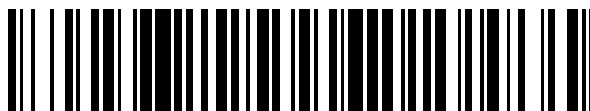


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 559**

51 Int. Cl.:

**B61B 13/10** (2006.01)

**B61B 13/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.12.2011 PCT/AU2011/001604**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.06.2012 WO12079114**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2011 E 11848190 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 2651738**

54 Título: **Un sistema de transporte por tubos de vacío**

30 Prioridad:

**16.12.2010 AU 2010905504**

**18.05.2011 AU 2011901931**

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

**05.05.2020**

73 Titular/es:

**DALRYMPLE, DAVID (100.0%)**

**16 Romilly Avenue**

**Templestowe Lower, Victoria 3107, AU**

72 Inventor/es:

**DALRYMPLE, DAVID**

74 Agente/Representante:

**GARCÍA GONZÁLEZ, Sergio**

ES 2 758 559 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**

Un sistema de transporte por tubos de vacío

**5 Campo**

La presente invención se refiere a una cápsula para un sistema de transporte por tubos de vacío, a un sistema de transporte por tubos de vacío, así como a un procedimiento de transporte.

**10 Antecedentes**

Los trenes son la forma dominante del transporte masivo terrestre. Existe una amplia variedad de trenes que va desde motores propulsados por diésel y eléctricos hasta el despliegue aún más reciente de trenes basados en levitación magnética. Dichos trenes requieren un aporte de energía significativo para ser propulsados y, por las velocidades que alcanzan actualmente, la resistencia del aire se convierte en un factor significativo.

Una alternativa sugerida previamente es colocar un tren o cápsula en un tubo de vacío. Al colocar el vehículo para ser transportado en un tubo de vacío, la resistencia eficaz al aire puede reducirse permitiendo un viaje más rápido o más económico. Si bien dichos sistemas han sido propuestos, según el conocimiento del solicitante, ninguno se ha implementado con éxito para viajes de pasajeros.

El documento de patente US 4 148 260 A divulga un sistema de transporte terrestre de alta velocidad, en el que los vagones se mueven dentro de un tubo de vacío. Se proporciona un sistema de acoplamiento hermético para vagones que se extiende alrededor de toda la periferia de cada extremo de cada vagón para permitir que un tren completo con muchos vagones acoplados permanezca completamente hermético para permitir que los pasajeros se muevan libremente de un vagón a otro.

El documento de patente GB 2 024 750 A divulga un sistema de transporte que comprende un tubo a lo largo del cual viaja un vehículo que incluye un tubo contenedor que viaja sobre ruedas y que es impulsado por un motor eléctrico lineal.

Por consiguiente, existe la necesidad de un sistema de transporte basado en tubos de vacío alternativo.

**Sumario de la invención**

La invención proporciona una cápsula de acuerdo con la reivindicación 1, un sistema de transporte por tubos de vacío de acuerdo con la reivindicación 7 y un procedimiento de transporte de acuerdo con la reivindicación 12. La invención se define por las características técnicas expuestas en las reivindicaciones 1, 7 y 12, en la que las características adicionales de la misma se divulgan en las reivindicaciones dependientes.

Otros aspectos, características y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción.

**Breve descripción de los dibujos**

Con referencia a las Figuras, se muestra un sistema de transporte por tubos de vacío de acuerdo con las realizaciones de la invención. En los dibujos:

La Figura 1 es un plan esquemático de un sistema de transporte al vacío de una realización de la invención;

Las Figuras 2A, 2B y 2C ilustran una manera en la que un tubo de vacío puede suspenderse sobre un paisaje;

La Figura 3 es un diagrama esquemático en sección transversal de la cápsula de una realización;

La Figura 4 es una vista esquemática en planta de una cápsula de una realización;

La Figura 5 es un detalle de un mecanismo para el suministro de aire comprimido de una realización;

Las Figuras 6A y 6B muestran detalles de un conjunto de entradas de aire ajustables;

La Figura 7 es una vista esquemática en planta de una estación de acoplamiento de cápsulas alternativa;

La Figura 8 es un esquema de un sistema para proporcionar gas comprimido y crear el vacío requerido para el sistema de transporte por tubos de vacío; y

La Figura 9 es un esquema de un pistón del sistema de compresión/vacío de gas de la Figura 8.

