

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 687 961**

51 Int. Cl.:

**B64D 37/32** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2013** **E 13161240 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.07.2018** **EP 2644507**

54 Título: **Métodos y sistemas de eliminación de vapor de combustible para la reducción de la inflamabilidad**

30 Prioridad:

**27.03.2012 US 201213431046**

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

**30.10.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GUPTA, ALANKAR**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 687 961 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**

Métodos y sistemas de eliminación de vapor de combustible para la reducción de la inflamabilidad

Campo técnico

5 Los modos de realización se refieren a métodos y sistemas de eliminación de vapor de combustible, como por ejemplo para una aeronave.

Antecedentes

10 En el contexto de los depósitos de combustible, la "inertización" puede referirse al proceso de hacer que el espacio vacío en un depósito de combustible no sea inflamable. La Administración Federal de Aviación (FAA) reconsideró la seguridad de los depósitos de combustible después de una serie de explosiones en depósitos de combustible entre 1990 y 2001. La Junta Nacional de Seguridad del Transporte (NTSB) agregó "Mezcla Explosiva en depósitos de Combustible en Aeronaves de Categoría de Transporte" como el elemento número uno en su lista "de los Más Buscados" de Seguridad del Transporte de 1997.

15 Algunos depósitos de combustible conocidos tienen una zona que contiene combustible líquido y una zona de espacio vacío que a menudo contiene combustible evaporado (es decir, vapor de combustible). Con la presencia de aire, la mezcla puede presentar una relación combustible-aire dentro del espacio vacío y puede producirse la ignición cuando la relación combustible-aire en el espacio vacío se encuentra dentro de un cierto rango. El límite de inflamabilidad inferior se define como un umbral por debajo del cual la relación combustible-aire es demasiado pobre para inflamarse. De manera similar, el límite de inflamabilidad superior se define como el umbral por encima del cual la relación combustible-aire es demasiado rica para inflamarse. Las relaciones combustible-aire entre el límite de inflamabilidad inferior y el límite de inflamabilidad superior se denominan inflamables.

20 A temperaturas inferiores a 38°C (100°F) a nivel del mar, la relación de combustible-aire del combustible Jet A generalmente se encuentra por debajo del límite de inflamabilidad inferior. Sin embargo, existen condiciones conocidas que pueden llevar a exceder el límite de inflamabilidad inferior. Un ejemplo incluye una reducción rápida en la presión del espacio vacío del depósito después del despegue, como cuando el avión alcanza una gran altura en un corto tiempo antes de que la temperatura del depósito de combustible disminuya sustancialmente.

25 Las regulaciones de la FAA requieren que las aeronaves de transporte nuevas y en servicio incluyan sistemas para mejorar la seguridad de los depósitos de combustible de las aeronaves. Un sistema conocido usa un gas inerte, como el nitrógeno, para reducir la concentración de oxígeno en el espacio vacío. Dicho sistema es costoso, complejo y aumenta el peso del avión. Otro sistema conocido enfría la mezcla del espacio vacío para condensar los vapores de combustible y para mantener el espacio vacío del depósito de combustible a una relación combustible-aire relativamente baja, significativamente menor que el límite de inflamabilidad.

30 El documento del estado de la técnica US 2010/0108692 A1 divulga un método y sistema usado para hacer un depósito de combustible inerte que incluye un conjunto enfriador acoplado en comunicación de flujo con un depósito de combustible del vehículo y un conjunto controlador del sistema acoplado operativamente al conjunto enfriador. Más específicamente, el conjunto enfriador incluye una bomba configurada para extraer una cantidad de un fluido del depósito de combustible del vehículo, y un evaporador configurado para recibir un flujo de la cantidad extraída de fluido de la bomba y configurado además para reducir la temperatura del fluido. El conjunto enfriador también incluye un controlador del enfriador configurado para activar y desactivar la bomba. El conjunto controlador del sistema está acoplado operativamente al controlador del enfriador, en donde el conjunto controlador del sistema está configurado para transmitir al controlador del enfriador una señal de inicio para iniciar el funcionamiento del enfriador o una señal de parada para detener el funcionamiento del enfriador.

35 El documento del estado de la técnica US 5 755 854 A divulga un aparato y un método para controlar la presión en un espacio vacío del depósito de combustible para su uso en una estación de servicio.

40 El documento del estado de la técnica US 5 054 453 A divulga un método y un aparato de a bordo para reciclar las emisiones de vapor de gasolina del espacio superior de un depósito de gasolina de un vehículo a motor durante el repostaje y el funcionamiento del vehículo.

45 Es posible mejorar los métodos y sistemas para reducir la inflamabilidad de los depósitos de combustible.

Resumen

En un modo de realización, se proporciona un método de eliminación de vapor de combustible que tiene las características de la reivindicación 1. Los modos preferidos de llevar a cabo este método se definen en las reivindicaciones dependientes 2-8.

5 En un modo de realización adicional, se proporciona un sistema de eliminación de vapor de combustible que tiene las características de la reivindicación 9. Los modos de realización preferidos de este sistema forman el contenido de las reivindicaciones dependientes 10-14.

Breve descripción de los dibujos

Algunos modos de realización se describen a continuación con referencia a los siguientes dibujos adjuntos.

10 Las figuras 1 y 2 son esquemas de sistemas de eliminación de vapor de combustible según dos modos de realización.

Las figuras 3-7 son esquemas de algunos componentes del sistema de la figura 2 que se muestran con más detalle.

Descripción detallada

15 Los modos de realización descritos en el presente documento pueden reducir la descarga de vapor de combustible desde los depósitos de combustible. Además, los modos de realización pueden hacer que el espacio vacío del depósito de combustible no sea reactivo con fuentes de ignición, es decir, hacerlo inerte o, dicho de otro modo, limite la formación de una llama cuando se encuentra con una fuente de ignición.

20 Los modos de realización pueden reducir la descarga de vapor de combustible de los depósitos de combustible durante el repostaje (llenado) del depósito de combustible. Algunos de los vapores de combustible que actualmente salen del depósito de combustible a través del respiradero del depósito de combustible durante el llenado del depósito de combustible pueden adsorberse en un medio de adsorción de vapor de combustible, o adsorbente, como carbón activado.

25 Los modos de realización pueden reducir la inflamabilidad del depósito de combustible reduciendo la relación combustible-aire del espacio vacío con un sistema preventivo. El espacio vacío inflamable del depósito de combustible puede volverse no reactivo con fuentes de ignición (es decir, inerte) reduciendo la relación de combustible-aire del espacio vacío significativamente por debajo del límite de inflamabilidad inferior (o umbral de combustión). El sistema puede purgar el espacio vacío del depósito de combustible con aire del exterior (ambiente). Los vapores de combustible purgados pueden ser adsorbidos por el adsorbente.

Los modos de realización pueden desorber (o reactivar) el adsorbente de a bordo. Los vapores de combustible liberados pueden ser:

- 30 (a) condensados a combustible líquido y devueltos al depósito de combustible, o  
(b) conducidos al motor propulsor para la combustión/destrucción, o  
(c) expulsados al exterior.

35 Los modos de realización usan un proceso de adsorción, que puede incluir la adherencia de una especie química sobre la superficie de una sustancia, como partículas. La adsorción es diferente de la absorción en la cual una sustancia simplemente se disipa en un líquido o sólido. Se puede usar una variedad de materiales adsorbentes en los modos de realización, como carbón activado. El carbón activado es conocido por su uso para adsorber los vapores de combustible.

40 Los modos de realización pueden extraer la mezcla del espacio vacío usando una bomba de succión cuando el depósito de combustible se está repostando. La mezcla del espacio vacío extraída puede canalizarse a través del adsorbente que adsorbe el vapor de combustible y expulsa aire con bajo contenido de vapor de combustible. En la actualidad, la mezcla del espacio vacío se expulsa del depósito de combustible a través del respiradero del depósito de combustible al ambiente a medida que se agrega combustible al depósito de combustible. Los vapores de combustible huelen mal y se afirma que algunos componentes de la descarga son cancerígenos. Los vapores de combustible se consideran peligrosos para los seres humanos y el medio ambiente. Por este motivo los automóviles  
45 y las estaciones de servicio tienen sistemas de recuperación de vapor de combustible. La aviación usa miles de millones de galones de combustible al año y miles de millones de pies cúbicos de mezcla del espacio vacío se expulsan al ambiente exterior durante el repostaje del depósito de combustible.

Los modos de realización pueden usar la purga del espacio vacío para eliminar los vapores de combustible del espacio vacío para reducir la relación combustible-aire de espacio vacío. La purga proactiva del depósito de combustible puede reducir los incidentes cuando el depósito de combustible se vuelve inflamable. El inicio del proceso de purga puede seleccionarse a la temperatura de combustible deseada (o relación combustible-aire, ya que están relacionados con la saturación del espacio vacío).

5

Los depósitos de combustible tienden a volverse inflamables cuando la temperatura del combustible ( $T_{comb}$ ) es igual o superior a la temperatura del límite de inflamabilidad inferior  $T_{ffi}$ . En los modos de realización, la purga del espacio vacío puede iniciarse a temperatura del combustible (denominada en el presente documento como  $T_{inicio}$ ) por debajo de la temperatura del límite de inflamabilidad inferior y puede pararse a temperatura del combustible (denominada en el presente documento como  $T_{parada}$ ) por debajo de la temperatura de inicio,  $T_{inicio}$ . Esto garantiza una mezcla del espacio vacío no inflamable que no reacciona con las fuentes de ignición, es decir, inerte. En caso de que la temperatura del depósito de combustible sea ya mayor que  $T_{ffi}$  (es decir, el depósito de combustible sea inflamable), el inicio de la purga elimina la mezcla inflamable del espacio vacío y diluye el espacio vacío con el aire ambiente, reduciendo, de este modo, progresivamente la inflamabilidad del espacio vacío y haciéndolo inerte.

