

## MECANISMO DE SIMULACIÓN PULMONAR

### CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se relaciona con los dispositivos para simular la ventilación de los pulmones. Más específicamente, la presente invención se relaciona con dispositivos para simular y emular la mecánica de los pulmones de seres vivos, más específicamente, mamíferos como los pulmones de los seres humanos.

### 10 DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

El estado de la técnica divulga dispositivos de simulación pulmonar como los divulgados en los documentos de patente FR 2520909 A1 y WO 1997012351 A1.

15 El documento FR 2520909 A1 divulga un simulador pulmonar que comprende dos fuelles, cada uno conectado en un extremo a una lámina fija, y en el otro extremo a una lámina móvil, un resorte que se conecta a las láminas fijas y a las móviles y dos cámaras selladas las cuales contienen en su interior las láminas, los fuelles y los resortes que conectan las láminas. El documento D1 también divulga un conducto con una entrada y dos salidas, en donde, cada  
20 una de las salidas del conducto está conectada a cada uno de los fuelles, y un segundo conducto, conectado a cada una de las cámaras, y donde, la salida de dicho conducto está conectado a un motor respirador.

Por otro lado, el documento FR 2520909 A1 no divulga como simular las condiciones reales  
25 de respiración de un ser vivo tal como la contracción del diafragma, ni tampoco permite conocer el flujo de aire que circula en cada uno de los conductos.

El documento WO 1997012351 A1 divulga un simulador pulmonar que comprende una cámara, un mecanismo generador de presión conectado a la cámara, el cual le permite generar  
30 presión negativa o positiva al interior de la cámara, y un controlador conectado al generador de presión, el cual permite variar la presión negativa o presión positiva al interior de la cámara. En una modalidad de la invención divulgada por D2, también se describe un cilindro, un pistón localizado al interior del cilindro y un motor conectado operativamente al pistón, este mecanismo le permite moverse y generar presión al interior del cilindro.

35 Dicho lo anterior, el estado de la técnica divulga documentos que hablan sobre mecanismos que pueden simular parcialmente la mecánica pulmonar, pero no describen como simular las fuerzas viscoelásticas que permiten la ventilación pulmonar, ni como variar el estado de las afecciones pulmonares para simular cuando un pulmón está completamente enfermo, o  
40 cuando un pulmón tiene apenas indicios de alguna enfermedad.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención corresponde a un dispositivo para simular y la mecánica pulmonar que comprende un conducto (1) con una entrada y una salida, un dispositivo de expansión (2) con una entrada y una salida, en donde la entrada del dispositivo de expansión (2) se conecta a la salida del conducto (1), un contenedor (4) que en su interior comprende el conducto (1) y el dispositivo de expansión (2), un dispositivo de desplazamiento (3) conectado al dispositivo de expansión (2).

El conducto (1) hace las veces de la vía aérea que permite el ingreso de gases hacia los pulmones desde el medio ambiente, y desde el medio ambiente hacia los pulmones. El dispositivo de expansión (2) realiza las funciones de la unidad alveolar, el contenedor (4) representa la caja torácica la cual alberga los componentes como el conducto (1) y el dispositivo de expansión (2), y el dispositivo de desplazamiento (3) representa la unidad diafragmática la cual permite generar movimiento al dispositivo de expansión (2).

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La FIG. 1 ilustra un mecanismo de simulación pulmonar que comprende conducto (1) un elemento de expansión (2) conectado al conducto (1), un contenedor (4) que comprende en su interior al conducto (1) y al elemento de expansión (2) y un dispositivo de desplazamiento (3) conectado al contenedor (4).

La FIG. 2 ilustra un conducto con área transversal variable y con un resorte en su interior.

La FIG. 3 ilustra dos vistas diferentes de un entramado de conductos los cuales son tubos que tienen una entrada y varias salidas/.

La FIG. 4 ilustra tres vistas de un conducto, y un servomotor dispuesto proximal al conducto.

La FIG. 5 ilustra cuatro vistas de una estructura que soporta un fuelle, dos placas, y un pistón al interior de un cilindro, en donde el cilindro está conectado a una de las placas.

La FIG. 6 ilustra la estructura con el fuelle ilustrado en la FIG. 5 con el detalle de dos bujes unidos por un elemento roscado.

La FIG. 7 ilustra un conjunto de cuatro pistones al interior de cuatro cilindros respectivamente, en donde los pistones están dispuestos sobre una barra.

La FIG. 8 ilustra otra vista del conjunto de pistones ilustrado en la FIG. 7.

La FIG. 9 ilustra una estructura con forma de caja, en donde las paredes de dicha estructura se presentan en estado explosionado.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

5

La presente invención corresponde a un dispositivo para simular y la mecánica pulmonar que comprende un conducto (1) con una entrada y una salida, un dispositivo de expansión (2) con una entrada y una salida, en donde la entrada del dispositivo de expansión (2) se conecta a la salida del conducto (1), un contenedor (4) que en su interior comprende el conducto (1) y el dispositivo de expansión (2), un dispositivo de desplazamiento (3) conectado al dispositivo de expansión (2).

