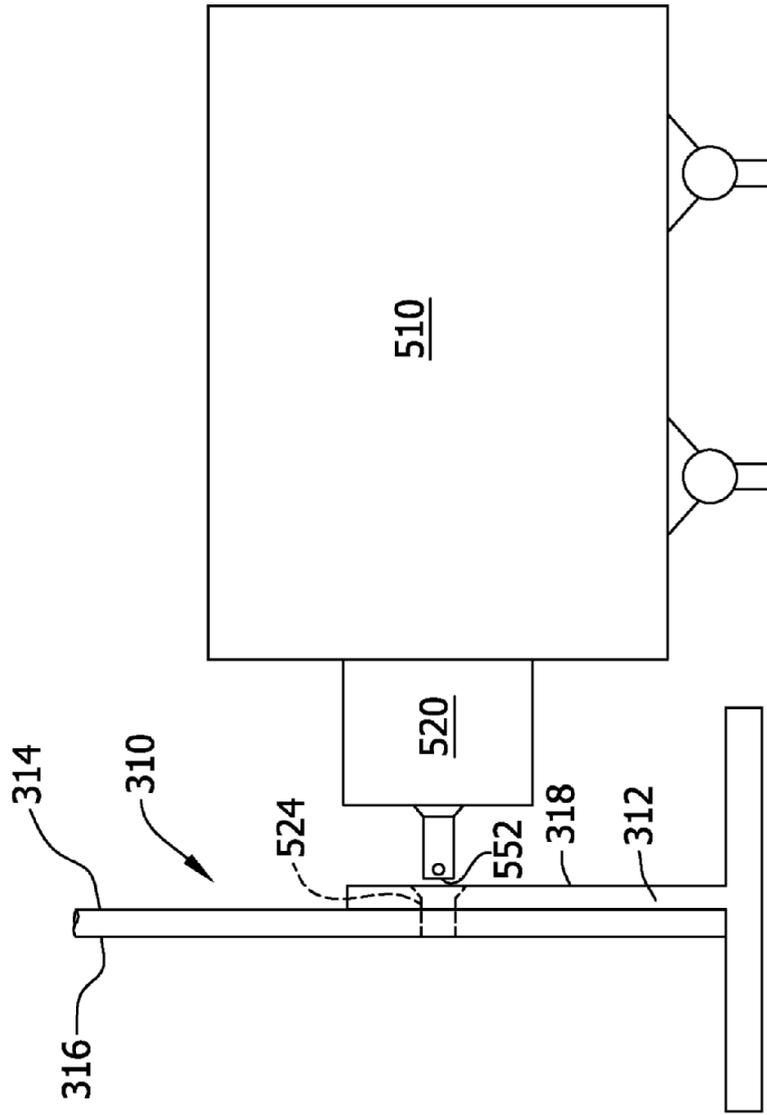


FIG. 8