10

La temperatura de inicio de purgado ( $T_{inicio}$ ) y la temperatura de parada ( $T_{parada}$ ) pueden determinarse usando la presión del depósito de combustible ( $P_{comb}$ ) o la presión ambiente ( $P_{amb}$ ), si el depósito de combustible está ventilado. El método para determinar  $T_{inicio}$  y  $T_{parada}$  puede residir en el controlador del sistema. El controlador también puede contener el circuito lógico para iniciar y apagar las funciones de purga del depósito de combustible. La purga del espacio vacío puede lograrse usando una bomba de succión que extraiga la mezcla del espacio vacío a través del adsorbente y descargue al exterior aire de bajo contenido de combustible. El aire exterior puede entrar al depósito de combustible a través de una ventilación del depósito de combustible y/u otras aberturas de función similar para ocupar el espacio desocupado por la mezcla del espacio vacío extraída.

15

20

La reactivación del adsorbente puede producirse cuando el depósito de combustible es inerte. Los depósitos de combustible generalmente son inertes a gran altitud cuando las temperaturas del combustible ( $T_{comb}$ ) son significativamente menores que las temperaturas del límite de inflamabilidad inferior,  $T_{ffi}$ . El circuito lógico del sistema primero confirma que el espacio vacío es inerte comparando la temperatura del combustible ( $T_{comb}$ ) con la temperatura de inicio del sistema de purga pertinente ( $T_{inicio}$ ). Al confirmar el estado inerte, el sistema de reactivación funciona si la presión de aire exterior ( $P_{amb}$ ) está por debajo de la presión diseñada seleccionada ( $P_r$ ). En el caso de un depósito de combustible ventilado,  $P_{amb}$  es igual a  $P_{comb}$  y se puede usar como el factor determinante.

25

Durante el proceso de reactivación, puede impulsarse aire caliente a través del adsorbente para facilitar la liberación y eliminación de los vapores de combustible adsorbidos. La inflamabilidad del espacio vacío puede controlarse periódicamente o de manera continua durante el proceso de reactivación. El proceso de reactivación puede suspenderse y el proceso de purga activarse si  $T_{comb}$  excede el  $T_{inicio}$  pertinente (es decir, se presentan condiciones propicias para hacer que el espacio vacío no sea inerte). El proceso de reactivación puede reiniciarse automáticamente cuando existan las condiciones para el proceso de reactivación. El proceso de reactivación puede funcionar de manera continua hasta que  $P_{amb}$  o  $P_{comb}$  llegue a ser mayor que  $P_r$ . La desorción a gran altitud (o baja presión) puede usar el principio de "desorción por cambio de presión". En la desorción por cambio de presión, la reducción de la presión absoluta del adsorbente facilita la desorción y la restauración de la capacidad de trabajo de un adsorbente. El combustible desorbido puede ser arrastrado del adsorbente por el aire caliente de reactivación.

30

35

El aire rico en vapor de combustible de un sistema de desorción se puede transportar de manera adicional por conductos a:

40

(a) un(os) motor(es) de propulsión para la combustión/destrucción, o

(b) un intercambiador de calor para enfriarlo (posiblemente utilizando aire exterior), separando los vapores de combustible condensados en un separador de neblina de combustible, devolviendo el combustible condensado al depósito de combustible y expulsando al exterior aire de bajo contenido de hidrocarburos, o

45

(c) un puerto de descarga para expulsarlo al exterior durante el vuelo.

Los beneficios de los modos de realización pueden incluir la reducción de la descarga de vapores de combustible al ambiente exterior durante el repostaje del depósito de combustible. En la actualidad, ninguna reglamentación prohíbe la expulsión de vapores de combustible durante el repostaje de los depósitos de combustible del avión. Sin embargo, dichas regulaciones existen para automóviles y estaciones de servicio. En la medida en que sea aconsejable reducir la liberación de vapor de combustible, las opciones (a) y (b) en el párrafo anterior pueden proporcionar un método rentable para hacerlo. También, la opción (c) reduce la liberación localizada al dispersar los vapores de combustible sobre una amplia área a gran altitud.

50

Otro beneficio incluye un método para inertizar un depósito de combustible sin el uso de un gas inerte. La purga del depósito de combustible es un método efectivo basado en el hecho de que las mezclas de combustible-aire pobres no se inflaman. El umbral de la relación combustible-aire para la combustión del combustible Jet A es de aproximadamente 0,03 para altitudes desde el nivel del mar hasta 13.700m (45.000pies). Esta relación combustible-aire puede producirse en el espacio vacío saturado de vapor de combustible a temperaturas de aproximadamente 41°C (105°F) a nivel del mar, reduciéndose de manera lineal a aproximadamente 16°C (60°F) a una altitud de 10.700m (35.000pies). En los modos de realización, se puede seleccionar la temperatura del combustible correspondiente a una relación de combustible-aire saturada de aproximadamente 0,02 para iniciar la purga del espacio vacío y proporcionar un alto factor de seguridad. En su lugar se puede utilizar otra base para seleccionar la temperatura del combustible. Una relación de combustible-aire saturada de 0,02 corresponde a  $T_{inicio}$  de aproximadamente 29°C (85°F) a nivel del mar y 7°C (45°F) a 10.700m (35.000pies). Los sistemas y métodos en el presente documento pueden mantener la relación combustible-aire del espacio vacío del depósito de combustible significativamente por debajo de 0,02 incluso cuando las temperaturas del combustible son mayores o el depósito de combustible se calienta y evita que el depósito de combustible se vuelva inflamable. En el caso de que el depósito de combustible sea inflamable al inicio del proceso de purga, el sistema puede reducir la inflamabilidad del espacio vacío y volverlo inerte.

Un beneficio adicional incluye inertizar un depósito de combustible con o sin motores funcionando. Los sistemas de generación de nitrógeno conocidos (NGS) para la inertización no pueden usarse hasta que haya aire a alta presión disponible. Esto puede requerir el funcionamiento de los motores para dar servicio al sistema de generación de gas inerte a bordo (OBIGGS). Los modos de realización usan una pequeña fracción de la potencia requerida por el NGS. Los modos de realización no generan aire enriquecido con nitrógeno (NEA), que presenta un peligro de asfixia. Además, los modos de realización no generan aire enriquecido con oxígeno (OEA), que presenta un riesgo de incendio. Además, los modos de realización no descargan un pie cúbico de mezcla del espacio vacío cargada de hidrocarburos por cada pie cúbico de NEA suministrado al depósito de combustible. En cambio, los modos de realización proporcionan métodos y sistemas extremadamente seguros para inertizar un depósito de combustible.

Aún una ventaja más incluye inertizar un depósito de combustible sin componentes caros, como los usados por los NGS, por ejemplo, un módulo de separación de aire (ASM) incluyendo una membrana de fibra hueca (HFM), un filtro de aire de alta eficiencia, un convertidor de ozono, un turbocompresor, un sensor de oxígeno, etc. Los modos de realización se pueden configurar con solo una parte móvil, un soplador; un componente simple de alta fiabilidad que se puede reemplazar fácilmente, in situ, mejorando así la disponibilidad del sistema. La complejidad de mantener el NGS requiere una exención de 10-20 días de los requisitos de la Lista Mínima de Equipo (MEL) o los componentes mínimos que deben estar funcionando para que se permita el funcionamiento de la aeronave. Una exención de 10-20 días significa que las aeronaves pueden funcionar durante 10-20 días con un NGS defectuoso. Esto frustra el propósito del NGS.

Otros beneficios incluyen una menor necesidad de piezas de repuesto, un coste de mantenimiento reducido, bajos costes recurrentes y no recurrentes, y un método que verdaderamente inertiza un depósito de combustible. Un NGS diseñado según los requisitos de la FAA no inertiza un depósito de combustible en todas las condiciones previsibles. Los requisitos de diseño de un NGS (Apéndice N del 14 Código de Regulaciones Federales, parte 25) no se basan en la prevención de la formación de una llama cuando el espacio vacío se expone a una fuente de ignición. En cambio, los requisitos de diseño se basan en el desarrollo de una presión interna (o fuerza) necesaria para romper un diafragma de lámina de 645 cm<sup>2</sup> (100 pulgadas cuadradas) instalado en un depósito de combustible de prueba de 0,26m<sup>3</sup> (9,0 pies cúbicos) que no tiene similitud con un depósito de combustible de avión habitual. Si bien podría inertizar un depósito de combustible en algunas circunstancias, dicha especificación de diseño para el diseño de un NGS no asegura un espacio vacío inerte (no inflamable) durante todas las condiciones de funcionamiento previsibles.

Otro sistema conocido descrito en la Patente de los Estados Unidos No. 6,343,465 concedida a Martinov implica la conducción de vapores de humo de combustible desde el espacio vacío a los motores del avión. En comparación, algunos modos de realización en el presente documento no requieren un motor en funcionamiento o una Unidad de Potencia Auxiliar (APU) para su funcionamiento. El rendimiento (velocidad de eliminación de la mezcla del espacio vacío) puede ser independiente de la potencia del motor. Los modos de realización pueden usarse para reducir la inflamabilidad del espacio vacío o para hacer que el espacio vacío sea inerte antes de que el motor comience a usar energía eléctrica en tierra.

En un modo de realización, un método de eliminación de vapor de combustible incluye eliminar vapor de combustible del espacio vacío de un depósito de combustible de un vehículo, adsorber el vapor de combustible retirado del espacio vacío hacia medios de adsorción en el vehículo y desorber el vapor de combustible de los medios de adsorción mientras está en el vehículo.

A modo de ejemplo, el método puede incluir además determinar que el espacio vacío se acerca a la inflamabilidad antes de la eliminación del vapor de combustible del espacio vacío. El vehículo puede incluir una aeronave y la desorción del vapor de combustible puede producirse mientras la aeronave está en vuelo. El método puede incluir

además expulsar fuera el vapor de combustible desorbido mientras la aeronave está en vuelo o quemar el vapor de combustible desorbido en un motor propulsor de la aeronave. Sin embargo, el método puede incluir además condensar el vapor de combustible desorbido y devolver el combustible condensado al depósito de combustible.