Un elemento de vacío genera un vacío inicial al contenedor (4) antes de la puesta en funcionamiento de la presente invención, después, el dispositivo de desplazamiento (3) genera una presión negativa al interior del contenedor (4). Dicha presión negativa puede cambiar en intervalos de tiempo. La presión negativa generada por el dispositivo de desplazamiento (3) permite que el dispositivo de expansión (2) se expanda o se contraiga. Cuando el dispositivo de expansión (2) se expande por acción de la presión negativa generada por el dispositivo de desplazamiento (3), ingresa aire por el conducto (1) hacia el interior de dispositivo de expansión (2), y cuando el dispositivo de expansión (2) se contrae, el aire contenido al interior del dispositivo de expansión (2), es liberado a través del conducto (1).

El conducto (1) es un elemento el cual tiene al menos una entrada y al menos una salida. Dicho conducto (1) permite absorber y expulsar gases, además, simula las funciones de la vía aérea que tienen los pulmones. El conducto (1) puede tener más de una salida de vía aérea (102) y más de una ramificación o derivación. Para el entendimiento de la presente invención, se entenderá por ramificación o derivación, a cada una de las salidas del conducto (1). El conducto (1) también puede tener una entrada, y más de una ramificación, en donde estas se unen al final convergiendo en una sola salida. Uno de los efectos técnicos de que el conducto (1) tenga más de una ramificación, es aumentar el volumen del flujo de gases y el caudal que entran o salen a través del conducto (1).

El área transversal del conducto (1) puede seleccionarse del grupo conformado por cuadrados, triángulos, círculos, rectángulos, pentágonos, trapecios, elipses, rombos, hexágono, heptágono, octágono, decágono, geometrías equivalentes que sean conocidas por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

El material del conducto (1) puede seleccionarse del grupo conformado por materiales flexibles como, siliconas, materiales elastomérico, caucho natural, polisopreno, polibutadieno, caucho estireno-butadieno, caucho butilo, caucho nitrilo como Policloruro de vinilo (PVC), Poliestireno (PS), Polietileno (PE) (HDPE o LDPE, alta y baja densidad),

Polimetilmetacrilato (PMMA), Polipropileno (PP), Politereftalato de etileno (PET), Poliuretano (PU), Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), Estireno acrilonitrilo (SAN), Nailon (poliamida 6, PA 6), Poli (n-butil acrilato), Poliacrilonitrilo, Polianhidrido, Policaprolactona, Policarbonato, Policiclooctano, Poliéster, Polietilenimina, Polilactona, 5 Polióxido de etileno, Polisiloxano, Polisulfona, Poliurea, Poliuretano Termoplástico (TPU), Tereftalato de Polibutileno (PBT) caucho natural, caucho sintético, elastómeros termoplásticos, caucho vulcanizado, poliuretano termoplástico, poliuretanos termoestables, elementos equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores. Uno de los efectos técnicos de que el conducto 10 (1) sea de un material blando, es permitir que, por medio de una fuerza o una carga externa, cambiar el área transversal del conducto (1).

La presente invención también puede tener un elemento de restricción (108) conectado a una superficie exterior del conducto (1) o localizado al interior del conducto (1). Dicho elemento 15 de restricción (108) permite variar el área trasversal de los diferentes tramos del conducto (1), desde un 0% de apertura de área trasversal hasta un 100% de apertura de área trasversal respecto al área trasversal del conducto (1) cuando ninguna carga externa actúa sobre este.

Uno de los efectos técnicos de incluir un elemento de restricción (108) es simular diferentes 20 enfermedades obstructivas que se presentan en la mecánica respiratoria. El elemento de restricción se selecciona del grupo conformado por servomotores, pinzas, hebras, hilos, cuerdas, válvulas de retención, válvulas de compuerta, válvula antirretorno, válvulas de bola o válvula esférica, válvula de seguridad o de alivio de presión, válvula de globo (o de asiento), válvula mariposa, válvula de diafragma, válvula rotatoria, cables o elementos localizados 25 alrededor del conducto (1), imanes, elementos equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

El conducto (1) también puede estar dividido en tramos. Para el entendimiento de la presente invención se entenderá que el conducto (1) está dividido en tramos, a que el 30 conducto (1) está dividido en secciones, en donde, cada una de las secciones pueden tener propiedades diferentes, ya sean de área trasversal o material. Uno de los efectos técnicos de que el conducto (1) este dividido en diferentes secciones, en donde el área trasversal de cada uno es de diferente tamaño, es aumentar o disminuir el volumen de gases que entran desde la atmosfera al interior del conducto (1). Otro de los efectos técnicos es permitir que la 35 velocidad de flujo sea menor, lo que crea un perfil de velocidad de flujo al interior del conducto (1) posible de calcular por una persona medianamente versada en la materia.

El área trasversal de cada una de las ramificaciones del conducto (1), y de los tramos puede seleccionarse del grupo conformado por cuadrados, triángulos, círculos, rectángulos, 40 pentágonos, trapecios, elipses, rombos, hexágono, heptágono, octágono, decágono,

elementos equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

Así mismo, el conducto (1) puede tener un elemento anti colapso (107) localizado en su interior. Dicho elemento anti colapso (107) permite que cuando el conducto (1), las ramificaciones o tramos del conducto (1) se doblen, o que alguna fuerza externa lo suficientemente grande para reducir el área transversal del conducto (1), actúe sobre este, el área transversal no se reduzca por dicho doblez o dicha fuerza externa.