**Descripción detallada**

5 Los dibujos muestran un sistema de transporte por tubos de vacío 100 y una cápsula 130 para el sistema de transporte por tubos de vacío 100. El sistema de transporte al vacío es capaz de mover pasajeros y carga desde una estación de origen 101 a una estación de destino 104. Las realizaciones de la invención permiten que las cápsulas sean recogidas y depositadas en las estaciones intermedias 102, 103 mientras que al menos una cápsula continúa moviéndose. Como se describirá con mayor detalle a continuación, las cápsulas 130 se mueven dentro del tubo de vacío 120 mediante la aplicación de aire comprimido tanto en la ubicación de origen como en la ubicación separada a lo largo del tubo de vacío 120. El aire inyectado se extrae mediante bombas de vacío separadas con el fin mantener la presión de vacío del tubo. En la parte inferior de las cápsulas, se inyecta aire comprimido tanto para aplicar la fuerza motriz como para ayudar a establecer un colchón de aire comprimido debajo de la cápsula de manera que el sistema aproveche el denominado efecto aerodeslizador.

10  
15 Con referencia a la Figura 1, se muestra una vista esquemática en planta de un sistema de transporte por tubos de vacío 100 de acuerdo con una realización de la invención.

20 En la Figura 1, las cápsulas 130 están representadas por círculos, aunque en la práctica las cápsulas son cilíndricas para actuar como un pistón que viaja dentro de un cilindro formado por el tubo de vacío 120. En la Figura 1, dos cápsulas 130A, 130B están ubicadas en una estación de origen 101. Para lanzar las cápsulas 130A, 130B, se inyecta aire comprimido en el tubo de vacío entre la cápsula más trasera 130A y un extremo 121 del tubo de vacío. El aire comprimido aplica una fuerza motriz a la parte trasera de la cápsula 130A. Esta fuerza se transfiere a través de un acoplamiento a la cápsula más delantera 103B. Por consiguiente, la inyección de aire comprimido hace que la cápsula comience a viajar hacia la estación de destino 104.

25  
30 El sistema 100 funciona para permitir que se inserten cápsulas adicionales en el tubo en las posiciones intermedias de las estaciones intermedias 102, 103 y que las cápsulas se descarguen en estas estaciones 102, 103 sin que las otras cápsulas lleguen a un descanso. Con este fin, como se muestra en la Figura 4, cada cápsula 130 tiene una primera puerta 420A y una segunda puerta 420B que permite que un pasajero entre y salga de la cápsula a otra cápsula cuando las cápsulas se unen apropiadamente como se describirá con mayor detalle a continuación.

35 A medida que las cápsulas 130A, 130B se acercan al destino intermedio 102, una tercera cápsula 130C se mueve dentro del tubo por medio del mecanismo de inserción/extracción de cápsula 150A. Cada mecanismo de inserción/extracción de cápsulas comprende un par de secciones de tubo de la longitud aproximada del número de cápsulas que están destinadas a insertarse. La Figura 1 muestra dos mecanismos de inserción de cápsula doble 140A, 140B y dos mecanismos de inserción de cápsula singular 150A, 150B. El mecanismo de inserción/extracción 150A tiene un mecanismo de lanzamiento que incluye una placa metálica 151A que se desliza dentro del tubo mientras se mantiene el vacío de modo que se pueda insertar aire comprimido en el tubo entre la placa metálica 151A y la cápsula 130C para hacer que la cápsula se comience a mover. Por consiguiente, la cápsula 130C se acelera antes de la cápsula 130B de tal manera que el ritmo de la cápsula 130C coincide con el ritmo de la cápsula 130B cuando la cápsula 130B alcanza la cápsula 130C. La cápsula 130A se dejará en la estación intermedia 102. Por consiguiente, todos los pasajeros que deseen desembarcar en la primera estación intermedia 102 se asegurarán de estar en la cápsula 130A en el momento en que se desacople de la cápsula 130B. De acuerdo con la realización, los pasajeros que lo deseen pueden desembarcar en la segunda estación intermedia 103 independientemente de si se subieron a la primera estación intermedia 102. A este respecto, se apreciará que una vez que la cápsula 130A se haya desacoplado y la cápsula 130B haya alcanzado la cápsula 130C, habrá un tren compuesto por las cápsulas 130B y 130C que viajan hacia la segunda estación 103. Los pasajeros que deseen desembarcar en la estación 103 que están en la cápsula 130C se mueven a través de las puertas 420 de las cápsulas 130C y 130B hacia la cápsula 130B. Cualquier pasajero que no desee desembarcar en la segunda estación intermedia se traslada a la cápsula 130C. A medida que las cápsulas se acercan al segundo destino intermedio, la cápsula 130D se moverá desde la posición retraída que se muestra en la Figura 1 a una posición insertada y se acelerará antes de las cápsulas 130B, 130C. La cápsula 130B se desacoplará y se detendrá en la segunda estación intermedia para permitir que los pasajeros desembarquen. La cápsula 130C se unirá a la cápsula 130D y procederá hacia la estación de destino 104 donde ambas cápsulas 130C, 130D se detendrán.