5 La eliminación del vapor de combustible puede incluir la purga del espacio vacío añadiendo aire al espacio vacío y el método puede incluir además la reducción de una relación combustible-aire en el espacio vacío utilizando la purga de aire. La relación de combustible-aire reducida puede estar por debajo de un límite de inflamabilidad. El aire adicional puede ser desde fuera del avión o desde una fuente a bordo. El aire agregado puede estar condicionado.

10 La desorción del vapor de combustible puede producirse mientras que una relación de combustible-aire en el espacio vacío está por debajo de un límite de inflamabilidad. Los medios de adsorción pueden contener carbón activado y la desorción del vapor de combustible puede incluir la reactivación del carbón activado. Los medios de adsorción pueden contener una sustancia distinta al carbón activado. Por consiguiente, los medios de adsorción pueden caracterizarse por presentar propiedades de adsorción adecuadas para los fines descritos en el presente documento. Si bien muchos materiales pueden adsorber el vapor de combustible, aquellos con un área superficial suficientemente grande serían beneficiosos. A menudo, los medios destinados a aplicaciones conocidas de adsorción de vapor de combustible se evalúan para dichos fines por su capacidad de adsorción. Dichos medios pueden ser adecuados para los modos de realización del presente documento. Los medios de adsorción pueden presentar una primera temperatura al finalizar la adsorción antes de que comience la desorción. La desorción del vapor de combustible puede incluir hacer fluir aire a través de los medios, que el aire que fluye presente una segunda temperatura más alta que la primera temperatura y que los medios estén a una presión inferior a 101 kPa (14,7 libras por pulgada cuadrada-psi).

En otro modo de realización, un método de eliminación de vapor de combustible incluye purgar el vapor de combustible del espacio vacío de un depósito de combustible usando aire que se añade al espacio vacío, reducir la relación combustible-aire en el espacio vacío utilizando la purga de aire, y adsorber el vapor de combustible purgado hacia medios de adsorción.

25 A modo de ejemplo, el depósito de combustible y los medios de adsorción pueden estar en una aeronave. La relación de combustible-aire reducida puede estar por debajo de un límite de inflamabilidad. El método puede incluir además desorber el vapor de combustible de los medios de adsorción mientras la relación de combustible-aire está por debajo de un límite de inflamabilidad. Los medios de adsorción pueden presentar una primera temperatura al finalizar la adsorción antes de que comience la desorción. La desorción del vapor de combustible puede incluir hacer fluir aire a través de los medios, que el aire que fluye presente una segunda temperatura más alta que la primera temperatura y que los medios estén a una presión inferior a 101 kPa (14,7 psi). El depósito de combustible y los medios de adsorción pueden estar en una aeronave. También, la desorción del vapor de combustible puede producirse mientras la aeronave está en vuelo. Además, el aire que fluye puede contener aire ambiente y/o aire dinámico ya usado, cualquiera de los cuales puede estar probablemente por debajo de 101 kPa (14,7 psi) mientras la aeronave está en vuelo. Sin embargo, el aire fluido suministrado puede presentar una presión igual o superior a 101 kPa (14,7 psi), pero aún permite una presión de los medios inferior a 101 kPa (14,7 psi) cuando el aire fluido se expande en el adsorbedor (por ejemplo, adsorbedor 53) con la consiguiente caída de presión.

40 En un modo de realización adicional, un sistema de eliminación de vapor de combustible incluye un depósito de combustible que tiene espacio vacío, un sistema de adsorción que incluye medios de adsorción de vapor de combustible conectados de manera fluida al espacio vacío y a un sistema de purga del espacio vacío y un controlador. El controlador incluye un sistema de determinación de la inflamabilidad y está configurado para iniciar la eliminación del vapor de combustible por el sistema de purga desde el espacio vacío hacia los medios de adsorción antes de que el espacio vacío presente inflamabilidad.

45 A modo de ejemplo, el sistema puede incluir además un vehículo, en donde el depósito de combustible es un depósito de combustible del vehículo y el sistema de adsorción está en el vehículo. El vehículo puede incluir una aeronave. El sistema de adsorción puede ser un sistema de adsorción y desorción. Por tanto, puede incluir además un sistema de desorción de vapor de combustible, estando además configurado el controlador para detener la eliminación de vapor de combustible por el sistema de purga y para iniciar la desorción de vapor de combustible por el sistema de desorción mientras el espacio vacío no sea inflamable. El sistema de desorción puede incluir un soplador de aire y un calentador de aire conectados de manera fluida a los medios de adsorción.

50 También, el sistema de purga puede incluir una entrada de aire en el depósito de combustible y una bomba de succión conectada de manera fluida a los medios de adsorción. El sistema de determinación de la inflamabilidad puede incluir un sensor de temperatura del combustible, un sensor de presión del depósito de combustible y un procesador configurado para determinar la inflamabilidad usando al menos una temperatura del combustible y una presión del depósito de combustible. Los medios de adsorción pueden incluir carbón activado.

Como un ejemplo más específico, el sistema 1 en la figura 1 incluye un depósito 100 de combustible que tiene espacio vacío. Un sistema 5 de adsorción incluye medios de adsorción de vapor de combustible (no mostrados)

5 conectados de manera fluida por un conducto 51 al vacío del depósito 100 de combustible. El sistema 5 de adsorción también incluye un sistema de purga de vapor de combustible adsorbido (no mostrado) conectado de manera fluida al mismo. El sistema 1 incluye un controlador 3 que tiene un sistema de determinación de la inflamabilidad. El controlador 3 recibe una señal 9 que indica una condición del depósito 100 de combustible e inicia la purga del espacio vacío del depósito de combustible antes de que el espacio vacío del depósito 100 de combustible presente inflamabilidad. La purga es iniciada por el controlador 3 que envía una señal 7 al sistema 5 de adsorción, que purga el espacio vacío hacia los medios de adsorción.

10 Como ejemplo adicional, el sistema 10 en la figura 2 puede estar en una aeronave, como un avión, e incluir: un panel 20 de control e indicación (detallado en la figura 3), un controlador 30 de sistema (detallado en la figura 4), un sistema 50 de adsorción y desorción (detallado en la figura 5), denominado en el presente documento (ADS), un sistema de tratamiento de vapor de combustible denominado en el presente documento (FTS) y un depósito 100 de combustible (detallado en la figura 6). Se describen tres modos de realización del FTS: Modo de Realización A, 70, figura 6A (de aquí en adelante, FTSA); Modo de Realización B, 80, figura 6B (de aquí en adelante, FTSB); y Modo de Realización C, 90, figura 6C (de aquí en adelante, FTSC). El Modo de Realización C se incluye con los otros modos de realización de FTS por simplicidad. Sin embargo, técnicamente, el Modo de Realización C no incorpora "tratamiento", ya que el gas de escape cargado de vapor de combustible del adsorbedor se expulsa fuera durante el proceso de desorción en el Modo de Realización C.

20 La figura 3 muestra el panel 20 de control e indicación con más detalle. El panel incluye un conmutador 12 manual para seleccionar el sistema. El conmutador 12 en la posición ENCENDIDO proporciona la señal 14 al controlador 30 del sistema (figura 4) para gestionar el funcionamiento del ADS 50 (figura 5) y el FTS (figura 6A o 6B o 6C). El funcionamiento del sistema 10 puede ser totalmente automático y no es necesario que requiera la intervención de la tripulación.

El panel 20 recibe la señal 34 del controlador 30 cuando el ADS no está funcionando como debería. La señal 34 se puede usar para avisar, prevenir o advertir. Se puede usar para iluminar el indicador 18 del soplador.

25 El panel 20 puede incluir más o menos indicadores, por ejemplo, se puede añadir temperatura de combustible y/o se puede eliminar el indicador 18 del soplador. Además, el panel 20 puede ser borrado por el sistema 10 de cableado de modo que sea alimentado cuando haya alimentación eléctrica disponible en la aeronave. El panel 20, si se usa, puede estar ubicado en la cabina o en cualquier otro lugar apropiado.

30 El controlador 30 del sistema se muestra en la figura 4 e incluye un procesador 32 que recibe una señal 106 desde un sensor P de presión de combustible que transmite  $P_{comb}$  y una señal 108 desde un sensor T de temperatura del combustible que transmite  $T_{comb}$ . El controlador 30 también recibe una señal 44 cuando la manguera de carga de combustible está conectada al puerto de carga de combustible. Otras señales recibidas y transmitidas por el controlador se exponen a continuación.

35 El microprocesador 32 realiza una serie de funciones al recibir la señal 14 del panel 20. El microprocesador 32 genera temperaturas  $T_{inicio}$  y  $T_{parada}$  para el ADS 50. Utiliza la señal 106 de presión del depósito de combustible  $P_{comb}$  del sensor de presión P del depósito de combustible en la figura 7 para generar temperaturas  $T_{inicio}$  y  $T_{parada}$  por uno de los dos métodos siguientes: (a) consulta de tabla usando  $P_{comb}$  para determinar  $T_{inicio}$  y  $T_{parada}$  a partir de datos almacenados en la memoria del microprocesador 32 o (b) usando algoritmos conocidos programados en el microprocesador. El método de consulta de tabla puede ser más beneficioso. Los datos almacenados en el microprocesador 32 pueden ser del tipo mostrado gráficamente en la figura 4.

40 Las temperaturas del límite de inflamabilidad inferior (LFL),  $T_{lfi}$ , se muestran en la figura 4 solo como un ejemplo. A temperaturas del combustible iguales al límite de inflamabilidad inferior, el espacio vacío puede volverse inflamable (no inerte) si se permite que el espacio vacío se sature con los vapores de combustible. En un depósito de combustible, cuando la temperatura del combustible es mayor que  $T_{lfi}$ , la relación de combustible-aire del espacio vacío puede llegar a ser mayor que el umbral de combustión. Para el combustible Jet A, la relación combustible-aire del umbral de combustión es de aproximadamente 0,03 desde el nivel del mar hasta aproximadamente 13.700m (45.000pies). Las temperaturas del límite de inflamabilidad inferior no se almacenan necesariamente en la memoria del microprocesador 32. Las temperaturas del límite de inflamabilidad inferior se muestran en la figura 4 únicamente para indicar gráficamente que las temperaturas de  $T_{inicio}$  son más bajas que  $T_{lfi}$  durante todas las condiciones de funcionamiento. Esto asegura el inicio de la purga del espacio vacío del depósito de combustible a relaciones de combustible-aire inferiores al umbral de combustión. La diferencia entre  $T_{lfi}$  y  $T_{inicio}$  es un factor de seguridad y puede ser seleccionado por el diseñador del sistema.