Otro de los efectos técnicos de incluir dicho elemento anti colapso (107) al interior del conducto (1), es permitir que el conducto (1) adquiera cualquier forma con cualquier doblez. Lo anterior permite que el conducto (1) sea insertado al interior de la caja torácica sin que se produzca una reducción de su área transversal, lo que implicaría menor caudal de gases al interior del conducto (1). Se debe de tener en cuenta que la zona del conducto (1) en donde está dispuesto el elemento de restricción (108), no se dispone elemento anti colapso (107).

El elemento anti colapso (107) puede seleccionarse del grupo conformado por resortes, elementos equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

El conducto (1) puede tener un sensor ubicado en la entrada del conducto (1), otro sensor ubicado antes del elemento de restricción, un sensor ubicado después del elemento de restricción y un sensor ubicado en la salida del conducto (1), dicha salida se conecta al dispositivo de expansión (2).

Los sensores son sensores de flujo y de presión, y permiten medir el caudal de flujo de gases durante el funcionamiento de la presente invención. Otro de los efectos técnicos que tiene incluir los sensores anteriormente mencionados, es medir el funcionamiento de la presente invención mientras se está simulando alguna enfermedad pulmonar.

Los sensores para la medición de las propiedades de los gases, como el caudal o la presión al interior del conducto (1) pueden seleccionarse del grupo conformado por sensores semiconductores, sensores infrarrojos, sensores ultrasónicos, sensores electroquímicos, sensores catalíticos, elementos equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

Haciendo referencia a la FIG. 2, el conducto (1) es un elemento tubular que se conforma por una entrada de vía aérea (101) y una salida de vía aérea (102). La entrada de vía aérea (101) permite la entrada de gases. Por la salida de vía aérea (102) salen los gases que entran por la entrada de vía aérea (101). Para el entendimiento de la presente invención, a la entrada del

conducto (1) se llamará como entrada de vía aérea (101), y a la salida del conducto (1) se llamará como salida de vía aérea (102).

5 El conducto (1) también puede tener un conector (106). Dicho conector (106), puede ser un conector de tres vías, de cuatro vías, de cinco vías. Haciendo referencia a La FIG. 2 , el conducto (1) tiene un conector (106) de tres vías. El conector (106) permite que el conducto (1) tenga más de una ramificación o derivación.

10 Haciendo referencia a la FIG. 3, ilustra la entrada de vía aérea (101) del conducto (1) conectada a un primer conducto de conector (106) de tres vías, de la cual se desprende una primera ramificación (102a) y una segunda ramificación (102b).

15 Haciendo referencia a la FIG. 2 y la FIG. 3, tanto la primera ramificación (102a) y la segunda ramificación (102b) se dividen en tres tramos. Un primer tramo (103) conectado en un extremo a un segundo tramo (104), el segundo tramos (104) conectado en un extremo al primer tramo (103) y en el otro extremo al tercer tramos (105).

20 El área transversal del segundo tramo (104) es mayor que el área transversal del primer tramo (103), y el área transversal del tercer tramo (105) es mayor que el área trasversal del segundo tramo (104).

Haciendo referencia a la FIG. 4, el elemento de restricción (108) se conforma por un servomotor, con un brazo (109) de una punta conectado al servomotor. En dicho brazo (109) de una punta conectada al engrane del servo, se extienden una barra cilíndrica (110). Dicha  
25 barra cilíndrica (110) está apoyada sobre las paredes del conducto (1). Cuando se da una señal al servo, este mueve el brazo (109) y por consiguiente se mueve la barra cilíndrica (110) hacia las paredes del conducto (1) ejerciendo unas paredes sobre estas.

30 Una de las ventajas técnicas de que el elemento de restricción (108) sea un servomotor, es controlar la apertura de las paredes del conducto (1) por medio de la fuerza ejercida desde la barra cilíndrica (110) hacia las paredes del conducto (1), lo que permite variar la presión al interior del conducto (1). Otro de los efectos técnicos de incluir el elemento de restricción (108) es variar la resistencia al flujo al interior del conducto lo que permite analizar las caídas de presión que ocurren al interior del conducto (1).

35 Haciendo referencia a la FIG. 4, en una modalidad de la invención, el elemento anti colapso (107) es un resorte que se ubica al interior del conducto (1), y permite que el área transversal del conducto (1) no se reduzca por algún tipo de fuerza externa.

