

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 636 786**

51 Int. Cl.:

F16L 13/02	(2006.01)
F16L 13/10	(2006.01)
F16L 25/01	(2006.01)
F16L 25/02	(2006.01)
F16L 25/03	(2006.01)
F16L 47/03	(2006.01)
F16L 47/24	(2006.01)
B64D 37/32	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.10.2012 PCT/US2012/062000**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **08.08.2013 WO13115860**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2012 E 12867350 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017 EP 2791565**

54 Título: **Casquillo protegido de descargas electrostáticas**

30 Prioridad:

16.12.2011 US 201113327850

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

09.10.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HANSOM, CHRISTOPHER MICHAEL;
IRWIN, JAMES P. y
KELLEY, NATHAN MICHAEL**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 636 786 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

Casquillo protegido de descargas electrostáticas

Campo de la divulgación

5 La divulgación se refiere en términos generales a componentes tubulares protectores, tales como tubos de combustible acoplados a otros componentes en el interior de tanques de combustible de un aeroplano de material compuesto, de rayos y descarga electrostática.

Antecedentes

10 Los aeroplanos se diseñan con frecuencia de un modo tal que los tanques de combustible se incorporen a las estructuras de ala. Esto requiere la instalación de componentes tubulares para transportar el combustible desde el tanque de combustible a diversas ubicaciones que son internas o externas al tanque de combustible. Con frecuencia, los componentes tubulares se deben interconectar con otros componentes tubulares o componentes del sistema, tales como bombas de combustible. Esto requiere un sistema para proteger los tubos de combustible de las descargas eléctricas en las interconexiones de los tubos que podrían resultar de las corrientes eléctricas generadas que fluyen a través de la tubería por carga electrostática, rayos, defectos, o cortocircuitos en el sistema eléctrico del aeroplano. El combustible del interior de un tanque de combustible es un material combustible y por lo tanto es necesario que los conectores de los tubos de combustible se protejan de las fuentes de ignición que pudieran resultar de tales descargas eléctricas.

20 En el interior de los tanques de combustible de los aeroplanos de aluminio tradicionales, las tensiones y corrientes transitorias asociadas por rayo a la tubería del interior de los tanques de combustible de aluminio son pequeñas, sin la suficiente energía para encender el vapor de combustible en el caso de una chispa. Sin embargo, con la transición de los componentes estructurales de los aeroplanos de metal a materiales compuestos no metálicos, la amenaza de fallos de efectos electromagnéticos ("EME") en los tanques de combustible de alas de material compuesto son por lo general más graves que en los tanques de combustible de alas de metal debido a la naturaleza no homogénea de los materiales compuestos y/o la menor conductividad intrínseca de las estructuras de material compuesto, pudiendo tal como resultado ambas (1) una mayor tensión inducida por rayo aplicada a los sistemas a través de las conexiones de los sistemas en la estructura de material compuesto, y (2) una mayor corriente inducida por rayo generada mediante estas tensiones en los sistemas internos que, si son suficientemente elevadas, pueden producir la formación de chispas en las interconexiones que integran los sistemas con suficiente energía para encender el vapor de combustible del interior de un tanque de combustible.

30 Los sistemas de combustible que previenen de las descargas eléctricas en los aeroplanos se conocen, por ejemplo, de los documentos de Patente US 2010/0003840 A1, EP 0 297 990 B1 y EP 2 034 228 A1.

Del documento de Patente US 2010/0003840 A1 se conoce además añadir nanotubos de carbono u otros materiales conductores al tubo aislante para conseguir los requisitos eléctricos, tales como ser lo suficientemente conductor para disipar la acumulación de carga electrostática y prevenir el acondicionamiento de alta tensión. Dicho

35 Se conoce un conjunto de casquillo del documento de Patente US 2010/0003840 A1. Este documento desvela proporcionar un tubo para transportar un fluido en el que se conectan acoplamientos a extremos opuestos del tubo. Los acoplamientos son casquillos de aluminio. Los casquillos se pueden conectar al tubo mediante un hilo, mediante unión adhesiva, por remachado o por engarzado.

40 Además, el documento de Patente EP 0 297 990 B1 desvela un tubo para circulación de un fluido inflamable, adaptado para montarse en una estructura, hecho al menos parcialmente de material aislante eléctrico, capaz de someterse a perturbación eléctrica de origen atmosférico, en el que el tubo comprende dos piezas extremas unidas y un cuerpo. Las piezas extremas están hechas de material conductor eléctrico. El tubo presenta al menos una sección aislante eléctrica. La sección puede estar constituida por dos manguitos aislantes, de los que uno está dispuesto en el interior de secciones extremas de un cuerpo de tubo, y el otro en el exterior.

45 El documento de Patente EP 2 034 228 A1 desvela un sistema de aislamiento eléctrico para un elemento lineal en un sistema de fluido sometido a riesgos de posibles descargas eléctricas externas, comprendiendo el sistema de aislamiento eléctrico una inserción aislante entre dos partes de dicho elemento lineal, en el que las partes tienen bordes ranurados que comprenden ranuras diametrales y ranuras longitudinales, en el que la inserción aislante es una pieza de material aislante formada mediante una técnica de inyección entre dichas partes, de un modo tal que se proporciona un conducto interno para el paso de fluido entre dichas partes y cubre dichos bordes ranurados, asegurando una unión estanca de la inserción aislante con las partes sin necesidad de medios específicos para ella tales como juntas o sellos de caucho.

Un objetivo de la invención es proporcionar un método mejorado de aislamiento de las líneas de combustible en un aeroplano.

El objetivo anterior se consigue mediante un método de instalación de líneas de combustible en un aeroplano de acuerdo con la reivindicación 1.

- 5 Se debería entender que el presente Sumario se proporciona para presentar una selección de conceptos de una forma simplificada que posteriormente se describen adicionalmente en la Descripción Detallada. No se pretende usar el presente Sumario para limitar el alcance de la materia objeto reivindicada.

10 La divulgación se refiere en términos generales a proporcionar componentes de conexión que proporcionan protección de rayo y electrostática según necesidades para líneas de combustible instaladas en un aeroplano y también proporciona un método fácil, barato, y eficaz de instalación, mientras que, para ahorrar peso, la cantidad de protección de rayo en términos de longitud mínima y resistencia mínima se puede ajustar al nivel de tensión inducida particular aplicada de tubo a tubo a través del aislante.

15 En una realización, un conjunto de casquillo incluye un casquillo que tiene una forma cilíndrica que tiene un primer extremo y un segundo extremo, incluyendo el primer extremo un primer reborde y un segundo reborde que forman un canal configurado para recibir una junta tórica. El conjunto de casquillo también incluye un tubo de aislamiento que comprende material no metálico configurado para recibir el segundo extremo del casquillo, en el que el tubo de aislamiento se configura para recibir un tubo de combustible y proporcionar una distancia separada entre el tubo de combustible y el casquillo.

20 En otra realización, un conjunto de conexión de tubo de combustible incluye un casquillo de forma cilíndrica que tiene un primer extremo y un segundo extremo, teniendo el primer extremo un primer reborde y un segundo reborde que forman un canal configurado para recibir una junta tórica. El conjunto de conexión de tubo de combustible también incluye un tubo de aislamiento y un tubo de combustible. El tubo de aislamiento incluye un material no conductor que tiene forma tubular sujeto al segundo extremo del casquillo. El tubo de combustible está sujeto al tubo de aislamiento, donde el tubo de aislamiento proporciona una distancia de separación entre el tubo de combustible y el casquillo configurada para prevenir un arco entre el tubo de combustible y el casquillo, en el que la conductividad electrostática del tubo de aislamiento se determina en parte mediante una carga conductora añadida al tubo aislante para proporcionar una resistencia eléctrica entre el tubo de combustible y el casquillo.

30 En otra realización, un método para instalar líneas de combustible en un aeroplano incluye las operaciones de sujetar un tubo de aislamiento a un primer tubo de combustible, sujetar un casquillo al tubo de aislamiento, instalar la primera sección de tubo de combustible en una estructura del aeroplano, y sujetar el casquillo a un componente del sistema de combustible, en el que cualquiera de las primeras tres operaciones se puede llevar a cabo en cualquier orden.

35 Las características, funciones, y ventajas que se han discutido se pueden conseguir independientemente en diversas realizaciones de la presente divulgación o se pueden combinar en otras realizaciones más, cuyos detalles adicionales se pueden observar por referencia a la siguiente descripción y figuras.

Breve descripción de las figuras

40 La FIGURA 1 ilustra las diversas realizaciones de la conexión de un tubo de combustible en el interior del ala de un aeroplano de acuerdo con diversas realizaciones que se desvelan en el presente documento, las FIGURAS 2A-2C ilustran una vista en sección transversal de un conjunto de conector de tubo de combustible de acuerdo con diversas realizaciones que se desvelan en el presente documento, la FIGURA 3 ilustra una vista posterior del conjunto de conector de tubo de combustible de acuerdo con al menos una realización desvelada en el presente documento, la FIGURA 4A ilustra una vista lateral de los componentes del conjunto de conector de tubo de combustible de acuerdo con una realización desvelada en el presente documento, 45 la FIGURA 4B ilustra una vista lateral del tubo de combustible de acuerdo con una realización desvelada en el presente documento, las FIGURAS 5A-5B ilustran una vista en sección transversal de un conjunto de conector de tubo de combustible de acuerdo con diversas realizaciones que se desvelan en el presente documento, la FIGURA 6 ilustra otra vista en sección transversal de un conjunto de conector de tubo de combustible de acuerdo con diversas realizaciones que se desvelan en el presente documento, y 50 la FIGURA 7 ilustra un flujo de proceso para instalar el conjunto de conector de tubo de combustible de acuerdo con una realización desvelada en el presente documento.

Descripción detallada

La siguiente descripción detallada se refiere en términos generales a un sistema de conector de tubo de combustible para conectar componentes tubulares, tales como los usados en la instalación de un tubo de combustible en el ala de un aeroplano, que protege frente a descargas eléctricas de sucesos transitorios electrostáticos e inducidos por rayo. Aunque se describe en el contexto de un aeroplano, los conceptos y la tecnología presentados en el presente documento se podrían aplicar a otras estructuras o aplicaciones, incluyendo plantas industriales, navíos, submarinos, u otros tipos de vehículos.