55 El microprocesador 32 genera la señal 38 cuando la señal 44 está presente. La señal 44 indica que la manguera de repostaje de combustible está conectada al puerto 105 de repostaje de combustible (figura 7). Se puede usar cualquier método conocido para detectar la conexión de la manguera de repostaje al puerto 105 de repostaje de combustible, incluyendo un conmutador de encendido/apagado manual. La presencia de la señal 44 se puede usar para indicar que vapores de combustible se descargarán del depósito 100 de combustible a medida que se bombea

- combustible al depósito 100 (figura 7). La señal 38 hace que el proceso de adsorción comience en el ADS 50. La señal 38 hace que se cierre una válvula 56 de cierre y que funcione un soplador 57 (figura 5). Esto hace que una mezcla del espacio vacío en el espacio 110 vacío fluya a través de un conducto 51, una válvula 52 de retención, un adsorbedor 53, y una válvula 56 de cierre al soplador 57 (figura 5). Los vapores de combustible presentes en la mezcla del espacio vacío extraída son adsorbidos por medios 54 de adsorción y aire con contenido de vapor de combustible extremadamente bajo y luego se expulsan al ambiente por medio de una descarga 58. El aire entra al depósito 100 de combustible (para reemplazar el volumen de mezcla del espacio vacío extraído que no es llenado por el combustible que entra al depósito 100 de combustible) a través de un respiradero 104 ambiental y puertos 103 de entrada de aire (figura 7). Los puertos 103 de entrada de aire pueden incorporar válvulas de retención para reducir la descarga de la mezcla del espacio vacío a través de ellas durante el ascenso de la aeronave. Además, los puertos 103 de entrada de aire pueden ser retirados, por ejemplo, si el respiradero 104 ambiental es adecuado por sí mismo. Al eliminar la señal 44, la señal 38 cesa. Esto hace que la válvula 56 se cierre y el soplador 57 deje de funcionar.
- El microprocesador 32 realiza de manera continua un análisis comparativo de las temperaturas de  $T_{comb}$  y  $T_{inicio}$  y genera la señal 38 cuando  $T_{comb}$  es mayor que  $T_{inicio}$ . La señal 38 inicia el funcionamiento del ADS 50.
- El microprocesador 32 verifica si hay flujo de la mezcla del espacio vacío a través del adsorbedor 53 cuando la señal 38 está presente, ya sea debido a la presencia de la señal 44 (véase más arriba) o debido a  $T_{comb} > T_{inicio}$  (véase más arriba). La verificación de flujo confirma el rendimiento deseado del soplador 57 y el adsorbedor 53. La verificación puede realizarse utilizando un transductor 59 de presión diferencial (figura 5) que transmite una señal 60 al controlador 30. Una señal 60 de presión diferencial dentro de un umbral de diseño  $DP_f$  significa un rendimiento del soplador/adsorbedor adecuado. Cuando la señal 60 está fuera del umbral seleccionado,  $DP_f$ , genera la señal 34 transmitida al panel 20 de control e indicación, figura 3, para iluminar el indicador 18 del soplador.  $DP_f$  se almacena en la memoria del microprocesador 32.
- El microprocesador 32 compara las temperaturas de  $T_{comb}$  y  $T_{parada}$  y genera la señal 36 cuando  $T_{comb}$  es igual o menor que  $T_{parada}$ . Dicha condición significa que la temperatura del depósito de combustible (y, por tanto, la relación de combustible-aire del espacio vacío) es menor que un valor deseado y no es necesario purgar más el espacio vacío del depósito de combustible. Si el proceso de adsorción estaba funcionando previamente, entonces la señal 36 desactiva el proceso cerrando la válvula 56 de cierre y desactivando el soplador 57 de modo que no fluya ninguna mezcla del espacio vacío a través del ADS 50.
- El microprocesador 32 genera la señal 40 y la transmite al ADS 50 para iniciar el proceso de desorción cuando se satisfacen los parámetros de inicio del sistema de desorción. El sistema de desorción comienza a funcionar cuando el depósito 100 de combustible es inerte (es decir,  $T_{comb} \leq T_{inicio}$ ) y la presión del aire exterior ( $P_{amb}$ ) es igual o menor que una presión de umbral seleccionada  $P_r$  ( $P_{amb} \leq P_r$ ). En el caso de un depósito de combustible ventilado, la presión del depósito de combustible,  $P_{comb}$ , es igual a la presión ambiental  $P_{amb}$  y puede usarse en lugar de  $P_{amb}$ . La presión umbral  $P_r$  se almacena en la memoria del microprocesador 32. La desorción se inicia por debajo de la presión umbral  $P_r$  ya que el adsorbente desorbe fácilmente a bajas presiones.
- La señal 40 abre una válvula 64 de cierre, alimenta un calentador 63 y alimenta un ventilador de un soplador 62 del ADS 50 que se muestra en la figura 5. El calentador 63 puede ser eléctrico o neumático (suministro de aire caliente controlado por una válvula, no mostrada). El soplador 62 obtiene aire a través de un conducto 61. El aire puede ser aire ambiente o aire ya usado de otro sistema, por ejemplo, aire dinámico desde aguas abajo de los intercambiadores de calor del sistema de aire acondicionado (no mostrado). Puede ser beneficioso que el aire sea aire dinámico ya usado, ya que a menudo está a una temperatura más alta que el aire ambiente exterior. El aire caliente que fluye a través del adsorbedor 53 desorbe los vapores de combustible de los medios 54 de adsorción y el aire rico en vapor de combustible salen del adsorbedor 53 en un conducto 65. El aire en el conducto 65 pasa a través de una válvula 66 de retención al conducto 71 que envía el aire a uno de los tres Sistemas de Tratamiento de vapor de Combustible (Modo de Realización A, 70, figura 6A (FTSA); Modo de Realización B, 80, figura 6B (FTSB); y Modo de Realización C, 90, figura 6C (FTSC)). La figura 5 muestra un calentador 63 para calentar el aire enviado por el soplador 62. El calentador 63 puede eliminarse si el aire enviado por el conducto 61 tiene la temperatura suficiente para la desorción de los medios 54 de adsorción.
- Como alternativa, el calentador 63 y el soplador 62 pueden eliminarse. Puede suministrarse aire comprimido y de alta temperatura desde otro sistema a través del conducto 61, por ejemplo, del sistema de sangrado de aire del motor (todos los aviones excepto el BOEING 787) o desde el compresor del sistema de acondicionamiento de cabina (por ejemplo, el BOEING 787). Por tanto, el aire fluye automáticamente a los medios 54 de adsorción cuando la señal 40 abre la válvula 64 de cierre.
- El microprocesador 32 verifica si hay flujo de aire a través del adsorbedor 53 cuando la señal 40 está presente. La verificación de flujo confirma el rendimiento deseado del soplador 62 y del adsorbedor 53. La verificación puede realizarse usando un transductor 59 de presión diferencial (figura 5), que transmite la señal 60 al controlador 30. La señal 60 estando dentro del umbral de diseño  $DP_r$  indica un rendimiento aceptable del soplador/adsorbedor. Cuando



la señal 60 está fuera del umbral seleccionado,  $DP_r$ , genera la señal 34 que se transmite al panel 20 de control e indicación, figura 3, para iluminar el indicador 18 del soplador.  $DP_r$  se almacena en la memoria del microprocesador 32. El transductor 59 de presión y el indicador 18 del soplador pueden eliminarse y utilizarse otros medios de verificación.

- 5 El microprocesador 32 desactiva automáticamente el proceso de desorción cuando la presión exterior  $P_{amb}$  aumenta por encima de la presión umbral  $P_r$  o la temperatura del combustible  $T_{comb}$  aumenta por encima de  $T_{inicio}$ .

El controlador 30 controla el funcionamiento del sistema de adsorción y desorción (ADS) 50 mediante las señales 36, 38 y 40, como se describió anteriormente en la exposición que se refiere a dichas señales.

- 10 El aire cargado de vapor de combustible que se descarga desde el adsorbedor 53 fluye a través del conducto 71 hacia el sistema de tratamiento de vapor de combustible FTS, como el FTSA, FTSB o FTSC. En FTSA (figura 6A), el conducto 71 envía el aire cargado de vapor de combustible al (i) motor #1 a través de la válvula 73 de retención y el conducto 72 y (ii) al motor #2 a través de la válvula 75 de retención y el conducto 74. El aire cargado de vapor de combustible puede quemarse o destruirse en los motores #1 y #2 por cualquier método conocido. La figura 6A muestra el envío de aire cargado de vapor de combustible a los motores #1 y #2, pero el aire puede como alternativa canalizarse a un solo motor.

- 15 En FTSB (figura 6B), la descarga de aire cargado de vapor de combustible desde el adsorbedor 53 se envía a un intercambiador 83 de calor por el conducto 71. El aire cargado de vapor de combustible se enfría en el intercambiador de calor mediante aire ambiente suministrado al intercambiador de calor por un conducto 85. En FTSB, la señal 40 transmitida por el controlador 30 también abre la válvula 86 normalmente cerrada. Esto permite que el aire ambiente fluya a través del intercambiador 83 de calor. Algunos vapores de combustible se condensan en el intercambiador 83 de calor y son eliminados por un separador 81 de vapor de combustible. El combustible separado (o recuperado) es devuelto al depósito 100 de combustible a través de un conducto 88. El conducto 82 descarga aire de bajo contenido de vapor de combustible al aire ambiente exterior.

- 20 En FTSC (figura 6C), la descarga de aire cargado de vapor de combustible desde el adsorbedor 53 se envía a una tobera 92 de escape por el conducto 71. En FTSC, los vapores se expulsan fuera. Las regulaciones existentes no prohíben la descarga de vapores de combustible de los depósitos de combustible al aire ambiente exterior. FTSC tiene la ventaja de permitir la descarga selectiva de vapores de combustible en un momento donde el impacto al nivel del suelo puede reducirse, como cuando una aeronave está en altitud.