40 El dispositivo de expansión (2) de la presente invención se conforma por un elemento que se expande y se contrae. El elemento tiene una entrada y una salida, y en su interior tiene un

volumen de almacenamiento que puede cambiar cuando dicho dispositivo de expansión (2) se contrae o se expande. La entrada del dispositivo de expansión (2) se conecta a la salida de vía aérea (102). Dicho dispositivo de expansión (2) puede ser un contenedor. La salida y la entrada del dispositivo de expansión (2) pueden ser el mismo conducto. El dispositivo de expansión (2) también puede ser un contenedor el cual puede cambiar su volumen interno como, por ejemplo, un fuelle. El dispositivo de expansión (2) también

El dispositivo de expansión (2) se selecciona del grupo que comprende fuelles, globos, cilindro con pistones, elementos de materiales de polisopreno, polibutadieno, caucho estireno-butadieno, caucho natural, caucho butilo, caucho nitrilo, materiales con memoria, elementos equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores. Uno de los efectos técnicos de que el dispositivo de expansión (2) sea de un material con memoria, es permitir que el dispositivo de expansión (2) se expanda o se contraiga volviendo a un volumen inicial.

El dispositivo de expansión (2) también puede tener una estructura de dispositivo de expansión el cual soporta el dispositivo de expansión (2). La estructura de dispositivo de expansión también permite guiar la dirección hacia donde se expande el dispositivo de expansión (2).

El dispositivo de expansión (2) también puede tener un mecanismo tensor (210). Uno de los efectos técnicos de incluir un mecanismo tensor (210), es aumentar o disminuir la resistencia con la cual el dispositivo de expansión (2) se expande o se contrae cuando se ejerce un tipo de carga o fuerza sobre este. El mecanismo tensor (210), también permite simular las diferentes aflicciones que pueden tener los pulmones y representar las fuerzas friccionales o fuerzas hísticas que actúan sobre los pulmones.

El mecanismo tensor (210) puede estar conectado con la estructura de dispositivo de expansión. Un ejemplo de esto es cuando el dispositivo de expansión (2) es un fuelle circular, la estructura de dispositivo de expansión son dos placas, una primera placa y una segunda placa, cada una con una perforación que sirven como guías y dos barras localizadas sobre las perforaciones de las placas. En donde la primera placa tiene las dos barras fijas en las perforaciones, mientras que en la segunda placa, las barras se pueden deslizar sobre las perforaciones. El fuelle circular se ubica entre las dos placas y el mecanismo tensor (210) es un tensor argolla/argolla, en donde cada argolla está posicionada sobre cada una de las barras, los que permite aumentar la fuerza normal que genera el tensor argolla/argolla.

El mecanismo tensor (210) puede seleccionarse del grupo conformado por ruedas de fricción, cables, tensor cincado gancho/anilla, tensor cincado, tensor argolla/argolla cadenas de transmisión, correas o bandas de transmisión, poleas, poleas dentadas, pistones, engranajes, piñones, piñon-cadena, mecanismo de piñón y tornillo sin fin, mecanismo de cremallera,

ruedas de fricción, discos de fricción, chavetas y ejes nervados, juntas cardán y juntas homocinéticas, árbol de levas, conjuntos de placas, bujes apoyados sobre superficies, placas apoyados sobre superficies, elementos equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

5

Haciendo referencia a la FIG. 5, el dispositivo de expansión (2) se conforma por un elemento de expansión (201) que es un fuelle circular con una primera abertura en un extremo y una superficie cerrada en el fuelle circular, en donde la superficie cerrada está longitudinalmente opuesto a la primera abertura, una primera placa (202) con un agujero de conexión (213),  
10 localizada en la primera abertura del elemento de expansión (201), una segunda placa (203) ubicada en la superficie cerrada longitudinalmente opuesta a la primera abertura del elemento de expansión (201). También se cuenta con dos barras de soporte (212) cada una con dos extremos longitudinales. Dichas barras de soporte (212) se encuentran conectadas en cada uno de sus extremos longitudinales entre la primera placa (202) y una tercera placa (204).  
15 La primera placa (202) la segunda placa (203) y tercera placa (204) son paralelas. Las barras de soporte (212) permiten mantener la primera placa (202) y la tercera placa (204) fijas, pero permite que la segunda placa (203) se desplace cuando elemento de expansión (201) se expande o se contrae.

20 La segunda placa (203) tiene dos perforaciones. Por cada una de las perforaciones pasan cada una de las barras de soporte (212). Dichas perforaciones sirven como guía, es decir, permiten que la segunda placa (203) se desplace sobre las barras de soporte (212) cuando elemento de expansión (201) se expande o se contrae.

25 Al interior del elemento de expansión (201) se ubica un primer resorte (208), el cual se conecta en un extremo a la primera placa (202) y en el otro extremo a la segunda placa (203). El dispositivo de expansión (2) también tiene un segundo resorte (209). El segundo resorte (209) se ubica por fuera del elemento de expansión (201) y se conecta en un extremo a la primera placa (202) y en el otro extremo a la segunda placa (203).

30

Uno de los efectos técnicos de incluir resortes en el dispositivo de expansión (2) entre la primera placa (202) y la segunda placa (203) es generar fuerzas que se oponen al movimiento de la primera placa (202) y la segunda placa (203), lo que permite que se requiera un esfuerzo adicional para poder expandir o contraer el elemento de expansión (201), simulando las  
35 fuerzas elásticas que actúan en los pulmones. Otro de los efectos técnicos de incluir resortes, es poder ajustarlos o cambiarlos para presentar la mecánica pulmonar en condición normal de uso o con condiciones patológicas.