Un aeroplano incorpora con frecuencia tanques de combustible que se diseñan en las estructuras de ala, de un modo tal que las costillas de ala pueden ser parte de los tanques de combustible. Las líneas de combustible, en la forma de tubos de combustible, se requieren para transportar el combustible desde un tanque a otro o al motor. Las líneas de combustible pasan con frecuencia a través de mamparos o las costillas de ala y además pueden estar conectadas a diversos componentes del sistema de combustible, tales como bombas y válvulas, así como a los componentes del motor. Las líneas de combustible se instalan con frecuencia en secciones, dado que esto facilita la instalación, reparación, e inspección.

El sistema de combustible debe estar protegido de la ignición potencial del vapor de combustible o el combustible en cualquier punto del sistema de combustible. Las normas federales requieren "que una fuente de ignición no pueda ser resultado de cada fallo individual, de cada fallo individual en combinación con cada condición de fallo latente que no muestre ser extremadamente remota, y de todas las combinaciones de fallos que no muestren ser extremadamente improbables. Se deben considerar los efectos de variabilidad de fabricación, envejecimiento, desgaste, corrosión, y daños probables." (CFR 25.981(a)(3)). De ese modo, cualquier sistema para conectar secciones del tubo de combustible con diversos componentes debería proporcionar una protección adecuada electrostática y de rayo.

Una técnica para prevenir la ignición del vapor de combustible a partir de una posible chispa en una interconexión de tubería es detener el flujo de corriente a través de la tubería para prevenir la aparición de la chispa o limitar la energía de la chispa a un nivel seguro. En esta técnica, se evita que la corriente eléctrica fluya a través de la tubería insertando elementos aislantes en línea en la tubería con el suficiente aislamiento para alejarse de la tensión de rayo aplicada a la tubería a través de las conexiones de la tubería a la estructura de material compuesto del aeroplano. Se pueden insertar módulos comprendidos por elementos aislantes tubulares con acoplamientos a ambos lados de los elementos para conexión en un sistema de tubería en la tubería del interior de un tanque de combustible para proporcionar aislamiento eléctrico. Estos módulos con acoplamientos pueden ser pesados y pueden proporcionar más aislamiento eléctrico que el que se necesita para la aplicación.

En una realización desvelada en el presente documento para ahorrar peso, un elemento aislante tubular se sujeta permanentemente al tubo de combustible en un extremo y un acoplamiento en el otro extremo para interconexión a un sistema de tubo. A continuación se ajustan la longitud mínima y la resistencia eléctrica mínima a través del elemento aislante para proporcionar el aislamiento necesario para alejarse de la tensión de rayo anticipada y prevenir el salto de corriente sobre el elemento aislante o la ruptura a través del elemento. Además, se especifica la resistencia eléctrica máxima para permitir suficiente toma de tierra electrostática a través del aislante.

La longitud aislante mínima para un elemento aislante particular se puede especificar mediante la tensión de rayo particular que debe soportar el aislante de tubo a tubo sin salto de corriente al vacío para un aeroplano que vuela a una altitud particular. La altitud puede ser 12192 m [40.000 ft] para rayo. En este caso, la longitud para un elemento particular puede variar de 1,27 cm [0,5 pulgadas] para soportar 1000 V de tubo a tubo a 7,62 cm [3 pulgadas] para soportar 5000 V de tubo a tubo. El límite mínimo pueden ser 0,2 pulgadas a 400 V.

La resistencia mínima para un elemento aislante particular se puede especificar mediante la tensión de rayo particular que el aislante debe soportar de tubo a tubo sin tensión de ruptura ni conducción indeseable de corriente inducida por rayo a través del material aislante. En este caso la resistencia para un elemento particular puede variar de 20 k Ω para soportar 1000 V de tubo a tubo a 0,5 pulgadas de distancia de separación de tubo a casquillo a 100 k Ω para soportar 5000 V de tubo a tubo a 3 pulgadas (7,62 cm) de separación. Las diferentes resistencias para soportar diferentes tensiones se pueden determinar por extrapolación de lo indicado anteriormente. El límite inferior puede ser 8 k Ω para soportar 400 V a 0,2 pulgadas (0,508 cm) de separación.

La resistencia eléctrica máxima para un elemento aislante particular puede ser 100 M Ω de tubo a tubo para todas las longitudes de los elementos. Sin embargo, en los casos de longitudes muy cortas de elemento aislante, menor o igual a 1,27 cm [0,5 pulgadas] se puede omitir la resistencia eléctrica máxima. En este caso no se puede confiar en que el elemento aislante proporcione una ruta de toma de tierra electrostática a través de la tubería interconectada.

Un contexto para aplicar los conceptos del presente documento se muestra en la FIGURA 1. En la FIGURA 1, un tubo **120** de combustible pasa a través de una estructura de ala que comprende una colección de costillas **110a-**

110c. Las costillas **110a-110c** (denominadas colectivamente **110**) son generalmente similares en perfil y están espaciadas. La estructura de ala exterior y el reborde cercano al exterior del tanque fuera borda no se muestran por claridad. El tubo **120** de combustible pasa generalmente perpendicular a las costillas, a lo largo de la longitud de la estructura de ala; aunque en otros casos puede pasar formando un ángulo con las costillas. Se proporciona una serie de aberturas **125a-125c** (denominadas colectivamente **125**) en las costillas para acomodar el tubo de combustible. El punto de "paso a través" es donde el tubo **120** de combustible pasa a través de la abertura **125** en una estructura. Las aberturas **125** deben ser lo suficientemente grandes para permitir que el tubo de combustible se incline con un ángulo y se pueda manejar alrededor cuando se instala.

El tubo de combustible puede estar hecho de secciones que están conectadas conjuntamente usando los conjuntos **104**, **106**, y **108** de conector de tubo de combustible. Los conjuntos **104**, **108** de conector se pueden usar para conectar dos secciones de tubo de combustible conjuntamente, o se puede usar un conjunto **104** de conector para conectar un tubo de combustible a una bomba **102**, válvula, u otro componente que no es el tubo de combustible.

Las costillas **110** pueden ser internas o externas al tanque de combustible. En algunas realizaciones, el tanque de combustible se puede configurar dentro del ala de un modo tal que el tanque de combustible incorpore las costillas. En otras realizaciones, los tanques de combustible se pueden situar entre costillas adyacentes y conectarse de mediante uno o más tubos de combustible.

El tubo de combustible se debe proteger no solo de las descargas eléctricas causadas por tensiones inducidas por rayo entre el tubo **120** de combustible y la estructura **110** (por ejemplo, costillas), sino también de las descargas eléctricas causadas por la corriente inducida por rayo en los conjuntos de conector en las interconexiones entre las secciones individuales del tubo **106**, **108** de combustible. Los aislantes que se desvelan en el presente documento se usan para bloquear la corriente inducida por rayo en las secciones del tubo de combustible para prevenir descargas eléctricas en las interconexiones del conector. Sin embargo, cuando se usan aislantes de este modo, el elemento aislante del aislante se debe diseñar para prevenir descargas eléctricas de las tensiones de rayo inducidas tubo a tubo a través de los aislantes.

Los conjuntos **104**, **106**, y **108** de conector que se muestran en la FIGURA 1 son ilustrativos de la forma en la que se usan los componentes de conector. El conjunto de conector comprende, en una realización, un componente macho sujeto al tubo de combustible, un componente hembra sujeto a un acoplador, conjunto de válvula, conjunto de bomba, etc. En otra realización, el conjunto de conector comprende un componente hembra sujeto a un tubo de combustible en cada lado del conector. Los conceptos que se desvelan en lo sucesivo se centran en el componente macho, que se denomina en el presente documento conjunto de casquillo. El conjunto de casquillo puede estar sujeto al tubo de combustible, formando un conjunto de conexión de tubo de combustible.

Aunque los principios y conceptos del presente documento se describen con el conjunto de casquillo sujeto a un tubo de combustible, los principios y conceptos se pueden aplicar a otras aplicaciones. Por ejemplo, el tubo podría transportar diversas formas de otros líquidos, y el conjunto de casquillo se podría sujetar a otros componentes, a diferencia de tubería. De ese modo, es posible que el conjunto de casquillo se pueda usar para conectar directamente dos componentes de sistema de combustible conjuntamente, donde uno incorpora el conjunto de casquillo, y el otro incorpora el receptáculo hembra. Esto se podría usar, por ejemplo, para interconectar una bomba y un conjunto de válvula en forma de módulo, pero sin usar un tubo. Los expertos en la materia sin duda serán capaces de usar las enseñanzas de la divulgación del presente documento para aplicar los principios y conceptos a otras aplicaciones.

Volviendo a las FIGURAS 2A-2C, la FIGURA 2A ilustra una vista en sección transversal de una realización de un conjunto **200** de casquillo EME. El conjunto **200** de casquillo comprende, en esta realización, tres componentes principales: un casquillo **210**, un tubo **220** de aislamiento (también denominado en el presente documento "aislante"), y un tubo **230** de extensión (también denominado en el presente documento "extensión"). Estos tres componentes se sujetan al tubo **240** de combustible. Dado que la FIGURA 2A es una vista en sección transversal de los componentes, la parte superior representada en la FIGURA 2A es una imagen especular de la parte inferior. Con fines de referencia, el lado izquierdo de un componente en la FIGURA 2A (y las demás figuras) se denominará lado "delantero", y el lado derecho del componente en la FIGURA 2A se denominará lado "trasero". El uso de estos términos no debería implicar ninguna restricción con respecto a la dirección del flujo, y no debería implicar ninguna restricción en cuanto a la orientación de los componentes en forma inversa (por ejemplo, el lado delantero se podría reposicionar en el lado derecho en otras vistas).

El casquillo **210** comprende un primer extremo y un segundo extremo, comprendiendo el primer extremo un reborde delantero **202** y comprendiendo el segundo extremo un reborde trasero **206** que forman un canal **204** para contener una junta tórica (no se muestra en la FIGURA 2). La junta tórica sirve para asegurar que no se produzca ninguna pérdida de combustible sellando el casquillo **210** con el interior de un acoplador (no se muestra en la FIGURA 2). El casquillo comprende una parte **208** de cuerpo principal, una parte de la que **216** se inserta en una ranura profunda dentro del tubo **220** de aislamiento. En una realización, el casquillo está hecho de metal, tal como aluminio, o una aleación de aluminio. Se podrían usar otros metales, tales como titanio. En otras realizaciones más, el casquillo

puede estar hecho de plástico.