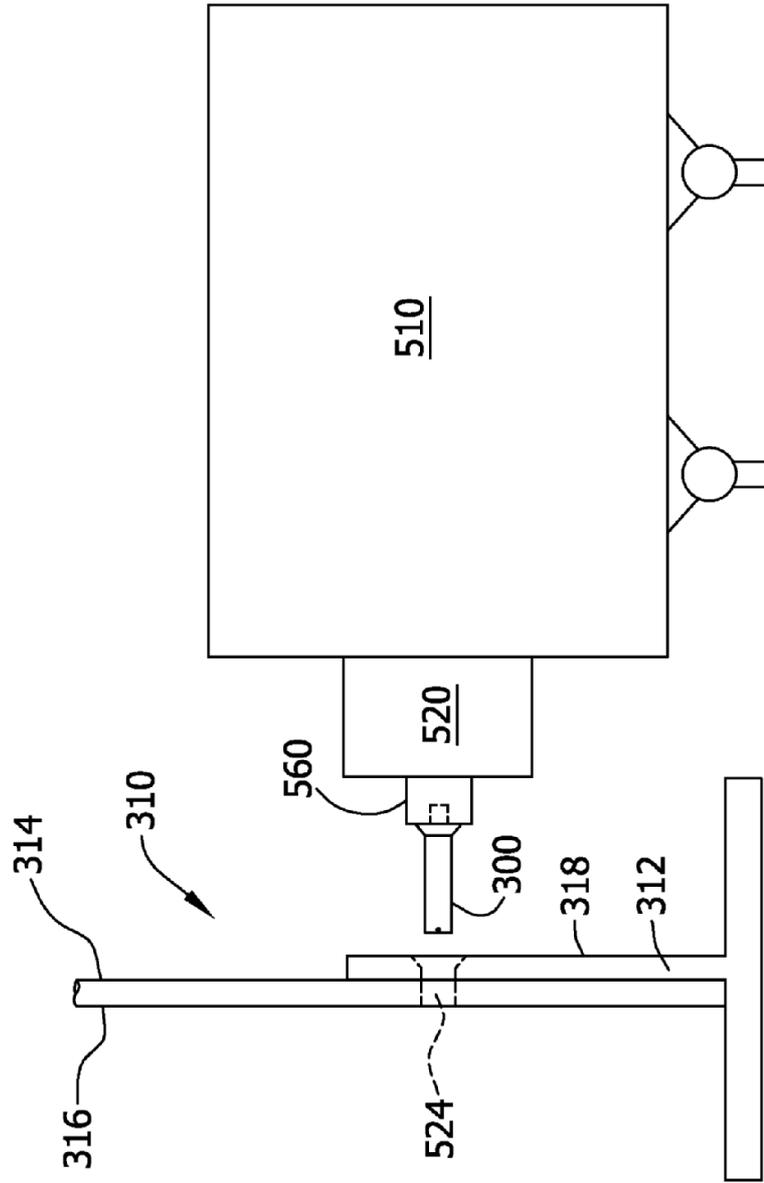


FIG. 9

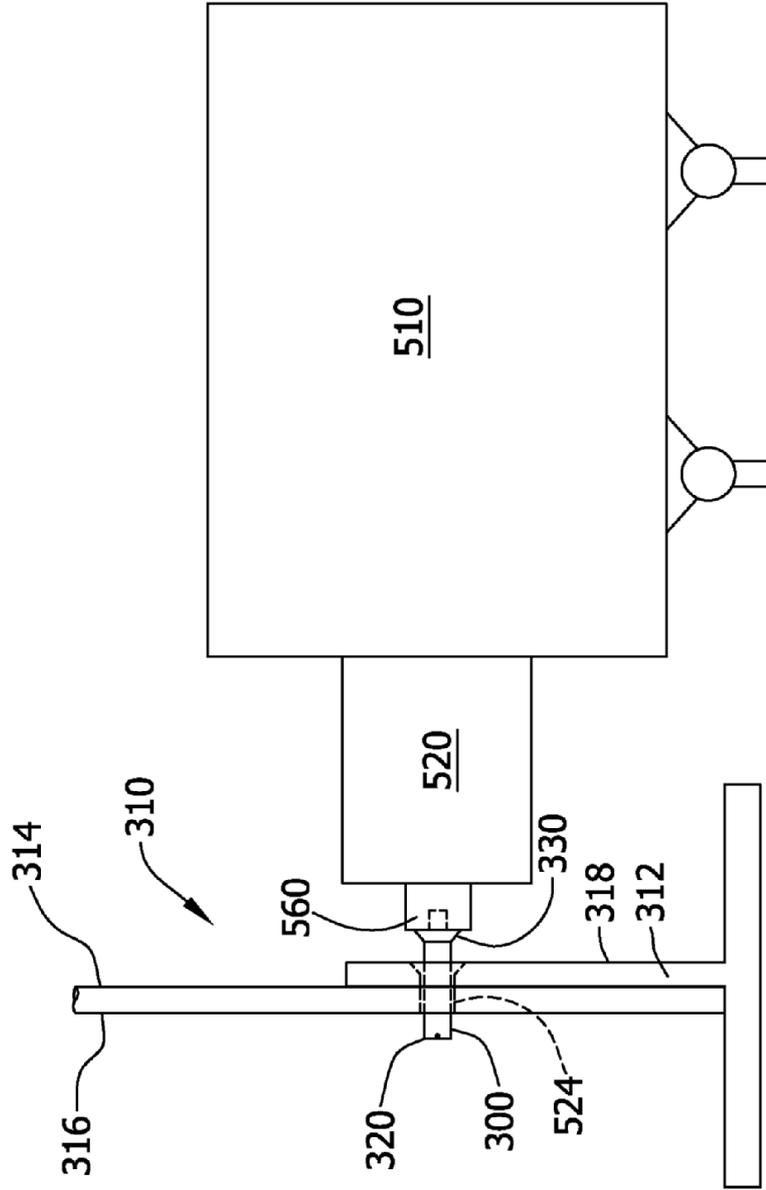