- 25 La figura 7 muestra el depósito 100 de combustible. Contiene combustible 102 líquido y espacio 110 vacío. Tanto el aire como el vapor de combustible pueden estar en el espacio 110 vacío y dicha mezcla a menudo se denomina mezcla del espacio vacío. El depósito 100 de combustible se ventila al aire ambiente exterior a través de un respiradero 104, que permite que el aire exterior fluya hacia dentro y hacia fuera para igualar la presión del depósito de combustible con la presión ambiental. Se pueden incluir entradas 103 de aire con válvulas de retención (no mostradas) para permitir que el aire ambiente fluya hacia el depósito de combustible. Estas entradas complementan la entrada de aire cuando el soplador 57 está funcionando. El puerto 105 de repostaje del depósito de combustible permite la conexión de la manguera de recarga de combustible (no mostrada) al puerto 105 de repostaje, que provoca la generación (automática o manual) de la señal 44 que se transmite al controlador 30 del sistema. El sensor de presión P del depósito de combustible proporciona la señal 106  $P_{comb}$  al controlador 30 del sistema. Como alternativa, el sensor P de presión puede eliminarse y se puede proporcionar una señal de presión ambiental ( $P_{amb}$ ) desde el sistema de datos de aire. El sensor T de temperatura de combustible proporciona la señal 108  $T_{comb}$  al controlador 30 del sistema. Una mezcla del espacio vacío del espacio 110 vacío fluye desde el depósito 100 de combustible al ADS 50 a través del conducto 51. El combustible líquido fluye de vuelta al depósito 100 de combustible a través del conducto 88 desde FTSB (figura 6B). El conducto 88 no es necesario si se utilizan FTSA o FTSC.

- 30 Es evidente a partir de lo anterior que el sistema 10 puede reducir la relación de combustible-aire del espacio vacío en el depósito 100 de combustible. El sistema 10 comienza a purgar la mezcla del espacio vacío a temperaturas inferiores a  $T_{in}$ , impidiendo de este modo que el depósito 100 de combustible se vuelva inflamable. Por tanto, es un sistema preventivo. También, es evidente que el sistema 10 puede reducir la relación de combustible-aire del espacio vacío y hacer que el depósito 100 de combustible sea inerte en el caso de que el depósito 100 de combustible fuera inicialmente inflamable (no inerte).

35 Se pueden realizar varios cambios/mejoras al sistema descrito anteriormente acordes con los modos de realización del presente documento. Por ejemplo, se pueden agregar tiras de conexión a masa para reducir el potencial de un fuego debido a la electricidad estática. Se pueden instalar parallas para detener la propagación de llamas en caso de incendio. Se puede agregar un equipo de prueba incorporado para detectar fallos en los componentes.

El sistema 10 instalado en una aeronave puede funcionar de la siguiente manera cuando la energía eléctrica (de la nave o de tierra) está disponible y activada, por ejemplo, poniendo el conmutador 12 manual en la posición ENCENDIDO. Pueden existir algunas diferencias para el funcionamiento en otros vehículos, pero los expertos en la técnica apreciarán inmediatamente la adaptación apropiada basándose en la descripción del presente documento.

5 Mientras está en tierra durante el repostaje del combustible a todas las temperaturas ambiente, el sistema 10 detecta las operaciones de repostaje de combustible por la presencia de la señal 44. La señal 44 puede generarse automáticamente cuando la manguera de carga de combustible está conectada al puerto de carga de combustible o puede ser una señal manual. El soplador 57 del sistema extrae la mezcla del espacio vacío del espacio 110 vacío a través del adsorbedor 53 durante la operación de repostaje del combustible. Los medios 54 de adsorción retienen los vapores de combustible. El aire ambiente entra en el depósito 100 de combustible a través del respiradero 104 del depósito de combustible y, si están provistos, de los puertos 103 de entrada. El sistema 10 reduce así la contaminación del aeropuerto.

15 Mientras está en tierra en otros momentos (no repostando), incluyendo el rodaje de salida para el despegue y durante el ascenso del despegue, el sistema 10 permanece en modo de espera y comienza automáticamente a funcionar si la temperatura del combustible excede  $T_{inicio}$  debido al calentamiento del depósito de combustible. El soplador 57 extrae la mezcla del espacio vacío del espacio 110 vacío a través del adsorbedor 53. Los medios 54 de adsorción retienen los vapores de combustible. El aire ambiente entra al depósito 100 de combustible a través del respiradero 104 del depósito de combustible y, si están provistos, de los puertos 103 de entrada. El sistema 10 continúa funcionando para una temperatura del combustible  $T_{comb}$  mayor que  $T_{parada}$ . Cuando la temperatura del combustible se reduce por debajo de  $T_{parada}$ , el sistema 10 se apaga automáticamente. La temperatura del combustible puede reducirse a  $T_{parada}$  debido al enfriamiento del depósito de combustible durante el ascenso del despegue.

25 Durante la travesía, el sistema 10 funciona como se indica para cuando está en tierra (no repostando), el rodaje de salida y el ascenso del despegue. Además, para una temperatura del combustible inferior a  $T_{inicio}$  y  $P_{amb}$  (o  $P_{comb}$ ) inferior a  $P_r$ , el soplador 62 del sistema impulsa aire caliente a través del adsorbedor 53. Los vapores de combustible retenidos por los medios 54 de adsorción se liberan al aire caliente. En un modo de realización alternativo (sin soplador 62 y calentador 63), el aire caliente fluye desde otro sistema (sangrado de aire del motor o suministro de aire comprimido) a través del adsorbedor 53. Los vapores de combustible retenidos por el adsorbedor 53 se liberan al flujo de aire. El aire cargado de vapor de combustible se suministra al sistema de tratamiento de vapor de combustible FTSA 70, FTSA 80 o FTSC 90. Por tanto, los medios 54 de adsorción se reactivan para su reutilización. Durante el descenso y el rodaje de entrada, el sistema 10 funciona como se indica para cuando está en tierra (no repostando), el rodaje de salida y el ascenso del despegue.

35 El sistema 10 puede usar energía eléctrica para el funcionamiento del soplador 57 durante el proceso de adsorción o el soplador 62 y el calentador 63 durante el proceso de desorción. Los requisitos de potencia durante la desorción pueden ser mayores cuando el calentador 63 es eléctrico. Sin embargo, los requisitos de potencia pueden ser significativamente menores que los de un sistema de inertización por generación de gas nitrógeno (NGS) que utiliza un sistema de generación de gas inerte a bordo.

40 Cabe señalar que el sistema de adsorción funciona cuando la temperatura del combustible  $T_{comb}$  es mayor que  $T_{parada}$ . Dado que el aire frío exterior enfría el depósito de combustible, se estima que el sistema de adsorción funcionaría por debajo de aproximadamente 7.600m (25.000pies) en una atmósfera caliente. El funcionamiento puede ser hasta altitudes inferiores en atmósferas más frías. El proceso de desorción funciona cuando la presión ambiental  $P_{amb}$  (o  $P_{comb}$ ) es menor que la presión umbral  $P_r$ .

45 Un sistema, como el sistema 10, puede usar componentes muy fiables, es decir, sopladores, válvulas, intercambiadores de calor, separadores de neblina de combustible, sensores y adsorbedores. Los sopladores pueden ser los únicos componentes con partes móviles. El sistema puede tener una baja tasa de fallos y bajos requisitos de mantenimiento en comparación con un NGS. Además, el sistema puede tener una alta fiabilidad y disponibilidad en comparación con un NGS. Es posible eliminar y reemplazar componentes defectuosos en línea sin la necesidad de una exención de 10 días en la MMEL actualmente permitido para un NGS.

50 Los costes recurrentes y no recurrentes pueden ser extremadamente bajos en comparación con un NGS. Todos los componentes pueden ser de última generación y estar disponibles a un coste razonable. Los costes recurrentes pueden ser bajos, ya que el sistema podría no requerir el reemplazo programado de los componentes (por ejemplo, filtros, convertidor de ozono, ASM) como un NGS.

55 El sistema puede ser considerablemente más seguro que un NGS. Un NGS está diseñado en base a una concentración promedio de oxígeno en volumen del 12% de oxígeno en el espacio vacío, que podría no hacer que un depósito de combustible no sea inflamable (inerte) o evitar la combustión y la generación de presión interna del depósito de combustible. Los sistemas y métodos en el presente documento en cambio hacen y mantienen el depósito de combustible no inflamable (inerte) y previenen la combustión (formación de llama).

Según un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un método de eliminación de vapor de combustible que comprende: purgar el vapor de combustible del espacio vacío de un depósito de combustible usando aire que se añade al espacio vacío, reducir la relación combustible-aire en el espacio vacío usando la purga de aire y adsorber el vapor de combustible purgado hacia los medios de adsorción. De manera ventajosa, el depósito de combustible y los medios de adsorción están en una aeronave y la relación de combustible-aire reducida está por debajo de un límite de inflamabilidad. De manera ventajosa, el método comprende además desorber el vapor de combustible de los medios de adsorción mientras que la relación combustible-aire está por debajo de un límite de inflamabilidad. De manera ventajosa, los medios de adsorción presentan una primera temperatura al finalizar la adsorción antes de que comience la desorción y la desorción del vapor de combustible comprende aire que fluye a través de los medios, el aire que fluye presenta una segunda temperatura más alta que la primera temperatura y los medios están a una presión por debajo de 101 kPa (14,7 libras por pulgada cuadrada-psi). De manera ventajosa, el depósito de combustible y los medios de adsorción están en una aeronave, la desorción del vapor de combustible se produce mientras la aeronave está en vuelo, y el aire que fluye contiene aire ambiente y/o aire dinámico ya usado.