El tubo **220** de aislamiento sirve para alejarse de la tensión inducida por rayo y eliminar la posibilidad de una descarga eléctrica entre el casquillo **210** y la línea **240** de combustible. En algunas realizaciones, para tubos de aislamiento cortos (por ejemplo, $\leq 1,27$ cm [0,5 pulgadas]) el tubo de aislamiento puede estar hecho, en una
 5 realización, de PEEK (también denominado polieteretercetona) o PEKK (polietercetonaacetona), que es normalmente no conductor u otro material dieléctrico adecuado. En otras realizaciones para tubos de aislamiento cortos y largos (por ejemplo, $> 1,27$ cm [5 pulgadas]), se puede añadir una carga conductora al material no conductor para proporcionar conductividad eléctrica mejorada para controlar la resistencia eléctrica de casquillo al tubo de extensión a través del tubo de aislamiento para caer dentro de un intervalo permisible. Esto se puede conseguir añadiendo
 10 partículas de metal molido, negro de humo u otro material conductor adecuado al material que forma el tubo de aislamiento. La conductividad eléctrica mejorada puede permitir la relajación de cualquier carga electrostática que se pueda desarrollar en el tubo de aislamiento y una ruta de toma de tierra electrostática a través del tubo de aislamiento entre las secciones individuales del tubo interconectado mediante el conjunto de casquillo.

La resistencia mínima para un elemento aislante particular se puede especificar mediante la tensión de rayo particular que el aislante debe soportar desde tubo a tubo sin ruptura de tensión ni conducción indeseable de corriente inducida por rayo a través del material aislante. En este caso una resistencia para un elemento particular puede variar de 20 k Ω para soportar 1000 V de tubo a tubo a 0,5 pulgadas (1,27 cm) de distancia de separación de extensión tubo a casquillo a 100 k Ω para soportar 1000 V de tubo a tubo a 3 pulgadas (7,62 cm) de separación. Se pueden determinar diferentes resistencias para soportar diferentes tensiones por extrapolación de lo indicado
 15 anteriormente. Un límite mínimo puede ser 8 k Ω para soportar 400 V a 0,2 pulgadas (0,508 cm) de separación.

La resistencia eléctrica máxima para un elemento aislante particular puede ser 100 k Ω de tubo a tubo para todas las longitudes de elementos. Sin embargo, en los casos de longitudes muy cortas de elemento aislante, menores o iguales a 1,27 cm [0,5 pulgadas], se puede omitir la resistencia eléctrica máxima. En este caso no se puede contar con que el elemento aislante proporcione una ruta de toma de tierra electrostática a través de la tubería interconectada.
 25

En otras realizaciones, el tubo de aislamiento puede estar hecho de cantidades proporcionales de carbono, vidrio, o fibras reforzadas con Kevlar™, con o sin los aditivos conductores en una resina, material termoplástico o cualquier otro material de unión. De ese modo, la selección del material usado para el tubo **220** de aislamiento puede tener impacto en la forma en que se sujetan el tubo de aislamiento y el casquillo.

El tubo **220** de aislamiento tiene una tira **222** delantera exterior y una tira **224** delantera interior que forman una ranura para recibir el casquillo **210**. El tubo de aislamiento puede tener una tira **225** exterior y una tira **227** interior correspondientes en el lado trasero (es decir, el lado derecho de la FIGURA 2). En algunas realizaciones, el tubo de aislamiento puede ser simétrico de delante a atrás, de un modo tal que no sea crítico en cuanto a la ranura que recibe el casquillo **210**.
 30

La ranura formada por la tira **225** exterior trasera y la tira **227** interior trasera recibe un tubo **230** de extensión, que también puede estar hecho de metal, tal como aluminio, u otros metales. En otras realizaciones, el tubo de extensión puede estar hecho de plástico, fibra de carbono, u otros materiales. En una realización, como se muestra en la FIGURA 2, el tubo **230** de extensión es un tubo recto de forma cilíndrica. El tubo **230** de extensión se fija sobre el tubo **240** de combustible, que también puede ser de aluminio, otros metales, o plástico. Si el tubo de extensión y el tubo de combustible están hechos de metal, por lo general están hechos del mismo metal de un modo tal que no exista reacción galvánica entre el tubo de extensión y el tubo de combustible. Además, por lo general el casquillo **210** está hecho del mismo material dado que puede estar en contacto con otro metal, marca, un acoplador, que por lo general también está hecho del mismo metal.
 35
 40

El tubo **220** de aislamiento puede comprender una sección central que produce una distancia **250** de separación que se define como la distancia entre el casquillo y el tubo **230** de extensión cuando ambos se insertan en el tubo **220** de aislamiento. La distancia de separación proporciona aislamiento eléctrico entre el casquillo **210** de metal y el tubo **230** de extensión metálico. La distancia de separación puede ser cualquiera de 0,2 pulgadas (0,508 cm) a 3,0 pulgadas (7,62 cm) en diversas realizaciones dependiendo del tamaño del tubo de combustible y la protección de extensión de rayo deseada. Por ejemplo en una realización, a altitudes de 12192 m [40K pies] la distancia de separación en los tanques de combustible puede ser 7,62 cm [3,0 pulgadas] para soportar 5000 V de casquillo a tubo de extensión. En otras realizaciones, la distancia de separación puede ser de 1,27 cm [0,5 pulgadas] para soportar 1000 V de casquillo a tubo de extensión. Cuanto mayor es la distancia de separación, mayor es la protección que se proporciona de la tensión inducida por rayo entre el casquillo **210** y el tubo **230** de extensión. Un límite mínimo puede ser (0,508 cm) 0,2 pulgadas a 400 V. El valor exacto dependerá de la tensión inducida por rayo
 45
 50
 55 que se espera entre el casquillo **210** y el tubo **230** de extensión, la altitud a la que se usa el aislante, y el gas en el que se usa el aislante.

La distancia de separación se puede aumentar más de la requerida para proporcionar un nivel adicional de protección. Sin embargo, si la distancia es más corta de la requerida, entonces no se puede conseguir el nivel deseado de protección de rayo.

5 En la FIGURA 3 se proporciona una vista posterior del conjunto **200** de casquillo en el punto A-A. Volviendo a la FIGURA 3, la vista posterior aparece como una serie de círculos concéntricos, que comprende el tubo **240** de combustible, que está circundado por el tubo **230** de extensión, que a su vez está circundado por la tira **225** exterior del tubo **220** de aislamiento. Por último, es visible el reborde trasero **206**. En otras realizaciones, el reborde trasero puede no ser visible.

10 La FIGURA 2B ilustra otra realización de un conjunto **260** de casquillo. En esta realización, el casquillo **210** se inserta en una ranura del tubo **220** de aislamiento. Sin embargo, en esta realización, el tubo de extensión no está presente. En su lugar, el tubo de aislamiento recibe el tubo **240** de combustible. Esta realización evita usar un componente adicional, pero puede implicar procesamiento adicional del tubo de combustible para preparar el tubo de combustible para que se conecte al tubo de aislamiento, como se observará posteriormente. Además, en esta
15 realización, el hombro **241** creado por el tubo de aislamiento y el tubo de combustible forma un área que puede alterar el flujo de combustible, y reducir el diámetro neto relativo en el tubo de combustible.

Para abordar el problema, se muestra otra realización en la FIGURA 2C. En esta realización, el tubo **240** de combustible se procesa para formar un extremo en forma de campana. En otras palabras, este extremo del tubo de combustible tiene un diámetro mayor en comparación con las otras partes del tubo de combustible. La parte del tubo **243** de combustible en el interior de la ranura del tubo **220** de aislamiento se prolonga en diámetro comenzando en el punto **244** de deformación. Esto permite que el diámetro **247** del tubo de combustible y el diámetro del tubo **249** de aislamiento sean de un valor próximo, si no igual, de un modo tal que el flujo de combustible no se restrinja o altere en la unión del tubo **220** de aislamiento y el tubo **240** de combustible.
20

El casquillo **210** y el tubo **230** de extensión que se muestran en la FIGURA 2A también se muestran en la FIGURA 4A. La FIGURA 4A representa una vista lateral de estos componentes e ilustra la estructura que de otro modo está oculta por el tubo **220** de aislamiento. En la FIGURA 4A, el casquillo **210** se muestra con el reborde delantero **202**, el canal **204**, y el reborde trasero **206**. El cuerpo principal **206** se muestra con porciones tapadas por el tubo **220** de aislamiento. La línea discontinua **412** representa el punto en el que el tubo de aislamiento se deslizaría sobre la parte posterior del cuerpo principal. La parte posterior comprende una serie de orificios **410a**, **410b**, y **410c** (denominados colectivamente **410**). Los orificios **410** están, en una realización, espaciados de forma regular alrededor de la circunferencia del casquillo. En una realización, puede haber ocho orificios. Otras realizaciones pueden tener más o menos, y pueden ser de diferente forma o configuración.
25
30

El tubo **230** de extensión también tiene una serie de orificios **452a - 452c** (denominados colectivamente **452**) en la pared lateral **458**. La línea discontinua anterior **455** identifica la porción del tubo de extensión que está dentro de la ranura del tubo de aislamiento. La línea discontinua posterior **457** identifica dónde se inserta el tubo de combustible dentro del tubo de extensión. Los orificios **410**, **452** están involucrados en la unión del casquillo **210** y el tubo **230** de extensión al tubo de aislamiento. En la realización de acuerdo con la invención, se usa soldadura térmica para sujetar los componentes. El calor aplicado al tubo de aislamiento fundirá partes de la tira interior y la tira exterior en y alrededor de los orificios **410**, **452** del casquillo **210** (y también el tubo **230** de extensión) para sellar y sujetar mecánicamente los componentes conjuntamente. En otra realización, se usa un adhesivo colocado en la ranura, y además entra en y alrededor de los orificios **410**, **452** alteran los componentes se unen conjuntamente. Se pueden usar otros mecanismos para sujetar, incluyendo remaches, tornillos, tornillos roscados alrededor del casquillo y el tubo de extensión, o ajuste por fricción.
35
40