El primer resorte (208) y el segundo resorte (209) pueden seleccionarse del grupo  
40 conformado por resortes de tracción, resortes de compresión, resortes de torsión, resortes de paso constante, resortes de paso variable, resortes de barril, resortes cónicos, resortes de tipo



de reloj de arena, elementos equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

5 Haciendo referencia a la FIG. 5, el dispositivo de expansión (2) tiene dos pistones. Cada uno de los dos pistones tiene un cilindro (205). Cada uno de los cilindros (205) se dispone perpendicularmente a la tercera placa (204). Asimismo, el émbolo (207) de los pistones se localiza al interior de los cilindros (205). La biela (206) es una barra doblada a 180° con dos extremos, en donde uno de los extremos de la biela (206) se conecta al émbolo (207) y el otro extremo se conecta a la segunda placa (203). La biela (206) también puede ser una barra la  
10 cual no está doblada.

Cada uno de los cilindros (205) se conecta a dos mangueras (214), una primera manguera (214a) que se conecta a los dos cilindros (205) en su extremo proximal a la tercera placa (204), y una segunda manguera (214b) que se conecta a los cilindros (205) en su extremo  
15 distal a la tercera placa (204). Cada una de las mangueras (214), tiene una TE (211), la cual permite conectar un conducto. Dicho conducto tiene una salida de gas conectada a una válvula de escape que permite igualar la presión al interior de los cilindros con la presión atmosférica.

20 Cuando un elemento generador de vacío como una bomba de vacío genera vacío al interior del contenedor (4), se genera una fuerza sobre el dispositivo de expansión (2) permitiendo que el elemento de expansión (201) se expanda, y a su vez, la segunda placa conectada (203) al elemento de expansión (201) se desplace. Lo anterior permite que biela (206) se desplace y se mueva el émbolo (207) al interior del cilindro (205) cuando el elemento de expansión  
25 (201) se expande o se contrae. Cuando esto ocurre, la válvula de escape permite la salida gradual de gases al interior del cilindro cuando los pistones se encuentran en fase de compresión. Uno de los efectos técnicos de incluir un pistón conectado a una válvula de escape, es simular las fuerzas viscoelásticas necesarias para cambiar el volumen pulmonar, producidas por la compresión del aire al interior del cilindro (205) debido a la biela (206) y  
30 al émbolo (207), y las fuerzas viscosas producidas por el flujo de aire que se escapa a través de las mangueras (214), es decir, la manguera (214a) y manguera (214b).

La válvula de escape puede seleccionarse del grupo conformado por válvulas de compuerta, válvulas de bola o válvula esférica, válvula de seguridad o de alivio de presión, válvula de  
35 globo (o de asiento), válvula mariposa, válvula de diafragma, válvula rotatoria, válvula antirretorno, como por ejemplo válvula de clapeta oscilante, válvula de muelle, válvula de pistón, válvula de retención de bola, elementos equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

40 Haciendo referencia a la FIG. 6, el mecanismo tensor (210) corresponde a dos bujes unidos a la segunda placa (203). Haciendo referencia a la FIG. 6, el mecanismo tensor (210)

comprende un primer buje (215a), un segundo buje (215b) y una barra roscada (216) insertada al interior del primer buje (215a) y del segundo buje (215b). Cada uno de los bujes, el primer buje (215a) y el segundo buje (215b) tienen un primer extremo (217a) y un segundo extremo (217b). El primer extremo (217a) de los bujes es un extremo de contacto el cual  
5 está en contacto con las barras de soporte (212) y el segundo extremo (217b) de los bujes es roscado, y es donde entra la barra roscada (217). Al girar la barra roscada (217) se puede variar la magnitud de la fuerza normal ejercida por los bujes, el primer buje (215a) y el segundo buje (215b) sobre la barra de soporte (212), y por consiguiente de varia la fricción entre los bujes y las barras soporte (212).

10

Por su parte, el contenedor (4) es un contenedor el cual alberga en su interior el conducto (1) y el dispositivo de expansión (2). Dicho contenedor (4) representa la caja torácica en donde se albergan los pulmones. Así mismo, el conducto (1) y el dispositivo de expansión (2) se encuentran dentro del contenedor (4).

15

El contenedor (4) es un recinto cerrado. El contenedor (4) también puede ser un cuerpo conformado por varias superficies o también puede estar conformado por una estructura, en donde dicha estructura se recubre de diferentes tipos de superficies o láminas al interior o al exterior de la estructura. Uno de los efectos técnicos de incluir diferentes superficies en el  
20 contenedor (4) es permitir intercambiar dichas superficies por otras cuando se requiera.

El contenedor (4) puede ser hermético, lo que permite que, cuando se genere presión negativa al interior de esta, el conducto (1) en conjunto con el dispositivo de expansión (2) absorban gases del exterior. El contenedor (4) o las superficies que pueden conformar el contenedor  
25 (4), pueden estar construidas en materiales transparentes. Uno de los efectos técnicos de que el contenedor (4) sea transparente es permitir observar lo que ocurre al interior del contenedor (4) y poder observar cómo se comporta la invención mientras esta está simulando la mecánica respiratoria. Otro de los efectos técnicos de que el contenedor (4) sea de un material transparente es detectar posibles fallas de los mecanismos que se encuentran al interior del  
30 contenedor (4) como, por ejemplo, el dispositivo de expansión (2).