Según un aspecto adicional de la presente divulgación, se proporciona un sistema de eliminación de vapor de combustible que comprende: un depósito de combustible que tiene un espacio vacío; un sistema de adsorción que incluye medios de adsorción de vapor de combustible conectados de manera fluida al espacio vacío y a un sistema de purga de espacio vacío; y un sistema de desorción de vapor de combustible. El sistema de desorción puede estar conectado de manera fluida a un sistema de tratamiento de vapor de combustible. El sistema de tratamiento de vapor de combustible puede estar conectado de manera fluida a un motor. Como alternativa o de manera adicional, el sistema de tratamiento de vapor de combustible puede incluir medios para condensar el vapor de combustible desorbido y los medios de condensación pueden estar conectados de manera fluida al depósito de combustible. Los medios de condensación pueden incluir un intercambiador de calor que esté conectado de manera fluida al aire ambiente. Como alternativa o de manera adicional, el sistema de tratamiento de vapor de combustible puede incluir una tobera de descarga para expulsar el vapor de combustible desorbido al exterior. Los modos de realización se han descrito en un lenguaje más o menos específico en cuanto a características estructurales y metodológicas. Sin embargo, ha de entenderse que los modos de realización no están limitados a las características específicas mostradas y descritas. Por lo tanto, los modos de realización se reivindican en cualquiera de sus formas o modificaciones dentro del alcance que corresponda de las reivindicaciones adjuntas interpretadas de manera apropiada conforme a la doctrina de equivalentes.

30 TABLA DE NÚMEROS DE REFERENCIA PARA LAS FIGURAS

1 sistema	62 soplador
3 controlador del sistema	63 calentador
5 sistema de adsorción	64 válvula de cierre
7 señal	65 conducto
9 señal	66 válvula de retención
10 sistema	70 sistema de tratamiento de combustible (FTS) Modo de Realización A
12 conmutador manual	71 conducto
14 señal	72 conducto
18 indicador del soplador	73 válvula de retención
20 panel de indicación y control	74 conducto
30 controlador del sistema	75 válvula de retención
32 microprocesador	80 FTS Modo de Realización B
34 señal	81 separador de vapor
36 señal	82 conducto

## ES 2 687 961 T3

38 señal	83 intercambiador de calor
40 señal	85 conducto
44 señal	86 válvula
50 sistema de adsorción y desorción (ADS)	88 conducto
51 conducto	90 FTS Modo de Realización C
52 válvula de retención	92 tobera de escape
53 adsorbedor	100 depósito de combustible
54 medios de adsorción	102 combustible
56 válvula de cierre	103 puertos de entrada
57 soplador	104 respiradero ambiental
58 descarga	105 puerto de repostaje de combustible
59 transductor de presión	106 señal
60 señal	108 señal
61 conducto	110 espacio vacío

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de eliminación de vapor de combustible que comprende:
- determinar que el espacio (110) vacío de un depósito (100) de combustible de un vehículo se aproxima a la inflamabilidad;
- 5 eliminar el vapor de combustible del espacio (110) vacío;
- adsorber el vapor de combustible eliminado del espacio (110) vacío hacia los medios de adsorción en el vehículo; y
- desorber el vapor de combustible de los medios de adsorción mientras está en el vehículo;
- caracterizado porque los medios de adsorción están conectados de manera fluida a un sistema de purga del espacio vacío.
- 10 2. El método de la reivindicación 1, en donde el vehículo comprende una aeronave y la desorción del vapor de combustible se produce mientras la aeronave está en vuelo.
3. El método de la reivindicación 2, que comprende además expulsar fuera el vapor de combustible desorbido mientras la aeronave está en vuelo o quemar el vapor de combustible desorbido en un motor propulsor de la aeronave.
- 15 4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende además condensar el vapor de combustible desorbido y devolver el combustible condensado al depósito (100) de combustible.
5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde la eliminación del vapor de combustible comprende purgar el espacio (110) vacío añadiendo aire al espacio (110) vacío y el método comprende además reducir una relación combustible-aire en el espacio (110) vacío utilizando la purga de aire, que la relación combustible-aire reducida esté por debajo de un límite de inflamabilidad.
- 20 6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde la desorción del vapor de combustible se produce mientras que una relación de combustible-aire en el espacio (110) vacío está por debajo de un límite de inflamabilidad.
7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde los medios de adsorción comprenden carbón activado y la desorción de vapor de combustible comprende reactivar el carbón activado.
- 25 8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde los medios de adsorción presentan una primera temperatura al finalizar la adsorción antes de que comience la desorción y la desorción del vapor de combustible comprende aire que fluye a través del medio, el aire que fluye presenta una segunda temperatura más alta que la primera temperatura y los medios están a una presión por debajo de 101 kPa (14,7 libras por pulgada cuadrada).
- 30 9. Un sistema (1; 10) de eliminación de vapor de combustible que comprende:
- un depósito (100) de combustible que tiene un espacio (110) vacío;
- un sistema (5) de adsorción que incluye medios de adsorción de vapor de combustible conectados de manera fluida al espacio (110) vacío; y
- 35 un controlador (3; 30) que incluye un sistema de determinación de inflamabilidad y configurado para iniciar la eliminación de vapor de combustible del espacio (110) vacío hacia los medios de adsorción antes de que el espacio (110) vacío presente inflamabilidad;
- caracterizado porque:
- los medios de adsorción están conectados de manera fluida a un sistema de purga del espacio vacío; y
- 40 el controlador (3; 30) está configurado para iniciar la eliminación de vapor de combustible mediante el sistema de purga.

10. El sistema (1; 10) de la reivindicación 9 que además comprende un vehículo, en donde el depósito (100) de combustible es un depósito de combustible del vehículo y el sistema (5) de adsorción está en el vehículo.

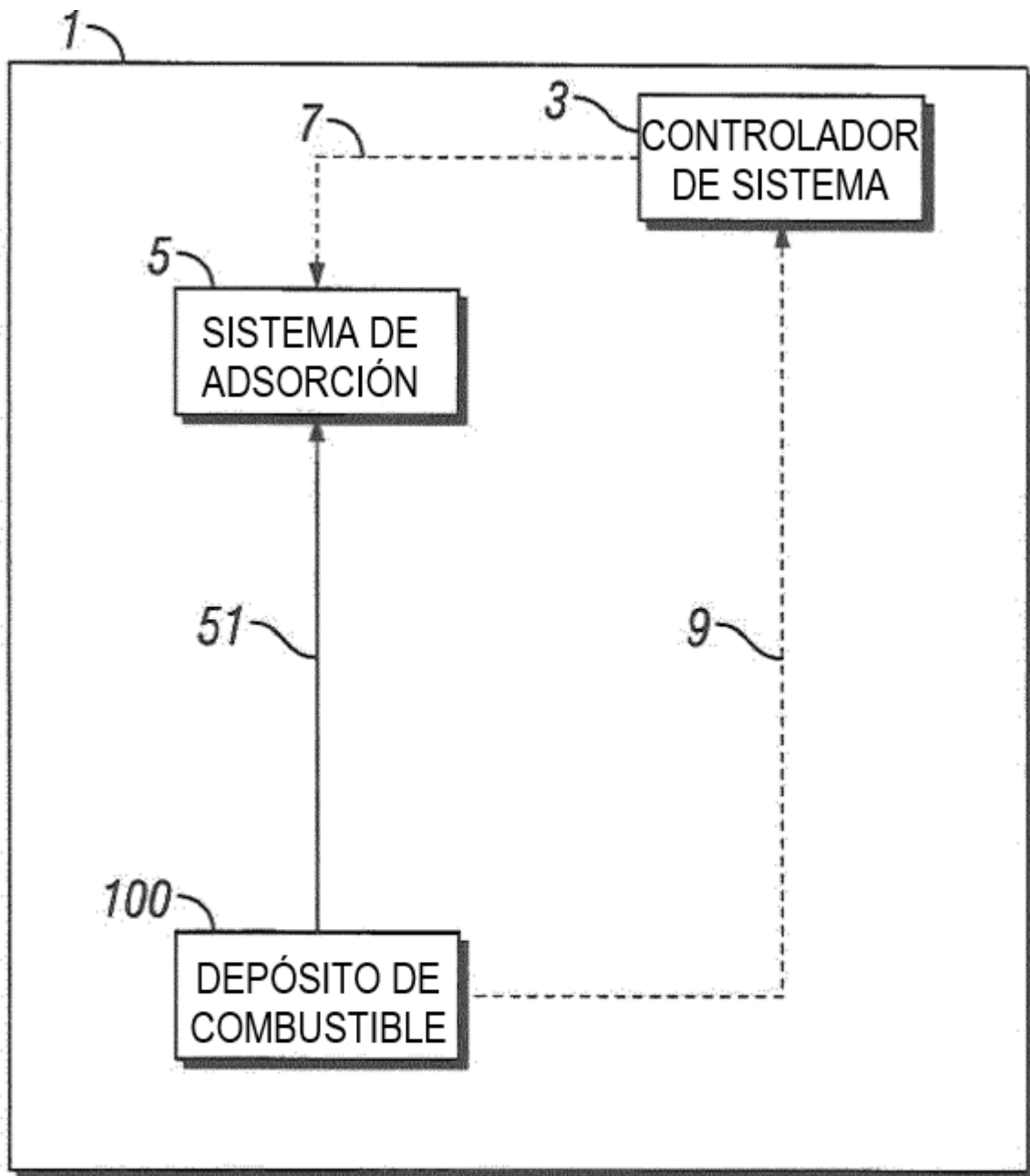
11. El sistema (1; 10) de la reivindicación 10, en donde el vehículo comprende una aeronave.

5 12. El sistema (1; 10) de cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en donde el sistema (5) de adsorción es un sistema (50) de adsorción y desorción y comprende además un sistema de desorción de vapor de combustible, estando además el controlador (3; 30) configurado para detener la eliminación de vapor de combustible por el sistema de purga y para iniciar la desorción de vapor de combustible por el sistema de desorción mientras el espacio (110) vacío no sea inflamable.

10 13. El sistema (1; 10) de la reivindicación 12, en donde el sistema de desorción comprende un soplador (62) de aire y un calentador (63) de aire conectados de manera fluida a los medios de adsorción.