El tubo **230** de extensión se puede sujetar al tubo de combustible (no se muestra en la FIGURA 4A) mediante 10 compresiones mecánicas ("engarzado") del tubo **230** de extensión alrededor del tubo **240** de combustible. Esto da como resultado una unión mecánica de ajuste por fricción. Cuando se engarza, el tubo de extensión puede incluir las mismas ranuras en el diámetro interior que ya se han usado en la industria para casquillos para proporcionar un cierre mecánico para asegurar los tubos después del proceso de engarzado. En otras realizaciones, se pueden usar selladores, adhesivos, u otros medios para sujetar el tubo **230** de extensión con el tubo **240** de combustible o conjuntamente con engarzado.
45

Volviendo a las FIGURAS 2B y 2C, estas ilustran el tubo de combustible directamente insertado en el tubo **220** de aislamiento. Algunas realizaciones pueden implicar crear orificios **452** similares en el tubo de combustible para facilitar la unión. Una realización de un tubo de combustible con orificios situados en un extremo se muestra en la FIGURA 4B. En la FIGURA 4B, el tubo **240** de combustible se muestra con una serie de orificios **472a-472c** en una pared lateral **475** del cuerpo. Los orificios **472a-472c** en el tubo **240** de combustible se usan conjuntamente con soldadura térmica del tubo **230** de aislamiento con el tubo **240** de combustible. Este proceso se puede evitar usando un tubo de extensión que se puede engarzar o sujetar de otro modo al tubo de combustible.
50
55

Las realizaciones anteriores usan ranuras formadas en el tubo de aislamiento para recibir el casquillo, el tubo de extensión, o el tubo de combustible. En otra realización, el tubo de aislamiento no tiene ranuras, sino que en su lugar se desliza sobre, o dentro de, los demás componentes. Una realización tal se muestra en la FIGURA 5A.

5 Volviendo a la FIGURA 5A, en esta realización, el casquillo **510** comprende la misma forma de perfil que se ha descrito anteriormente, pero no existen los orificios **410** presentes en las paredes laterales del casquillo. De ese modo, el casquillo tiene una forma cilíndrica con paredes sólidas. El tubo **520** de aislamiento también tiene una forma cilíndrica con paredes sólidas. El tubo comprende una parte **541** en forma de campana que se delimita a partir de la parte remanente del tubo final **540** mediante el hombro **542**.

10 En esta realización, el casquillo se puede unir al tubo **520** de aislamiento mediante un adhesivo, soldadura térmica, o soldadura por fricción, así como también se puede unir el tubo **520** de aislamiento al tubo **540** de combustible. El tubo **520** de aislamiento se puede hacer de cantidades proporcionales de carbono, vidrio, o fibras reforzadas con Kevlar™ u otro material. El adhesivo puede ser un epoxi, basado en resina, u otro tipo adecuado. El espaciado **250** de separación en este tipo de construcción puede permitir un espaciado mayor y puede ser modificable para componentes de mayor diámetro. El tubo **520** de aislamiento se puede ayudar en su posicionamiento dentro del tubo de combustible mediante la existencia del hombro **532**. Esto asegura que el tubo de aislamiento no se inserte demasiado lejos dentro del tubo de combustible. En una realización, el tubo **520** de aislamiento se inserta a una distancia en el tubo **540** de combustible que es suficiente para proporcionar suficiente rigidez y resistencia. El casquillo **210** se puede deslizar sobre el tubo **520** de aislamiento a una distancia similar o diferente para proporcionar suficiente rigidez y resistencia. Estas distancias se pueden expresar como proporciones del diámetro del casquillo y el tubo de aislamiento (por ejemplo, un 75 %). Sin embargo, otras realizaciones pueden usar distancias o proporciones diferentes.

25 En otra realización mostrada en la FIGURA 5B, se pueden formar los collares **523** y **525** de detención sobre la superficie del tubo **525** de aislamiento. De nuevo, se pueden usar adhesivos, soldadura térmica, o soldadura por fricción para sujetar el tubo **525** de aislamiento al casquillo **210**, así como el tubo **525** de aislamiento al tubo **240** de combustible. El uso de las detenciones **523**, **525** de collar asegura que el tubo **525** de aislamiento no se inserte demasiado lejos dentro del tubo **230** de combustible, y que el casquillo **210** se sitúe de forma apropiada sobre el tubo **230** de aislamiento. En algunas realizaciones, el ancho del collar de detención se puede configurar de forma diferente para resistencia. En otras realizaciones el collar de detención puede llenar el vacío completo entre el casquillo y el tubo. La altura del collar de detención se puede configurar para eliminar la posibilidad de salida accidental en servicio. Esta realización no requiere que el tubo **240** de combustible tenga un extremo en forma de campana formado antes del conjunto.

35 En la FIGURA 5B, el diámetro del tubo **555** de aislamiento es menor que el del tubo **557** de combustible, de un modo tal que puede haber turbulencia en el flujo de fluido causada por el hombro **559** en el punto de unión. En otra realización, que se muestra en la FIGURA 6, el tubo **240** de combustible tampoco tiene un extremo en forma de campana. En esta realización, el tubo de aislamiento se inserta sobre el tubo **240** de combustible, y la formación de una campana en el tubo **620** de aislamiento asegura la profundidad apropiada. La distancia **250** de separación se puede determinar mediante el espaciado entre el casquillo **210** y el tubo **240** de combustible. También se puede emplear una detención de collar (no se muestra en la FIGURA 6) para asegurar el posicionamiento apropiado del casquillo sobre el tubo **620** de aislamiento. De nuevo, en esta realización, se puede usar adhesivo para sujetar los componentes conjuntamente.

45 En cada una de las realizaciones anteriores, el tubo **620** de aislamiento está hecho de un material no conductor que proporciona aislamiento en línea entre el tubo de combustible y los demás componentes a los que está conectado el tubo de combustible. El tubo **620** de aislamiento proporciona una distancia de separación eléctrica para que se impida el salto de corriente superficial. Se puede proporcionar un grado de relajación de descarga electrostática usando un aditivo conductor en el material dieléctrico, y en el adhesivo, si se usará. El aditivo se puede basar en carbono, plata, níquel, negro de humo, u otras partículas. De acuerdo con una realización, un intervalo de resistencia a lo largo del tubo de aislamiento puede ser de 100 kΩ a 100 MΩ a 5000 V para una distancia de aislamiento de 3 pulgadas (7,62 cm). Otras realizaciones pueden tener un intervalo de 8 kΩ a 10 MΩ a 400 V para una distancia de aislamiento de 0,2 pulgadas (0,508 cm). Ambas realizaciones asumen el uso a una altitud de 40.000 ft (12192 m).

50 Un método para usar los componentes identificados anteriormente se muestra en la FIGURA 7, que desvela un proceso para instalar un conjunto de tubo de combustible. El proceso de la FIGURA 7 comienza con la operación **702** de sujetar el tubo **220** de aislamiento al tubo **240** de combustible. En esta realización, se supone que no se utiliza ningún tubo de extensión. Si se utiliza un tubo **230** de extensión, entonces el tubo **230** de extensión se puede sujetar en primer lugar al tubo **240** de combustible. El tubo **220** de aislamiento se puede sujetar al tubo **240** de combustible usando adhesivos, engarzado, o soldadura térmica dependiendo de la realización usada.

En la operación **704**, el casquillo **210** se sujeta al tubo **220** de aislamiento. El casquillo **210** se puede sujetar al tubo **220** de aislamiento usando adhesivos, engarzado, o soldadura térmica dependiendo de la realización usada.

Una vez se han unido los componentes en la operación **706**, el tubo de combustible con el conjunto **200** de casquillo se puede insertar en la estructura de ala, u otra estructura que pueda ser el caso. Por lo general, el conjunto **200** de casquillo se sujeta a continuación a un acoplador para acoplamiento con otra sección del tubo **240** de combustible, o se une a una conexión en un componente del sistema de combustible, tal como una bomba, válvula de control, etc.

- 5 Las operaciones que se describen en la FIGURA 7 se pueden producir en un orden diferente. Por ejemplo, la operación **704** de sujetar el casquillo al tubo de aislamiento se puede producir antes de la operación **702** de sujetar el tubo de aislamiento al tubo de combustible. Además, la operación **706** de insertar el tubo de combustible en la estructura de ala se puede producir antes de la operación **702**. De ese modo, existen diversas permutaciones del orden en el que se pueden producir las operaciones en la FIGURA 7.
- 10 De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación se proporciona un conjunto de conexión de tubo de combustible que comprende un casquillo de forma cilíndrica que tiene un primer extremo y un segundo extremo, comprendiendo el primer extremo un primer reborde y un segundo reborde que forman un canal configurado para recibir una junta tórica, un tubo de aislamiento que comprende un material no conductor que tiene una forma tubular sujeto al segundo extremo del casquillo, y un tubo de combustible sujeto al tubo de aislamiento, en el que el tubo de
- 15 aislamiento proporciona una distancia de separación entre el tubo de combustible y el casquillo, en el que la conductividad electrostática del tubo de aislamiento se determina en parte mediante una carga conductora añadida al tubo aislante para proporcionar una resistencia eléctrica entre el tubo de combustible y el casquillo. De forma ventajosa el tubo de aislamiento comprende al menos uno de material de carbono, vidrio o fibra de Kevlar. De forma ventajosa el tubo de aislamiento se sujeta al tubo de combustible mediante uno de adhesión usando un adhesivo, soldadura por fricción, soldadura
- 20 térmica, o engarzado. De forma ventajosa se proporciona una distancia de separación de al menos 0,508 cm [0,2"]. De forma ventajosa el tubo de combustible tiene un diámetro mayor en un extremo del tubo de combustible configurado para recibir el tubo de aislamiento. De forma ventajosa el tubo de aislamiento tiene una resistencia eléctrica que entra dentro del intervalo de 8 kΩ a 100 kΩ. De forma ventajosa el tubo de aislamiento se sujeta por
- 25 adhesión y el adhesivo comprende partículas de metal o negro de humo para disipar la carga estática.