El contenedor (4) puede tener conectado un elemento generador de vacío. Cuando dicho elemento generador de vacío conectado al contenedor (4), como, por ejemplo, una bomba de vacío, genera presión negativa al interior del contenedor (4) cuando este es hermético, el  
35 dispositivo de expansión (2) se expande generando vacío en su interior, lo que permite que ingresen fluidos en estado gaseoso desde la atmosfera circundante al interior del conducto (1) a través de la entrada de vía aérea (101).

La forma del contenedor (4) puede seleccionarse del grupo conformado por pirámides, conos,  
40 discos, prismas, cubos, esferas, ortoedros, paralelepípedos, cilindros, geometrías

equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

5 El material del contenedor (4), de las láminas que pueden conformar el contenedor (4) o la estructura, puede seleccionarse del grupo conformado por material plástico seleccionado entre policloruro de vinilo (PVC, por sus siglas en inglés); de policloruro de vinilo clorado (CPVC, por sus siglas en inglés); polietileno teréftalato (PET, por sus siglas en inglés), poliamidas (PA) (v.g. PA12, PA6, PA66); policlorotrifluoretileno (PCTFE, por sus siglas en inglés); polifluoruro de vinilideno (PVDF, por sus siglas en inglés); politetrafluoruro de etileno (PTFE, por sus siglas en inglés); etileno-clorotrifluoroetileno (ECTFE, por sus siglas en inglés); plásticos (resinas poliéster, vinilester, epóxicas, vinílicas) reforzados con fibras (v.g. de vidrio, aramida, poliéster), elementos equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

15 Haciendo referencia a la FIG. 9, el contenedor (4) tiene una estructura de carcasa (401), la cual es un armazón que tiene forma de paralelepípedo, que comprende una cara frontal (408). La arista superior izquierda del contenedor (4) es curva. la lámina frontal (406) tiene forma cuadrada con un extremo curvo cubre la cara frontal (408) de la estructura de carcasa (401). La lámina posterior (405) tiene forma cuadrada con un extremo curvo cubre la cara posterior del contenedor (4). la lámina derecha (404) con forma rectangular cubre la cara lateral derecha del contenedor (4). La lámina inferior (402) con forma rectangular cubre la cara inferior del contenedor (4). La lámina superior (403) doblada con forma rectangular cubre las caras superior y lateral izquierda del contenedor (4). Y por último, la tapa de conexión (407) la cual tiene forma rectangular y un agujero. Dicha tapa de conexión (407) permite que los conductos del conducto (1) que están por fuera del contenedor (4), entren al interior de esta.

Por su parte el dispositivo de desplazamiento (3) es un elemento que permite que el dispositivo de expansión (2) se expanda y se contraiga lo que le permite absorber o expulsar gases a través del conducto (1). El dispositivo de desplazamiento (3) puede estar localizado al interior del contenedor (4) o puede estar conectado a una superficie del contenedor (4). El dispositivo de desplazamiento (3) puede seleccionarse del grupo conformado por actuadores lineales, actuadores hidráulicos como cilindros hidráulicos, motores hidráulicos, motores hidráulicos de oscilación, compresores de aire, pistones, bombas de vacío, elementos equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

Un ejemplo de un dispositivo de desplazamiento (3) es el conjunto de una bomba de vacío y un compresor, cada uno conectado a las paredes del contenedor (4). Cuando el compresor presuriza el interior del contenedor (4), la presión al interior del contenedor (4) aumenta, el dispositivo de expansión (2) se comprime, lo que disminuye el volumen de almacenamiento

del dispositivo de expansión (2) expulsando los gases que esta tiene en su interior. Cuando la bomba de vacío, genera presión negativa al interior del contenedor (4), el dispositivo de expansión (2) se expande lo que le permite a esta absorber gases.

- 5 El dispositivo de desplazamiento (3) puede ser un pistón al interior de un cilindro, en donde dicho cilindro se conecta a una de las superficies del contenedor (4). Cuando el dispositivo de desplazamiento (3) es un pistón al interior de un cilindro, se permite que, cuando el pistón se encuentra en la etapa de succión al interior del cilindro, se genere una presión negativa al interior del contenedor (4) y, que cuando el pistón se encuentra en la etapa de compresión al interior del cilindro, se genere una presión positiva al interior del contenedor (4).
- 10

Haciendo referencia a la FIG. 7, el dispositivo de desplazamiento (3) comprende cuatro pistones, en donde cada uno de los pistones comprende un segundo cilindro (301), un segundo émbolo (302) al interior de un segundo cilindro (301), un anillo (304) alrededor del segundo émbolo (302), una segunda biela (303), con un primer y un segundo extremo, en donde el primero extremo se conecta al segundo émbolo (302), y un tercer resorte (308) insertado en la segunda biela (303).