40  
45  
50  
55  
60 Como se muestra en la Figura 1, dos cápsulas adicionales 130E y 130F se pueden mantener en la posición extraída en el mecanismo de extracción/inyección de cápsula 140B en el destino hasta que lleguen las cápsulas 130C y 130D. En este punto, las cápsulas 130E, 130F se pueden insertar en el sistema, mientras que las cápsulas 130C, 130D se mueven a una posición extraída fuera del tubo de vacío y los pasajeros pueden desembarcar. Mientras que en este ejemplo se describe un solo tubo, en otras realizaciones, puede haber pares de tubos, uno para el viaje de ida y otro para el viaje de regreso. En tal realización, las cápsulas 130C, 130D se mueven hasta una posición extraída donde desembarcan los pasajeros. Luego, otros pasajeros abordan las

cápsulas 130C y 130D antes de insertar las cápsulas en el tubo de retorno.

Si bien la realización preferente muestra que las cápsulas se mueven dentro y fuera del tubo de vacío mediante los mecanismos de inserción/extracción 140, 150, los expertos en la técnica apreciarán que en algunas otras realizaciones no será necesario retirar las cápsulas del tubo. Por ejemplo, se puede dejar una cápsula en el destino en el tubo hasta que se desee lanzarla nuevamente y se puede desembarcar a los pasajeros a través de una puerta lateral en la cápsula sellándola hasta un puerto apropiado en una pared en el tubo de vacío. Un ejemplo de dicha puerta lateral 311 se muestra en la cabina 310 de la cápsula 130 en la Figura 3. En una realización ventajosa, las cápsulas 130 se impulsan en una secuencia fija dentro del tubo de manera que no es necesario agregar o quitar cápsulas del tubo y el aire comprimido se aplica únicamente en la parte inferior y trasera de la cápsula. Además, en realizaciones en las que se usan mecanismos de inserción/extracción 140, 150, el mecanismo no siempre necesita ser utilizado, por ejemplo, una cápsula rápida puede pasar una estación intermedia.

La Figura 2 ilustra que, en la realización preferente, el tubo de vacío 120 está soportado ventajosamente por una serie de puentes de suspensión. Esto permite que el tubo 120 sea soportado sobre el suelo 260. La Figura 2A muestra una sección 200 del puente de suspensión que tiene cables de suspensión principales 210 y cables de estabilización 230 que sostienen el tubo de vacío 120 entre las torres adyacentes 250A, 250B. Los cables laterales 220 proporcionan estabilización y sujeción adicionales.

La Figura 2B es una vista a lo largo de una sección identificada por las líneas A-A en la Figura 2A y muestra que en las realizaciones de la invención puede haber más de un tubo de vacío, específicamente la Figura 2B muestra cuatro de tales tubos. La Figura 2C es una vista en planta que muestra la disposición de los cables de estabilización 230.

Una ventaja del sistema es que no es necesario interrumpir el paisaje 260 existente ya que el tubo de vacío puede mantenerse en una posición por encima del paisaje de modo que el paisaje todavía sea utilizable. Esto puede reducir el costo de instalación ya que no es necesario comprar la totalidad del terreno subyacente. Además, como no habrá muchas cápsulas en una longitud de tubo de vacío en cualquier momento, se pueden lograr tramos relativamente largos entre las torres vecinas 250A, 250B.

La Figura 3 muestra esquemáticamente la manera en que opera el sistema de transporte al vacío. A lo largo del tubo de vacío 120 se colocan periódicamente inyectores de aire comprimido 350 y bombas de vacío 360. Los inyectores de aire comprimido se usan para inyectar aire en la superficie inferior de la cápsula y contra el extremo de la cápsula. Los inyectores están angulados con respecto a la trayectoria de desplazamiento, ya sea para aplicar fuerza en la dirección de desplazamiento o fuerza contra la dirección de desplazamiento para frenar la cápsula. La cápsula 130 contiene un depósito de aire en forma de una cámara de presión 330 (o una pluralidad de depósitos de aire) debajo del piso 320 de la cabina 310. El aire comprimido logra llegar al depósito a través de una entrada 520 y luego se ventila hacia afuera para formar un colchón de aire 340 debajo de la cápsula 130. La cámara de presión 330 también se puede usar para suministrar aire fresco a la cabina 310.