De acuerdo con un aspecto adicional más de la presente divulgación se proporciona un conjunto de casquillo que comprende un casquillo que comprende una forma cilíndrica que tiene un primer extremo y un segundo extremo, comprendiendo el primer extremo un primer reborde y un segundo reborde que forman un canal configurado para recibir una junta tórica y un tubo de aislamiento que comprende material no metálico configurado para recibir el

30 segundo extremo del casquillo, en el que el tubo de aislamiento está configurado para recibir un tubo de combustible y proporcionar una distancia de separación entre el tubo y el casquillo. De forma ventajosa, el casquillo es un casquillo de metal y se sujeta al tubo de aislamiento mediante una de adhesión usando un adhesivo, soldadura térmica, o soldadura por fricción. El conjunto de casquillo de la reivindicación 2, en el que el tubo de extensión está sujeto al tubo de aislamiento mediante una de adhesión usando un adhesivo, soldadura térmica, o soldadura por

35 fricción. El conjunto de casquillo de la reivindicación 1, en el que el tubo de combustible comprende metal y además comprende una sección de cuerpo que comprende una pluralidad de orificios en una pared lateral del tubo de combustible.

De forma ventajosa los orificios en el tubo de combustible están llenos con material del tubo de aislamiento formando un cierre mecánico. De forma ventajosa el tubo de extensión comprende metal y comprende además una sección de

40 cuerpo que comprende una pluralidad de orificios en una pared lateral del tubo de extensión. De forma ventajosa el tubo de aislamiento comprende PEEK o PEKK. De forma ventajosa del tubo de aislamiento y el tubo de extensión se han convertido en conductores por adición de carga conductora para proporcionar conductividad electrostática, en los que la conductividad electrostática se usa para controlar la resistencia eléctrica y para entrar dentro de un intervalo permisible a través del tubo de aislamiento desde el casquillo al tubo de extensión o el tubo de combustible.

45 De forma ventajosa la distancia de separación es al menos 0,508 cm [0,2 pulgadas] y está configurada para soportar un salto de corriente a través del aire desde el casquillo al tubo de extensión o el tubo de combustible a 400 voltios a 12.192 m [40.000 pies]. De forma ventajosa la distancia de separación es al menos 7,62 cm [3 pulgadas] y está configurada para soportar un salto de corriente a través del aire desde el casquillo al tubo de extensión o el tubo de combustible a 5000 voltios a 12.192 m [40000 pies]. De forma ventajosa el tubo de aislamiento que comprende

50 PEEK o PEKK (o cualquier otro material adecuado) se ha convertido en conductor por adición de carga conductora para proporcionar conductividad electrostática. De forma ventajosa la carga conductora se usa para controlar la resistencia eléctrica de modo que entre dentro de un intervalo permisible a través del tubo de aislamiento desde el casquillo al tubo de extensión o el tubo de combustible. De forma ventajosa el intervalo permisible de la resistencia eléctrica a través del tubo de aislamiento no excede un límite superior de 100 megaohmios. De forma ventajosa el

55 límite inferior del intervalo permisible de la resistencia eléctrica a través del tubo de aislamiento es no menos de 8000 ohmios a 400 voltios cuando la distancia de separación es al menos 0,508 cm [0,2 pulgadas]. De forma ventajosa el límite inferior del intervalo permisible de la resistencia eléctrica a través del tubo de aislamiento es no menos de 100.000 ohmios a 5000 voltios cuando la distancia de separación es al menos 7,62 cm [3 pulgadas].

REIVINDICACIONES

1. Un método para instalar líneas de combustible en un aeroplano que comprende las operaciones de:

- 5 - proporcionar un casquillo (210) que comprende una forma cilíndrica que tiene un primer extremo y un segundo extremo, comprendiendo el primer extremo un primer reborde (202) y un segundo reborde (206) que forman un canal (204) configurado para recibir una junta tórica, en el que el casquillo (210) comprende una parte (208) de cuerpo principal, en el que la parte (208) de cuerpo principal comprende una parte posterior en el segundo extremo del casquillo, en el que la parte posterior de la parte (208) de cuerpo principal comprende una pluralidad de orificios (410) en una pared lateral del casquillo;
- 10 - proporcionar un tubo (220) de aislamiento que comprende material no metálico y configurado para recibir la parte posterior del casquillo, en el que el tubo (220) de aislamiento comprende una primera tira interior (224) y una primera tira exterior (222), en el que la primera tira interior y la primera tira exterior forman una ranura para recibir la parte posterior del casquillo (210) y
- 15 - proporcionar un primer tubo (240) de combustible,
- en el que el tubo (220) de aislamiento está configurado para recibir el primer tubo (240) de combustible y proporcionar una distancia de separación entre el primer tubo (240) de combustible y el casquillo (210),
- sujetar en una primera operación el tubo (220) de aislamiento al primer tubo (240) de combustible;
- sujetar en una segunda operación el casquillo (210) al tubo (220) de aislamiento;
- instalar en una tercera operación el primer tubo (240) de combustible en una estructura del aeroplano; y
- sujetar el casquillo (210) a un componente del sistema de combustible;

20 en el que cualquiera de la primera a la tercera operaciones se puede llevar a cabo en cualquier orden, **caracterizado por que**

- 25 la sujeción del casquillo (210) al tubo (210) de aislamiento se realiza por deslizamiento del tubo (220) de aislamiento sobre la parte posterior del casquillo (210) y por soldadura térmica que comprende aplicar calor al tubo (220) de aislamiento de modo que se fundan las partes de la primera tira interior (224) y la primera tira exterior (222), en la que los orificios (410) de la pared lateral del casquillo (210) se llenan con material de la primera tira interior (224) y la primera tira exterior (222) del tubo (220) de aislamiento de modo que el casquillo (210) y el tubo (220) de aislamiento se sellen y se sujeten mecánicamente juntos, formando un cierre mecánico.

30 2. El método de la reivindicación 1, en el que la sujeción del casquillo (210) al componente del sistema de combustible comprende sujetar el casquillo a un acoplador y sujetar un segundo tubo de combustible al acoplador.