15

Cada uno de los segundos cilindros (301) se encuentran soportados sobre una superficie de soporte (307), la cual es una superficie con forma rectangular con cuatro perforaciones, en donde los diámetros de dichas perforaciones tienen el mismo diámetro que el diámetro exterior de cada uno de los segundos cilindros (301). Cada uno de los segundos cilindros (301) se inserta ortogonalmente sobre las perforaciones de la superficie de soporte (307).

20

25 La forma de la superficie de soporte (307) puede seleccionarse del grupo conformado por: pirámides, conos, discos, prismas, cubos, prismas, esferas, ortoedros, paralelepípedos, hipérbole, hiperboloide, cilindros, cuadrados, triángulos, círculos, rectángulos, pentágonos, trapecios, elipses, rombos, hexágono, heptágono, octógono, decágono, geometrías equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

30

Los cuatro pistones se conectan a un elemento de movimiento (306). Dicho elemento de movimiento (306) es un cigüeñal conectado a cada uno de los segundos extremos de las segundas bielas (303). Al elemento de movimiento (306) se conecta una polea (305). Dicha polea (305) puede tener un elemento de transmisión de potencia como, por ejemplo, una correa. Dicho elemento de transmisión de potencia puede estar conectado a un actuador el cual transmite movimiento a la polea y a su vez, el movimiento es transmitido al elemento de movimiento (306), es decir, mueve el cigüeñal conectado a cada uno de los segundos extremos de las segundas bielas (303).

35

40

Uno de los efectos técnicos de incluir un elemento de transmisión de potencia que puede estar conectado a un actuador es transmitir el movimiento al elemento de movimiento (306), y desplazar el dispositivo de desplazamiento (3), en este caso desplazar cada uno de los pistones del dispositivo de desplazamiento (3) al mismo tiempo a una primera posición o a una segunda posición.

El elemento de transmisión de potencia del dispositivo de desplazamiento (3) puede seleccionarse del grupo conformado por cables, cadenas de transmisión, correas o bandas de transmisión, poleas, poleas dentadas, engranajes, piñones, piñón-cadena, mecanismo de piñón y tornillo sin fin, mecanismo de cremallera, ruedas de fricción, discos de fricción, chavetas y ejes nervados, juntas cardán y juntas homocinéticas, árbol de levas, elementos equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

El actuador que transmite movimiento al elemento de transmisión del dispositivo de desplazamiento (3) puede seleccionarse del grupo conformado por actuadores lineales, actuadores hidráulicos como cilindros hidráulicos, motores hidráulicos, motores hidráulicos de oscilación, motores de corriente alterna (v.g. motores sincrónicos trifásicos, motores asíncronos sincronizados, motores con un rotor de imán permanente, motores monofásicos, motores bifásicos, motores con arranque auxiliar bobinado, motores con arranque auxiliar bobinado y con condensador), motores de corriente continua (v.g. motores de excitación en serie, motores de excitación en paralelo, motores de excitación compuesta), elementos equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

Haciendo referencia a la FIG. 7, cada pistón tiene dos posiciones. Una primera posición en donde los pistones se encuentran en una etapa de succión al interior de cada uno de los segundos cilindros (301). Y una segunda posición en donde los pistones se encuentran en la parte inferior de cada uno de los segundos cilindros (301), es decir, los pistones se encuentran en una etapa de compresión.

Haciendo referencia a la FIG. 7, el tercer resorte (308) permite devolver los pistones desde la primera posición hasta la segunda posición debido a que el gradiente de presiones con la atmósfera se iguala y al retroceso elástico ejercido por la fuerza del tercer resorte (308).

Haciendo referencia a la FIG. 4, el dispositivo de desplazamiento (3) se conecta a una de las superficies del contenedor (4). Cuando la presente invención entra en funcionamiento, y cada uno de los pistones del dispositivo de desplazamiento (3) se desplazan a la primera posición, es decir, una posición de succión, se genera una presión negativa al interior del contenedor (4), lo que permite que el dispositivo de expansión (2) se expanda y a su vez, absorba gas por medio del conducto (1). Cuando cada uno de los pistones del dispositivo de

desplazamiento (3) se desplazan a la segunda posición, es decir, una posición de compresión, se genera una presión al interior del contenedor (4), lo que permite que el dispositivo de expansión (2) se contraiga y a su vez, expulse los gases contenidos en su interior a través del conducto (1).

5

Haciendo referencia a la FIG. 3, el segundo cilindro (301), del dispositivo de desplazamiento, puede tener una camisa al interior. Dicha camisa es un cilindro de menor diámetro interno y de menor diámetro externo que el del segundo cilindro (301). Uno de los efectos técnicos de incluir las camisas al interior del segundo cilindro (301) es disminuir la presión y la succión generada por los pistones, cuando estos se encuentran en la segunda posición y en la primera posición respectivamente. Otro de los efectos técnicos de incluir una camisa es cambiar el diámetro interno del segundo cilindro (301) haciendo un recambio de partes de manera sencilla para un usuario.

10

15 Haciendo referencia a la FIG. 8 se ilustra el dispositivo de desplazamiento (3) representada en la FIG. 7 con la diferencia de que, la FIG. 8 ilustra una guía de biela (309). Dicha guía de biela (309) está conformada por una lámina de guía de biela (311) y un soporte de guía de biela (310).