14. El sistema (1; 10) de cualquiera de las reivindicaciones 9-12, en donde el sistema de determinación de inflamabilidad comprende un sensor de temperatura de combustible, un sensor de presión del depósito de combustible y un procesador configurado para determinar inflamabilidad usando al menos una temperatura de combustible y una presión de depósito de combustible.

15



**FIG. 1**

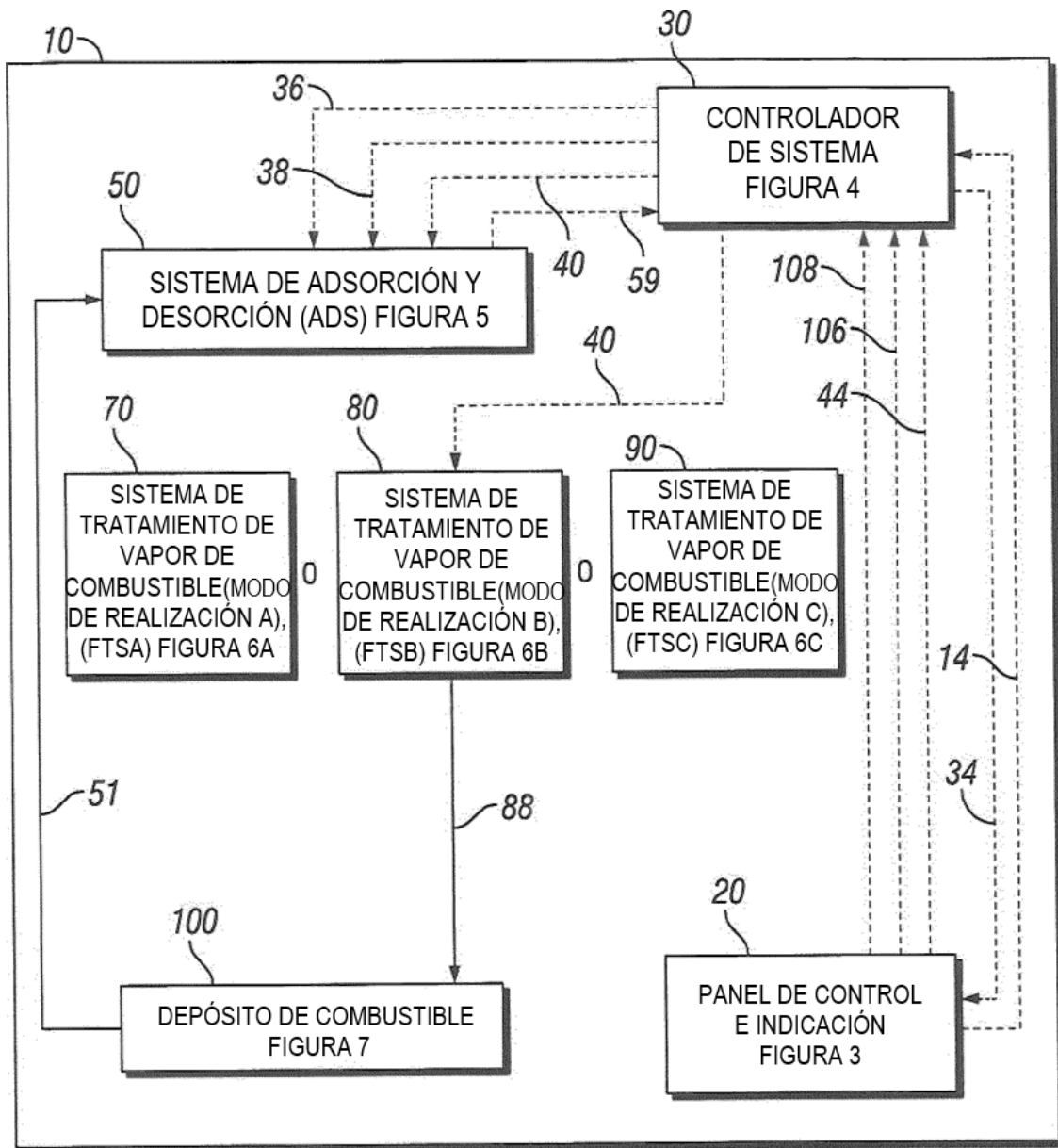


FIG. 2

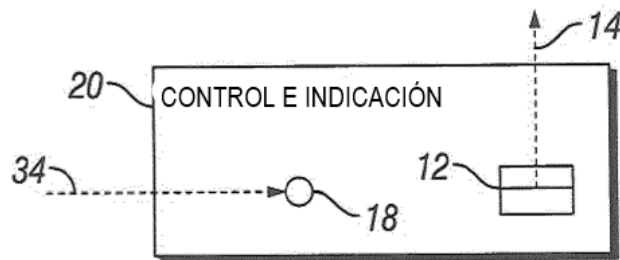


FIG. 3



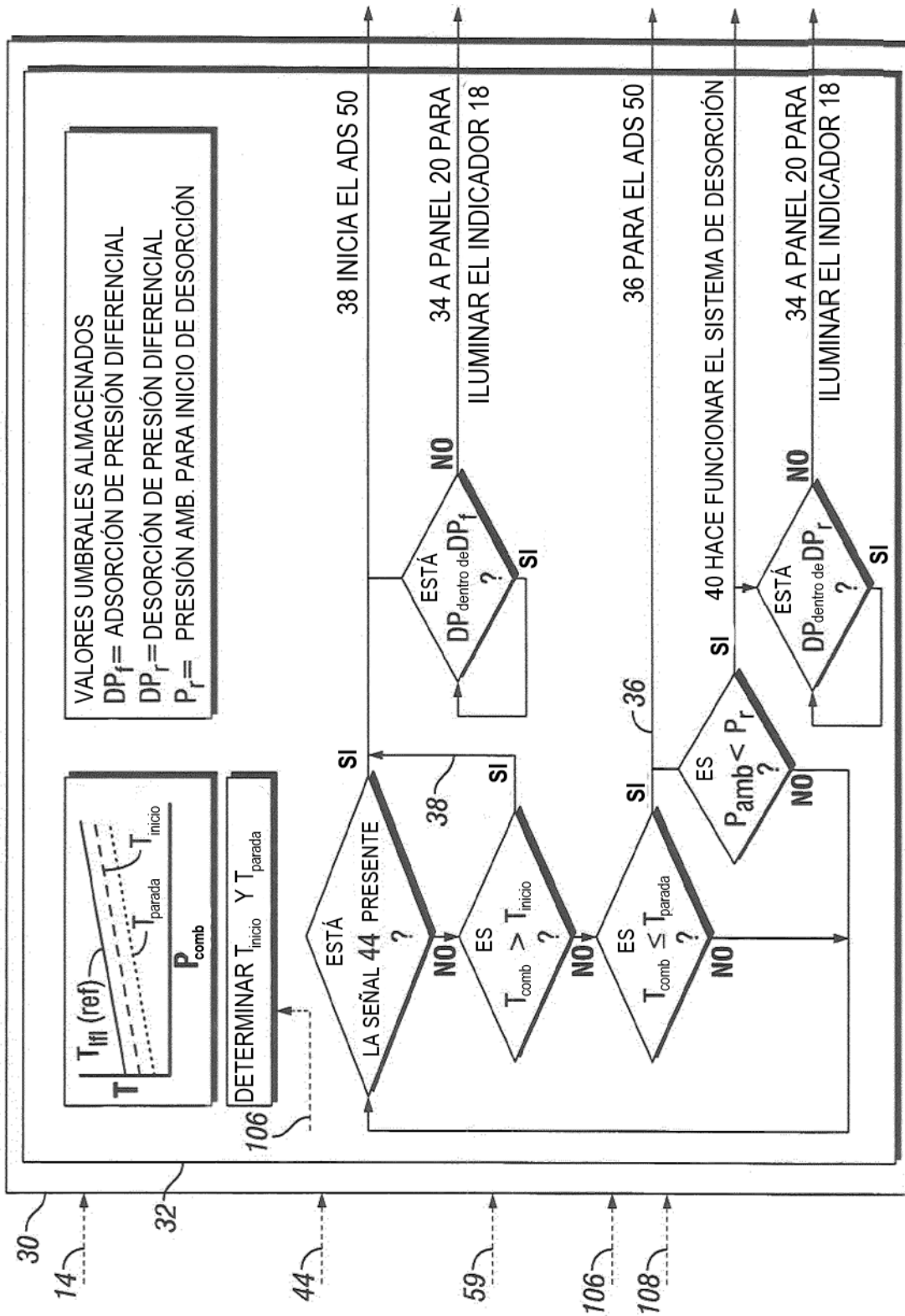
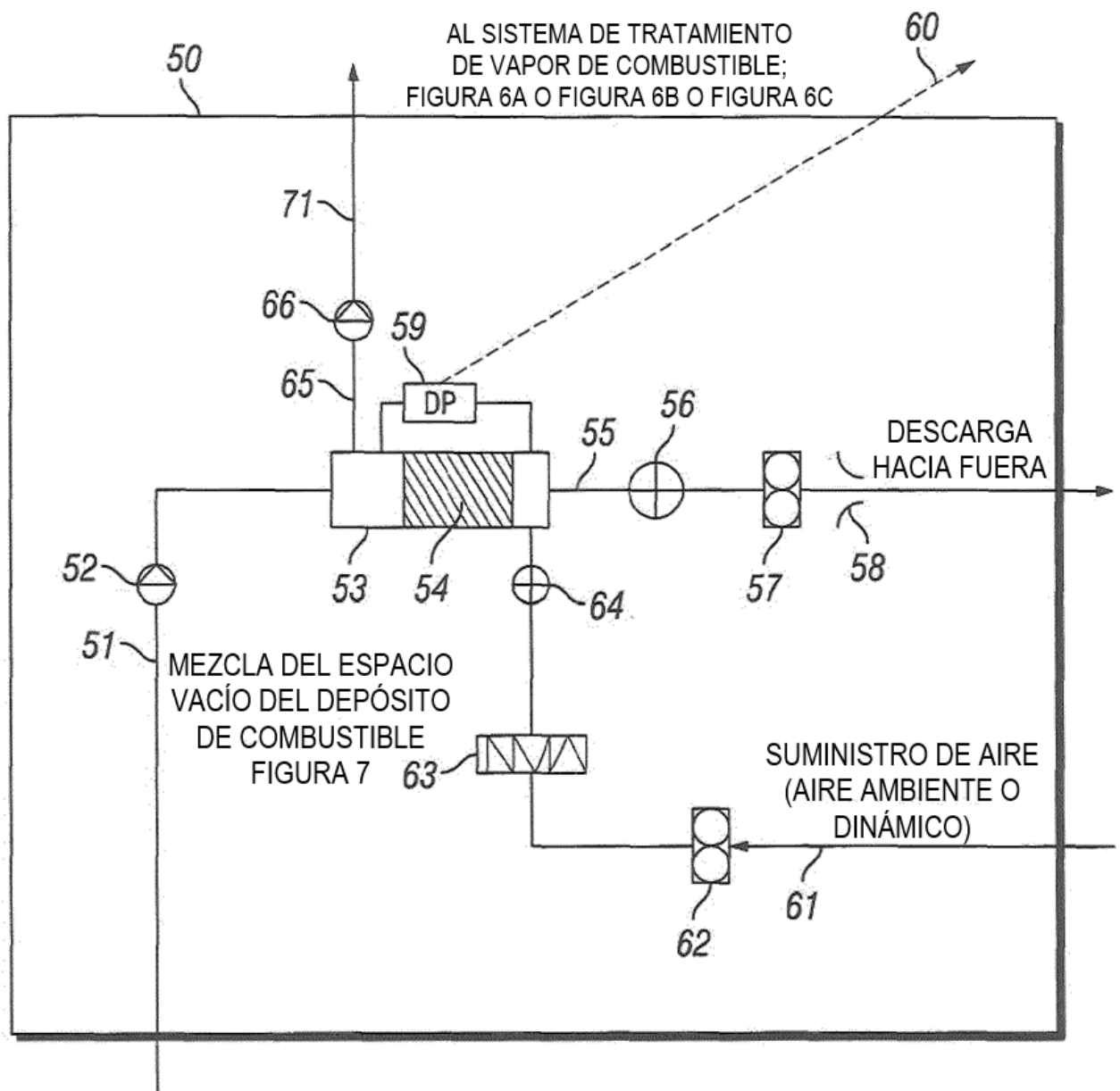
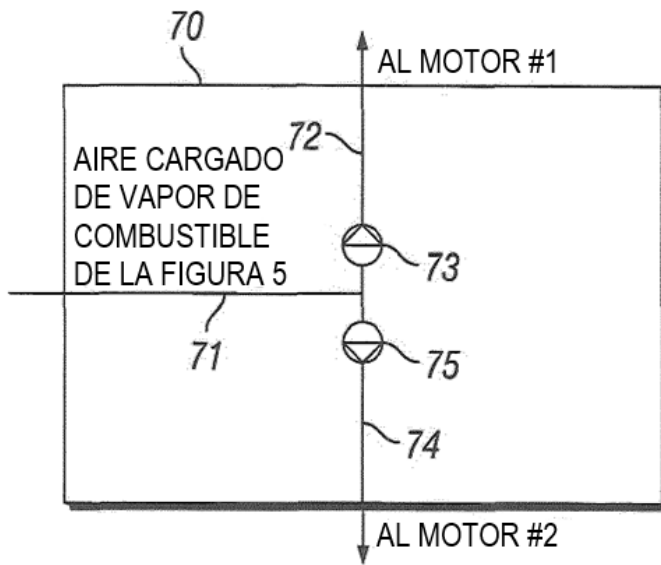