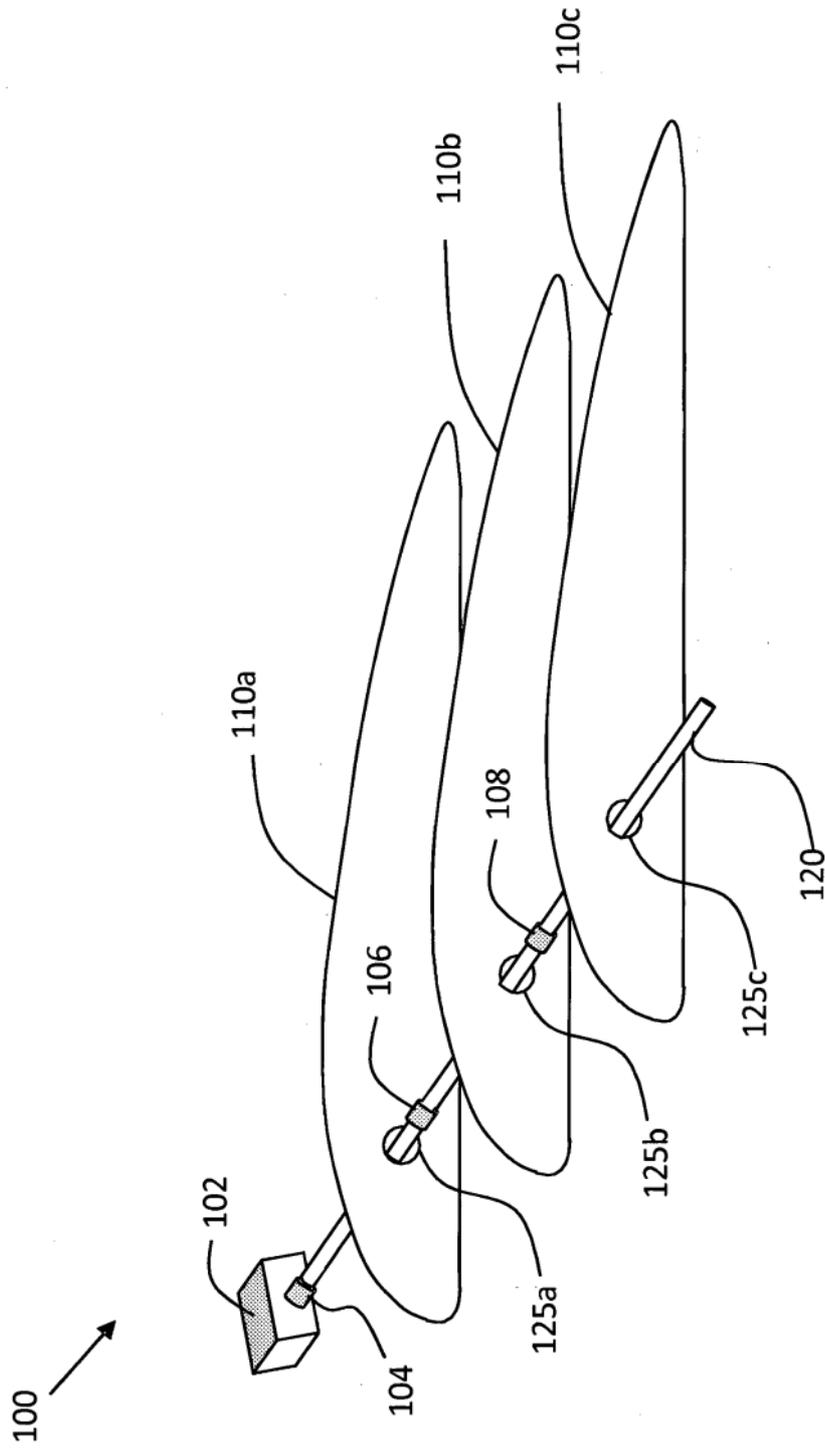


FIG. 1

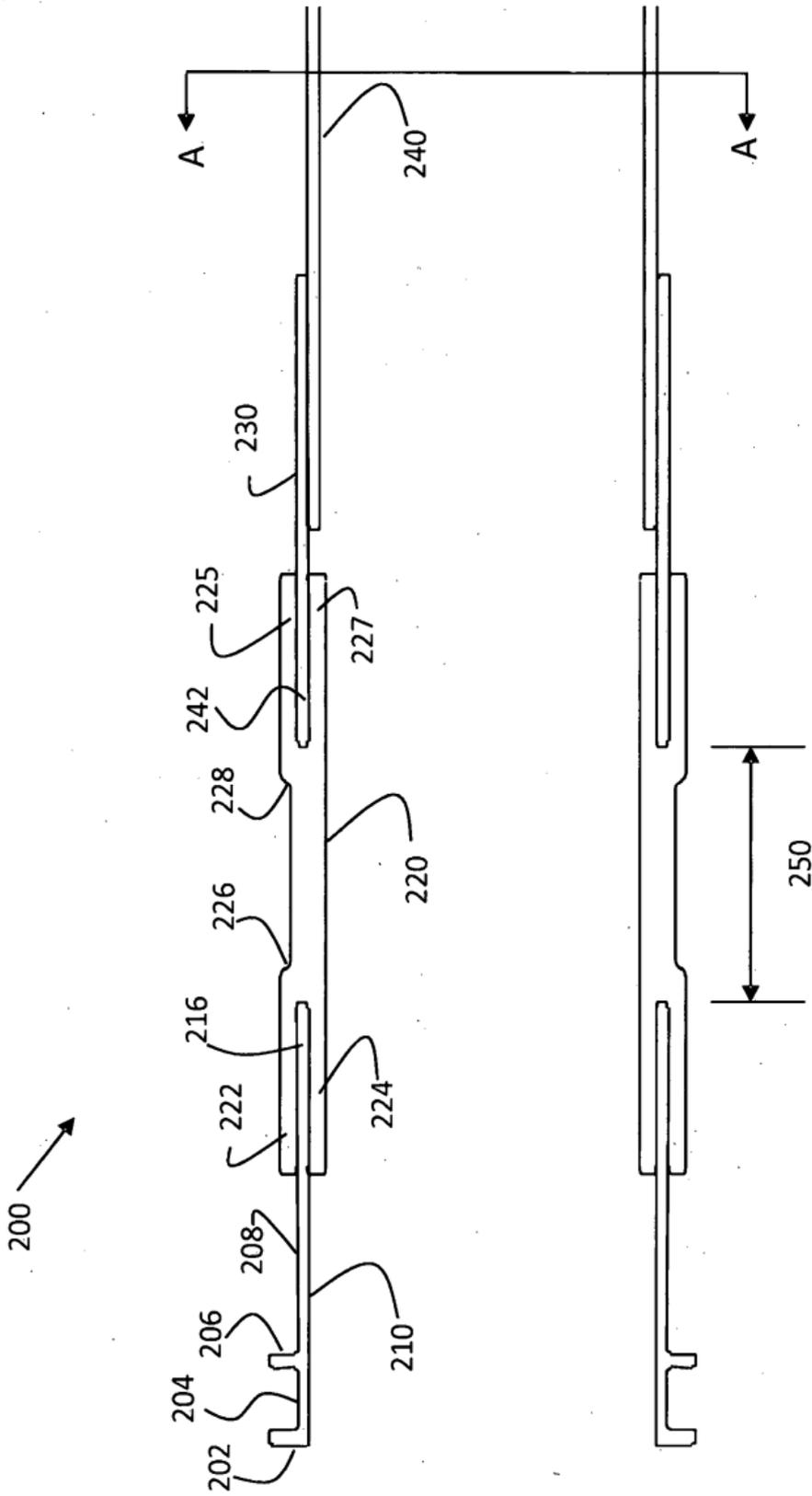


FIG. 2A

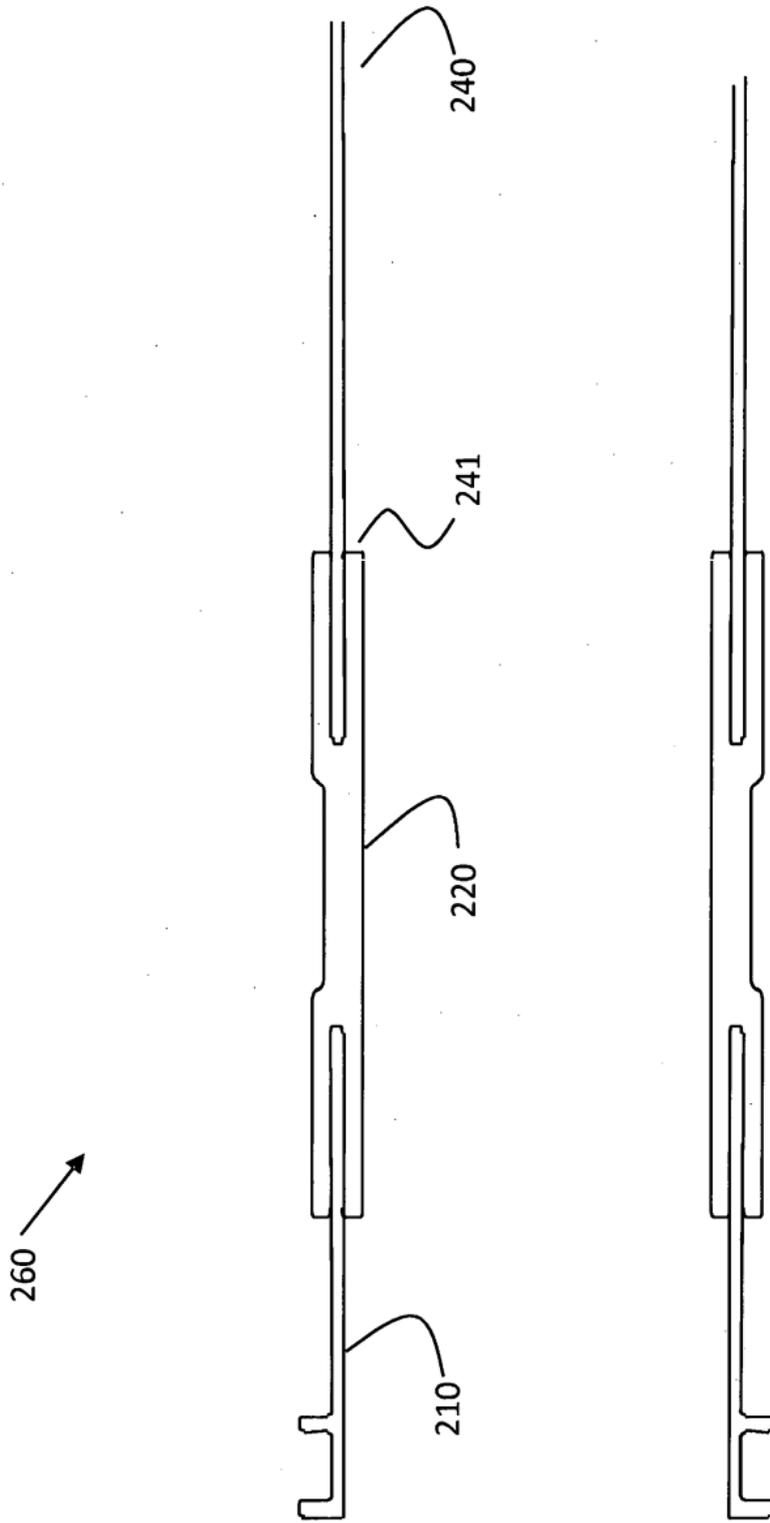


FIG. 2B

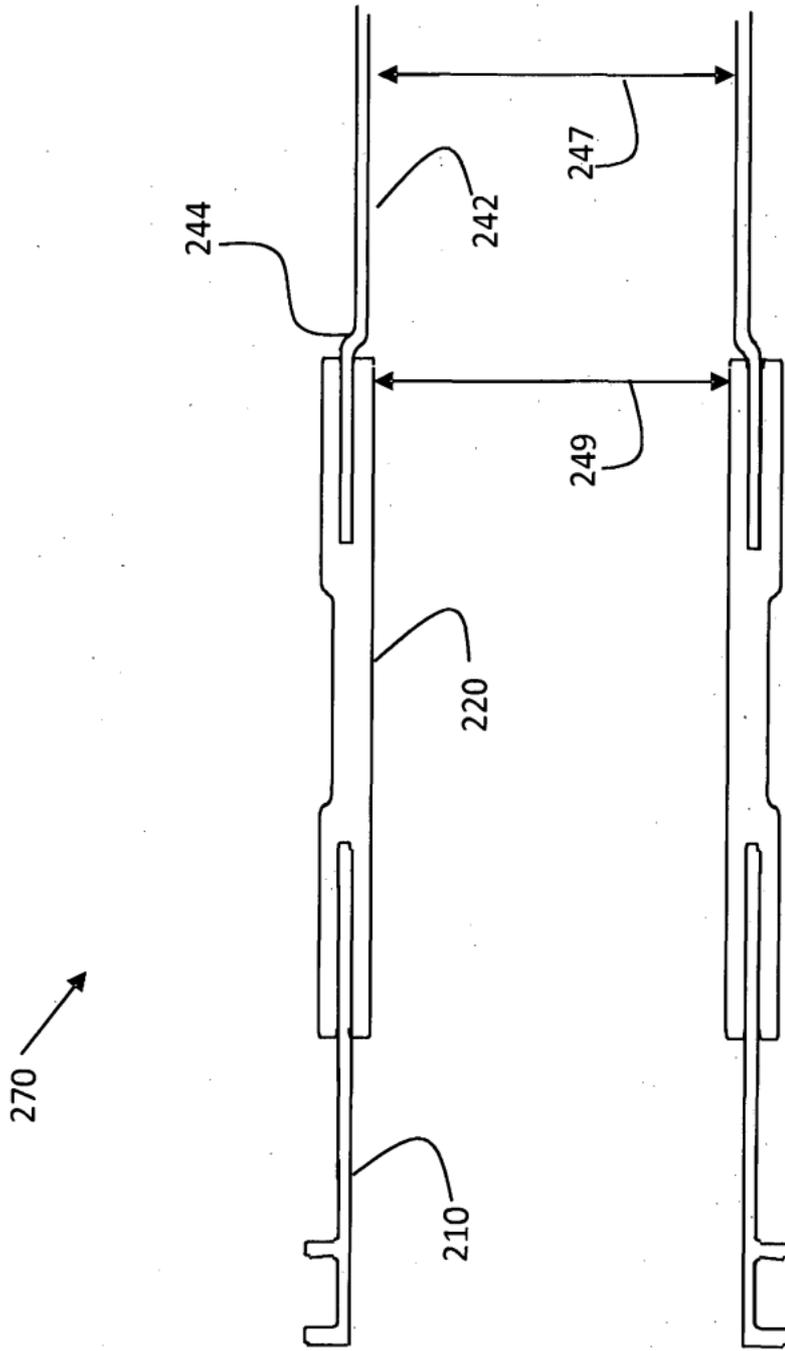