La entrada de aire y los respiraderos de ventilación se muestran con mayor detalle en la Figura 5. La cápsula tiene dos cavidades 530, 540 que se extienden alrededor de la circunferencia de la cápsula. La primera cavidad 540 se vacía para proporcionar aislamiento acústico y térmico. La primera cavidad se puede utilizar como fuente de vacío, por ejemplo, para extraer el aire estancado de la cabina o para ayudar en el acoplamiento como se describe a continuación. La segunda cavidad 530 se llena con aire comprimido para producir el efecto aerodeslizador 340 descrito anteriormente. Específicamente, el inyector de aire 350 inyecta aire a través de una válvula 510 en el piso del tubo de vacío 120. El aire es admitido en el depósito de aire 330 a través de la entrada 520 que incorpora una válvula de presión unidireccional 560. El aire se inyecta a una presión más alta que la presión en la segunda cavidad anular 530 y, por consiguiente, se puede controlar para que fluya a través de válvulas de presión 552 a través de salidas de ventilación 551 y finalmente a través de respiraderos 531 en la base de la cápsula para suministrar chorros de aire que proporcionan el efecto aerodeslizador. Los miembros longitudinales 570A, 570B ayudan a confinar el aire en el área deseada para ayudar al efecto aerodeslizador.

Un ejemplo de una estructura de entrada se muestra en las Figuras 6A y 6B a partir de las cuales se apreciará que se proporcionan una pluralidad de entradas en la base de la cápsula. Las entradas toman la forma de una pluralidad de aspas 620 de tal manera que se puede aplicar la fuerza motriz y luego el aire encuentra su camino hacia el depósito como se describió anteriormente. Las aspas están montadas para un movimiento pivotante de modo que sus ángulos se puedan ajustar (y, por lo tanto, las entradas de aire se pueden ajustar). Esto permite el ajuste tanto del accionamiento como de la entrada de aire.

En una realización, se puede usar una pluralidad de válvulas automáticas sensibles a la presión dispuestas a lo largo de la longitud del tubo de vacío para detener el sistema abriendo el tubo a la presión atmosférica en una emergencia.

Con referencia a la Figura 4, se muestran características adicionales de la invención. Como se describió anteriormente, las cápsulas se pueden acoplar mientras se mueven. Para este fin, la cápsula incluye una pluralidad de acopladores magnéticos 430. Los acopladores, que están opuestos diagonalmente entre sí, tienen la misma polaridad, mientras que los acopladores en cada extremo tienen polaridades diferentes. Por lo tanto, los acopladores 430A y 430D tienen una polaridad y los acopladores 430B y 430C tienen la otra polaridad de modo que se acoplarán magnéticamente. Una puerta actúa como un receptáculo, mientras que la otra es una espiga de modo que una puerta se recibe dentro de la otra y sella (por ejemplo, juntas tóricas) las puertas. Las bombas 421 están ubicadas junto con las puertas 420 para alinear la presión en el área atrapada entre las puertas con la cabina de una manera ventajosa para la operación de una esclusa de aire.

En otra realización, el acoplamiento se puede lograr usando ganchos de agarre planos articulados u otro acoplamiento adecuado. En algunas realizaciones, las fuentes de presión y vacío a bordo se pueden utilizar para amortiguar el procedimiento de acoplamiento y aumentar la resistencia del acoplamiento, respectivamente.

Los anillos cerámicos en cada extremo de la cápsula actúan como anillos de pistón que pueden admitir aire comprimido frío de la cápsula para mantener la separación de la cápsula del tubo o en caso de una falla del sistema.

La cápsula tiene ruedas accionadas eléctricamente dispuestas, por ejemplo, en cada extremo en diferentes radios. En un ejemplo, están dispuestos en relación con la orientación de la cápsula a las 12 del mediodía a 60, 180 y 300 grados y están dispuestos para acoplar el tubo según sea necesario, por ejemplo, al atracar en una estación o en caso de falla de energía.