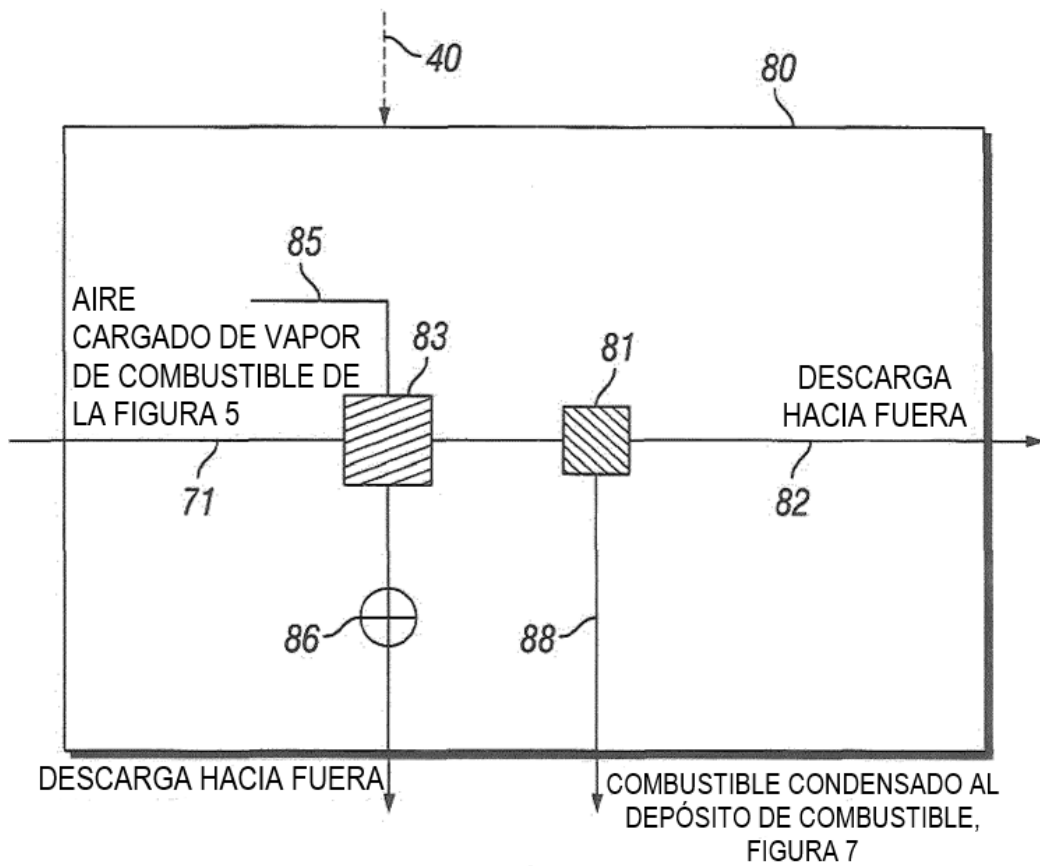
FIG. 4



**FIG. 5**



**FIG. 6A**



**FIG. 6B**

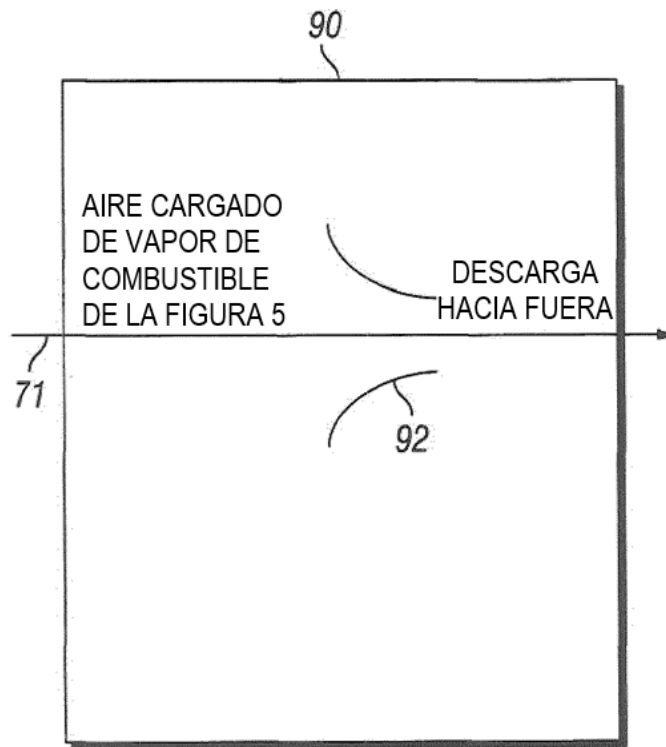


FIG. 6C

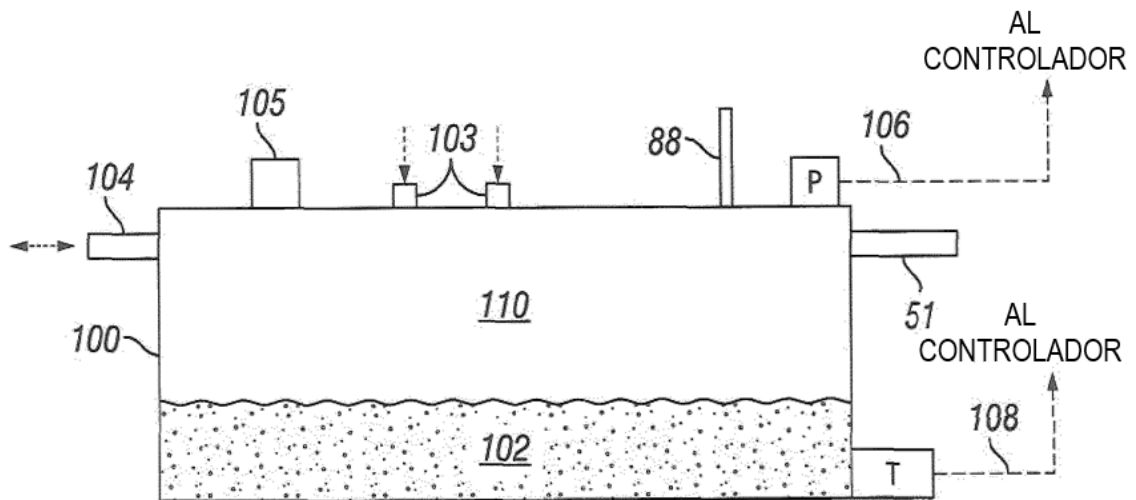


FIG. 7