FIG. 2C

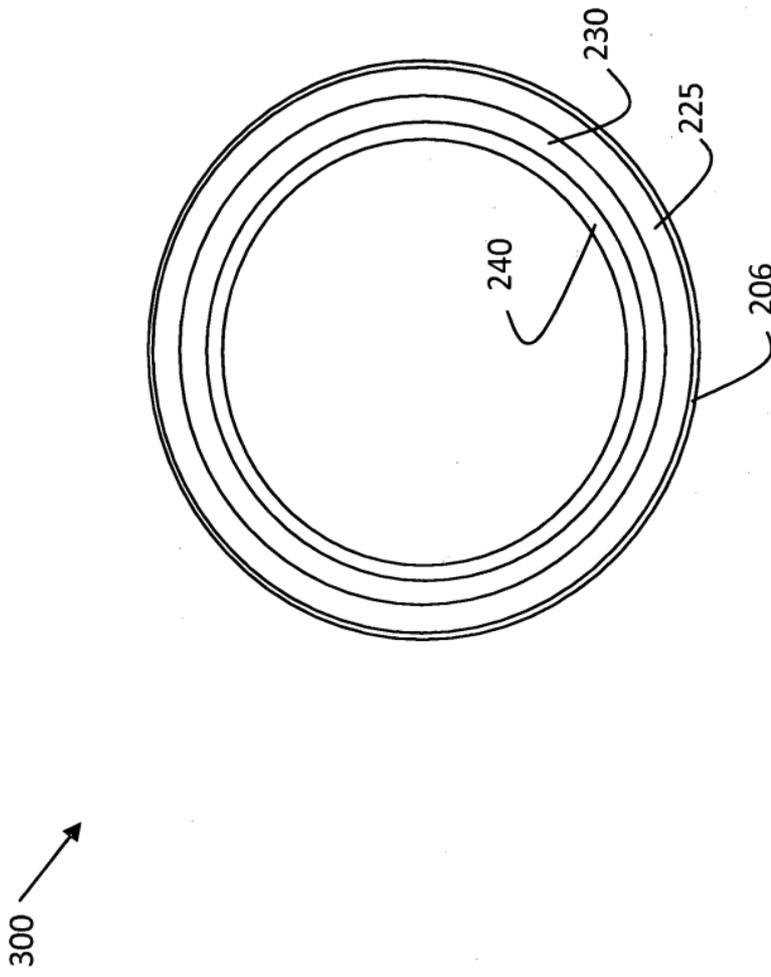


FIG. 3

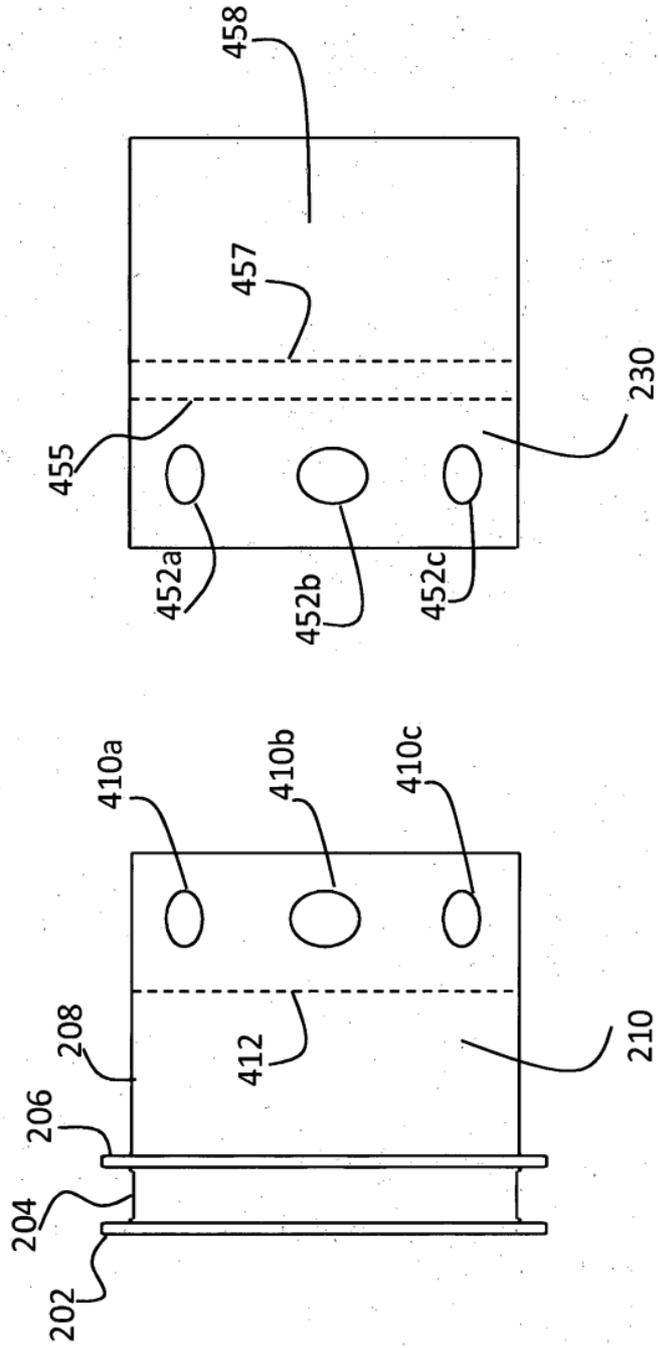


FIG. 4A

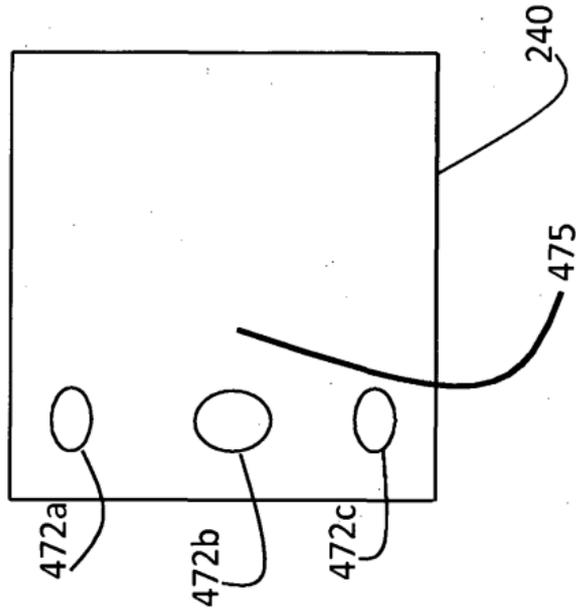


FIG. 4B