FIG. 11

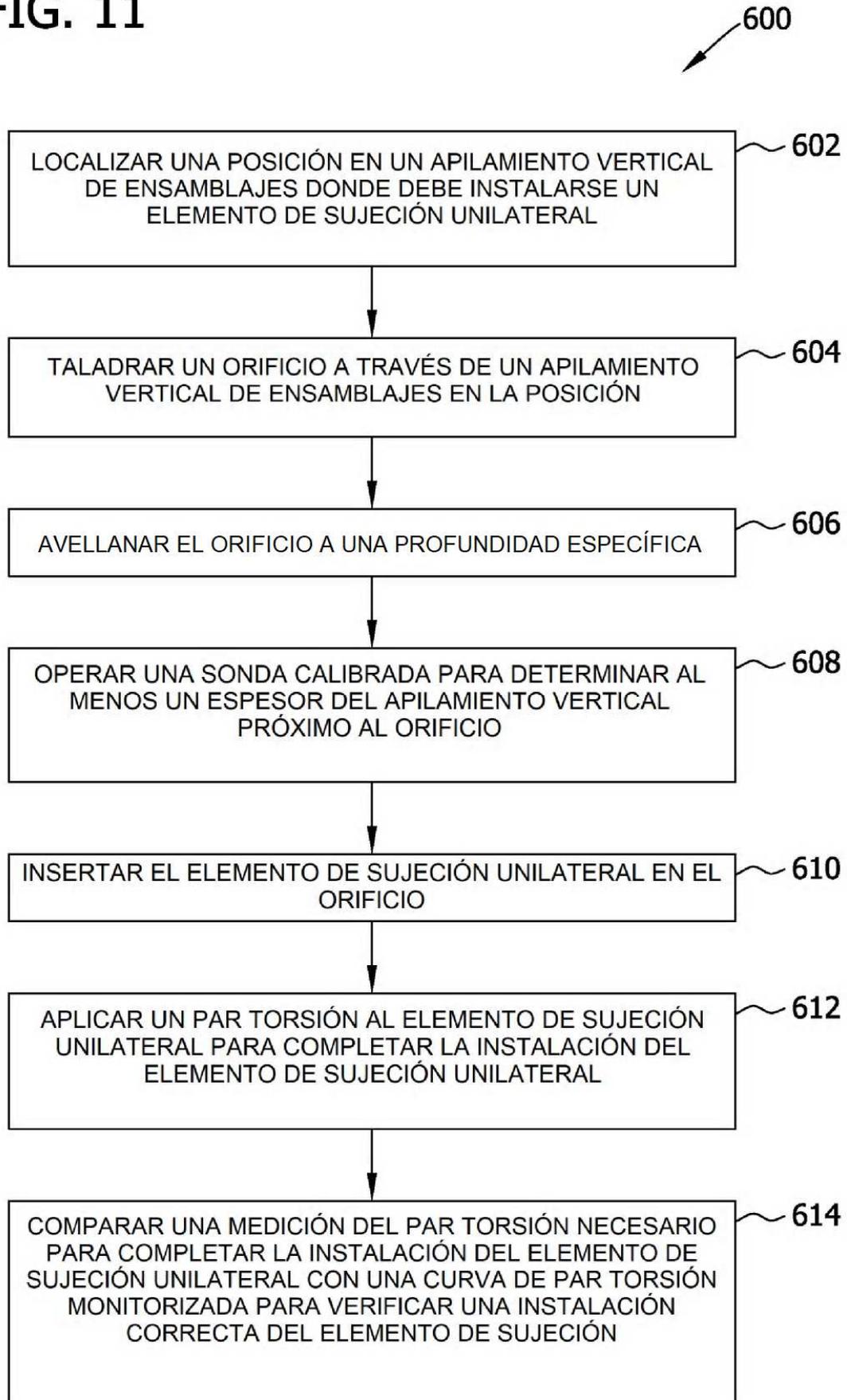