20 La lámina de guía de biela (311) puede ser una lámina con una perforación por donde pasa la segunda biela (303) de los pistones del dispositivo de desplazamiento (3). La lámina de guía de biela (311) permite que la segunda biela (303) siempre se mueva en una sola dirección. El soporte de guía de biela (310) es un elemento cilíndrico, un tornillo al interior del elemento cilíndrico y una tuerca. El soporte de guía de biela (310) permite unir la superficie de soporte (307) con la lámina de guía de biela (311). Dicho tornillo pasa a través de la lámina de guía de biela (311) y de la superficie de soporte (307) quedando su cabeza apoyada sobre la superficie de soporte (307). En la mitad del tornillo se ubica el elemento cilíndrico, el cual evita que la lámina de guía de biela (311) y la superficie de soporte (307) se junte. El otro extremo del tornillo sobre sale de la lámina de guía de biela (311) y es fijada por medio de la tuerca.

25

30

La lámina de guía de biela (311) y la superficie de soporte (307) también se puede conectar mediante otros elementos de sujeción. Dichos elementos de sujeción pueden seleccionarse del grupo conformado por tornillos, pernos, tuercas, remaches, espárragos, pasadores, cuñas, abrazaderas, soldadura, elementos equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

35

El elemento de vacío genera un vacío inicial a la caja torácica, después, el dispositivo de desplazamiento (3) genera una presión negativa al interior de la caja torácica. Dicha presión negativa puede cambiar en diferentes intervalos de tiempo. La presión negativa generada por el dispositivo de desplazamiento (3) permite que el dispositivo de expansión (2) se expanda

40

o se contraiga. Cuando el dispositivo de expansión (2) se expande por acción de la presión negativa generada por el dispositivo de desplazamiento (3), ingresan gases como por ejemplo, aire, por el conducto (1) hacia el interior del dispositivo de expansión (2), y cuando el dispositivo de expansión (2) se contrae, los gases contenidos al interior del dispositivo de expansión (2), es liberado a través del conducto (1).

La presente invención también puede tener un chasis. Dicho chasis es una estructura la cual permite soportar todos los elementos previamente descritos. Uno de los efectos técnicos de incluir un chasis es transportar el mecanismo de simulación pulmonar.

Haciendo referencia a la FIG. 1 se ilustra un mecanismo de simulación pulmonar que comprende conducto (1) un elemento de expansión (2) conectado al conducto (1), un contenedor (4) que comprende en su interior al conducto (1) y al elemento de expansión (2) y un dispositivo de desplazamiento (3) conectado al contenedor (4). En donde el conducto (1) es un , elemento tubular que se conforma por una entrada de vía aérea (101) y una salida de vía aérea (102), el dispositivo de expansión (2) se conforma por un elemento de expansión (201) que es un fuelle circular con una primera abertura en un extremo y una superficie cerrada en el fuelle circular, en donde la superficie cerrada está longitudinalmente opuesto a la primera abertura, una primera placa (202) con un agujero de conexión (213), localizada en la primera abertura del elemento de expansión (201), una segunda placa (203) ubicada en la superficie cerrada longitudinalmente opuesta a la primera abertura del elemento de expansión (201). También se cuenta con dos barras de soporte (212) cada una con dos extremos longitudinales. Dichas barras de soporte (212) se encuentran conectadas en cada uno de sus extremos longitudinales entre la primera placa (202) y una tercera placa (204). La primera placa (202) la segunda placa (203) y tercera placa (204) son paralelas y el dispositivo de desplazamiento (3) comprende cuatro pistones, en donde cada uno de los pistones comprende un segundo cilindro (301), un segundo émbolo (302) al interior de un segundo cilindro (301), un anillo (304) alrededor del segundo émbolo (302), una segunda biela (303), con un primer y un segundo extremo, en donde el primero extremo se conecta al segundo émbolo (302), y un tercer resorte (308) insertado en la segunda biela (303).

La presente invención también puede tener una unidad de control. Dicho unidad de control puede estar conectado a los generadores de vacío, de presión negativa, y a los diferentes sensores de flujo. Uno de los efectos técnicos de incluir una unidad de control es cambiar los parámetros correspondientes al desplazamiento del dispositivo de desplazamiento (3) o el elemento de restricción (108) lo que permite simular o emular las diferentes afecciones que sufre un pulmón.

La unidad de control puede seleccionarse del grupo conformado por microcontroladores, arduinos, plc, raspberry pi, pics, unidades de computo, elementos equivalentes que sean

conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

5 La información recibida por los sensores del conducto (1) permite ser procesada y analizada mediante la unidad de control para realizar diagnósticos predictivos de . La información recibida por los sensores también permite hacer conclusiones sobre cómo se están haciendo los diagnósticos y como se está haciendo la practica

10 Se debe entender que la presente invención no se halla limitada a las modalidades descritas e ilustradas, pues como será evidente para una persona versada en el arte, existen variaciones y modificaciones posibles que no se apartan del espíritu de la invención, el cual solo se encuentra definido por las siguientes reivindicaciones.