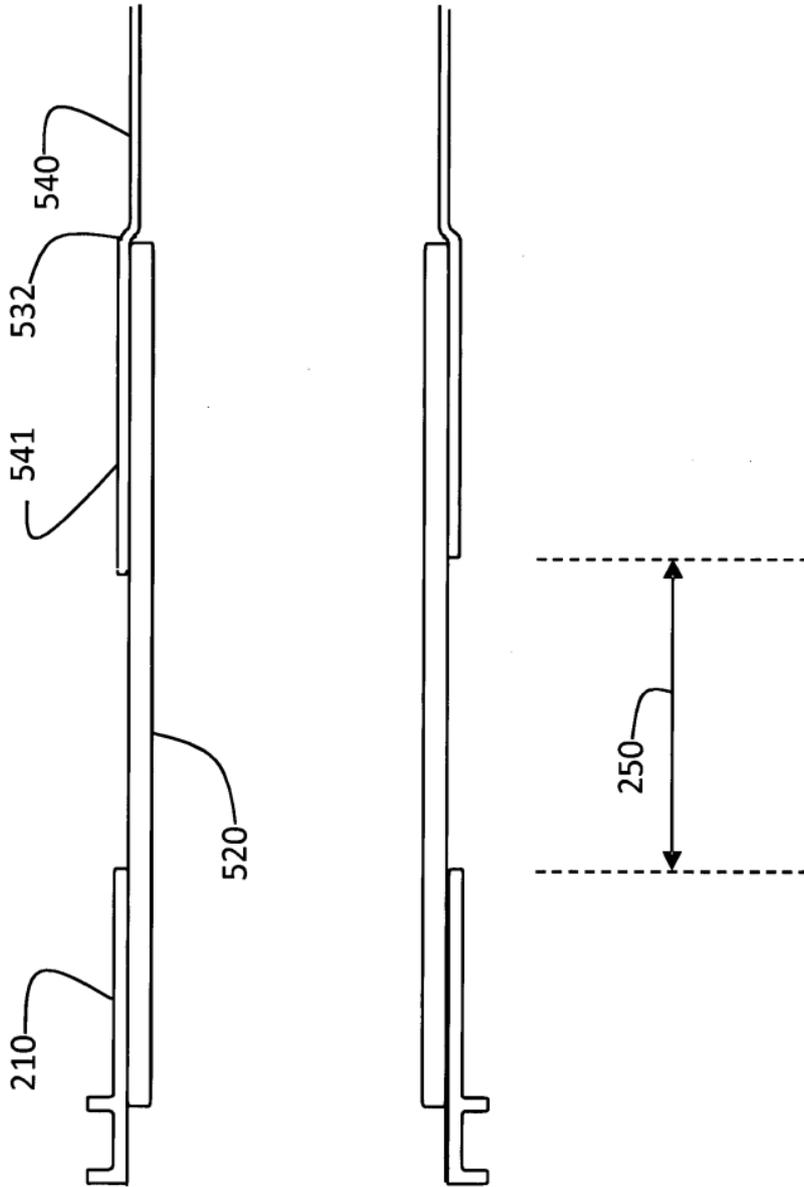


FIG. 5A

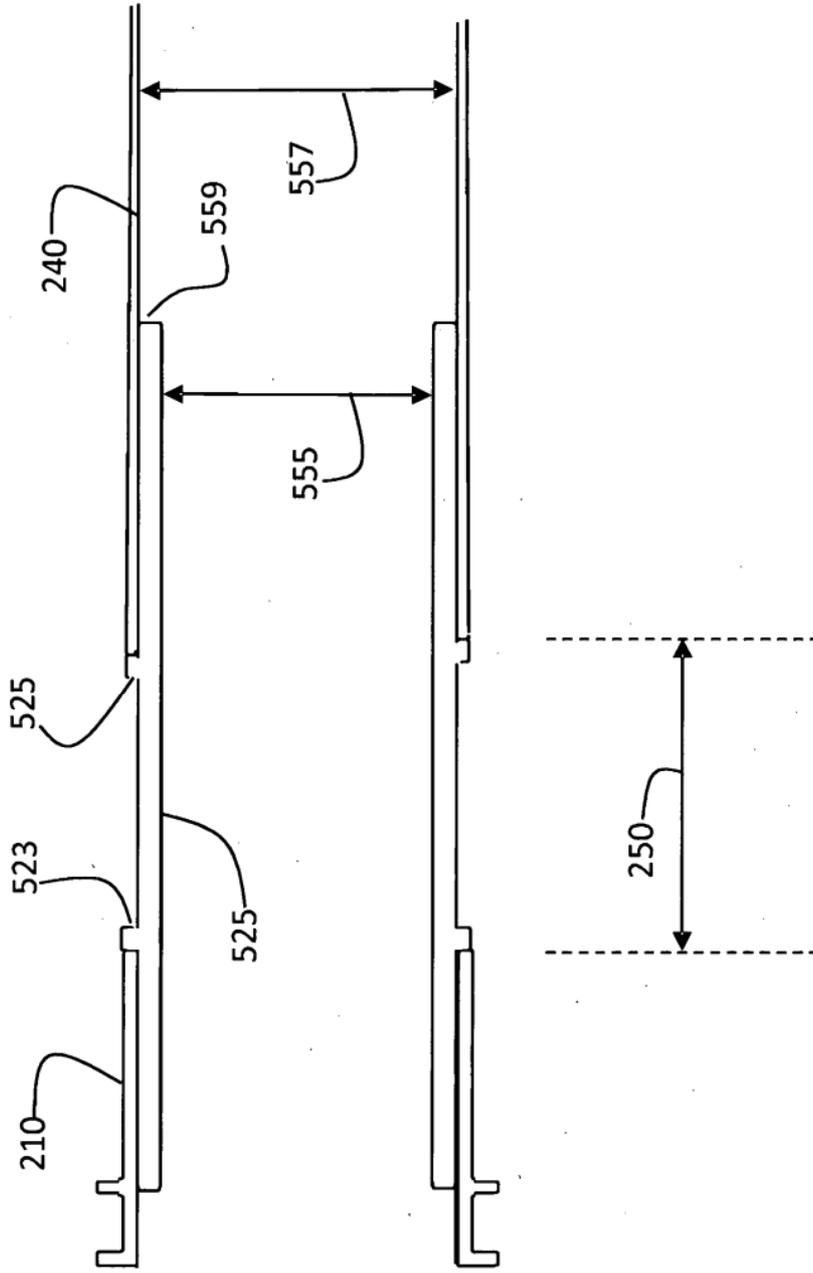


FIG. 5B

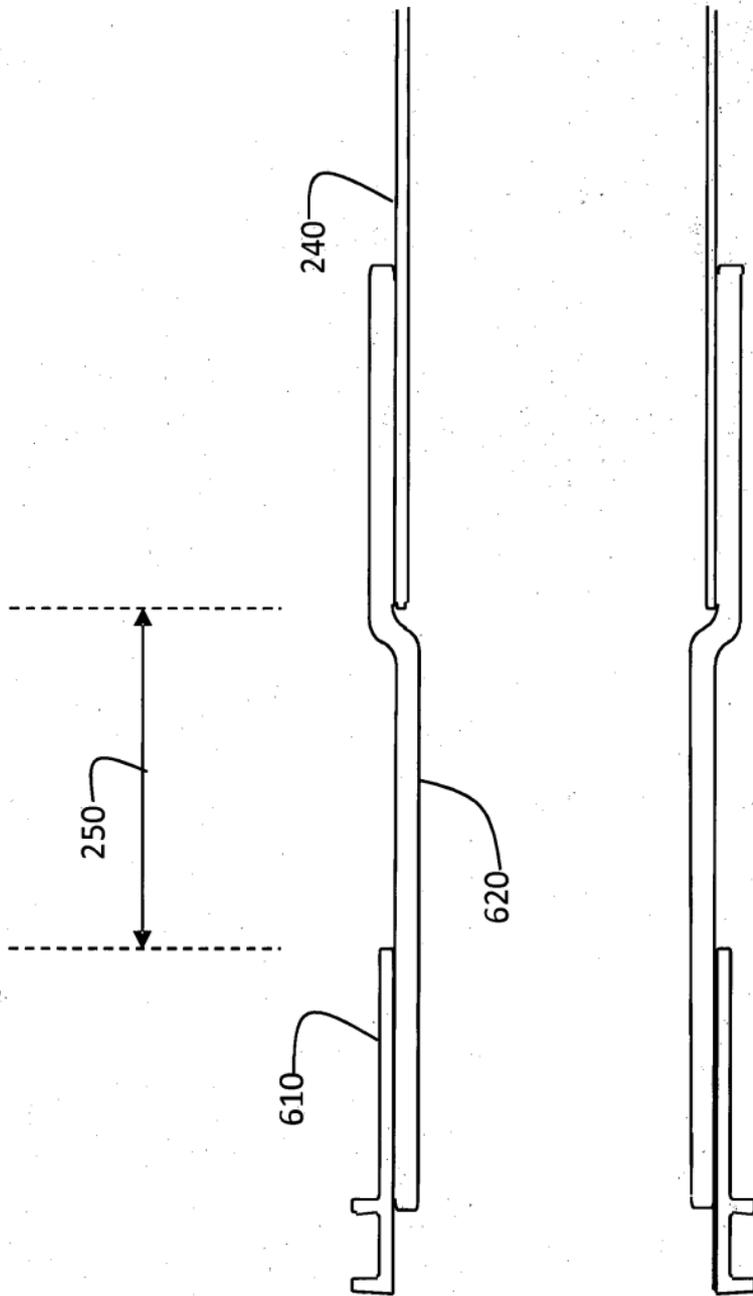


FIG. 6

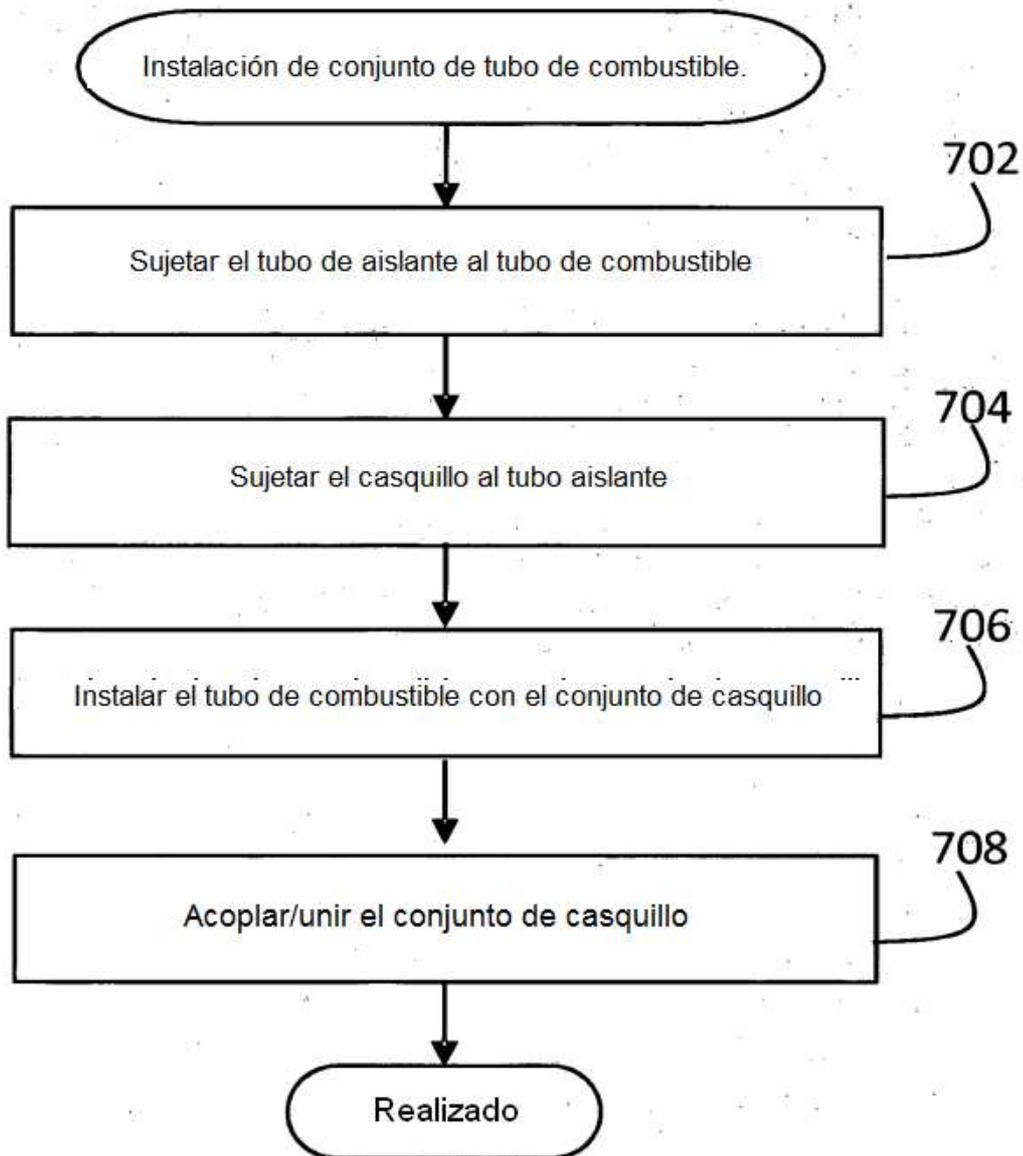


FIG. 7