FIG. 12

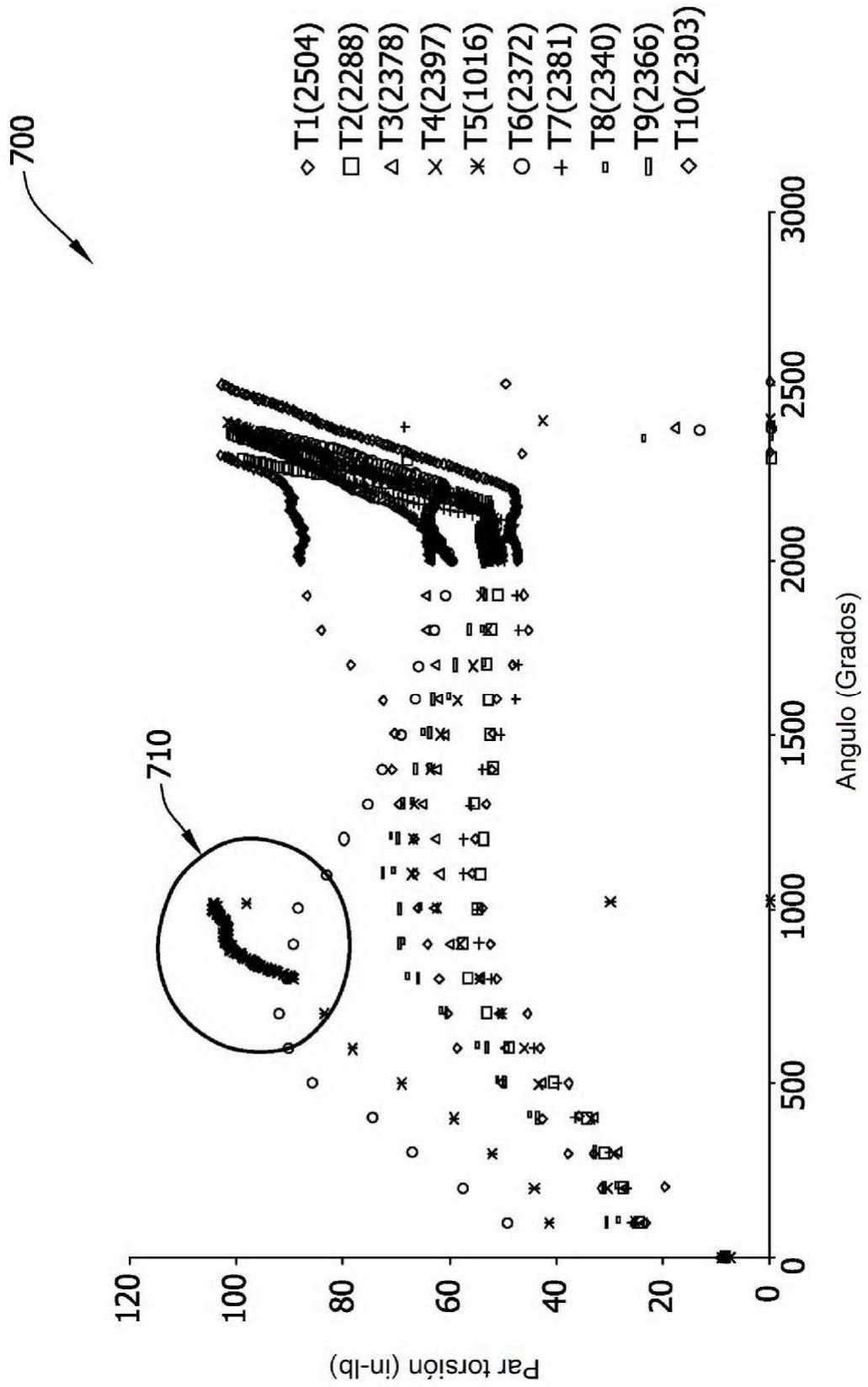


FIG. 13