La cápsula tiene un suministro de electricidad suministrado por una pluralidad de paquetes de baterías reemplazables o recargables. En una realización, un generador de turbina de aire comprimido está dispuesto en una entrada para recargar las baterías. El suministro de electricidad se puede utilizar para alimentar luces, calefacción, refrigeración, etc. En algunas realizaciones, el aire en la cabina es suficiente para el viaje entre cada estación donde se puede reabastecer. En otras realizaciones, se puede reabastecer a partir del aire inyectado. Del mismo modo, el agua y el desagüe se pueden agregar y eliminar de las cápsulas cuando están acopladas.

Cualquier incendio en la cabina se puede extinguir mediante la cavidad de vacío 540 por medio de válvulas que la conectan a la cabina, lo que reducirá la porción relativa del oxígeno en el aire.

La cápsula tiene un suministro de electricidad suministrado por una pluralidad de paquetes de baterías reemplazables. El aire en la cabina se puede suministrar desde el aire a bordo de la cápsula, por ejemplo, desde el cilindro de aire. Del mismo modo, el agua y el desagüe se pueden agregar y eliminar de las cápsulas cuando están acopladas y desacopladas.

Como se describió anteriormente, para poder insertar las cápsulas en el tubo, un tubo de reemplazo se puede mover lateralmente sobre rieles colocando el segundo tubo en línea con el tubo de vacío. Un par de placas de acero están contenidas en el extremo de cada tubo y se pueden mover de forma deslizante en cualquier dirección y están selladas con una junta presurizada. Cuando se desea lanzar la cápsula, la placa de acero delantera se retira mientras la placa de acero trasera se deja en su lugar. Las dos juntas en el tubo principal están selladas por dos tubos exteriores deslizantes con juntas.

Los expertos en la técnica apreciarán que el movimiento lateral de un solo par de tubos no es la única forma en que se pueden alinear tubos adicionales. Por ejemplo, se puede usar un barril rotativo de tubos para alinear los tubos. Los expertos en la técnica apreciarán que se puede usar otro mecanismo para intercambiar cápsulas durante la carga y descarga. La Figura 7 muestra un ejemplo de una estación de acoplamiento alternativa. Las cápsulas que llegan a través de los tubos 120A, 120B se reciben en las áreas de acoplamiento 710A, 710B de la plataforma giratoria 705 montada dentro de la estructura de soporte 720 desde la cual los pasajeros pueden acceder a las cápsulas. Otras áreas de acoplamiento están ubicadas alrededor del perímetro de la plataforma giratoria 705. Así, por ejemplo, las áreas de acoplamiento 711A, 711B pueden alinearse con los tubos 120B, 120A al rotar la plataforma giratoria. La plataforma giratoria tiene la forma de un cilindro de 30 metros de diámetro que se puede desplazar a lo largo de su eje vertical (además de ser rotativo). Esto permite que una pluralidad de tubos 120 se monten a diferentes alturas en relación con la estación de acoplamiento y que la cápsula se mueva entre tubos 120 a diferentes alturas.

La Figura 8 muestra otra realización de la invención en la que las torres 250 de los puentes de suspensión mostrados en la Figura 2 pueden usarse para proporcionar gas comprimido y crear el vacío requerido para el sistema de transporte por tubos 100. Usualmente, el gas es aire, pero en otras realizaciones se pueden emplear otros gases adecuados. La torre 250 mostrada en la Figura 8 y, en particular, las columnas 801, 802 de la torre y al menos algunos de los miembros transversales están contruidos a partir de miembros huecos en forma de tubos de acero. Se proporciona un sistema de compresión/vacío de gas 810 dentro de los miembros huecos de la torre 250. El sistema de compresión/vacío 810 comprende tanques superior e inferior 811, 812 para contener

líquido. Usualmente, este líquido es agua, pero en otras realizaciones podrían usarse otros líquidos tales como aceite. Al menos parte del tanque superior 811 comprende porciones superiores de las columnas 801, 802 de la torre y al menos parte del tanque inferior comprende porciones inferiores de las columnas de la torre. El tanque superior 811 tiene primera y segunda válvulas 813, 814 que se abren a las columnas respectivas 801, 802 y el tanque inferior 812 tiene tercera y cuarta válvulas 815, 816 que se abren a las columnas respectivas.

El sistema de compresión/vacío 810 también comprende un conducto de liberación 817 para liberar líquido que ha entrado en la primera o segunda columnas 801, 802 de la torre durante la operación del sistema de compresión/vacío 810 en el tanque inferior 812. Aunque sirve para apreciar que el conducto de liberación 817 podría configurarse para liberar líquido al tanque superior 811 o a ambos tanques. El conducto de liberación 817 en la realización mostrada en la Figura 8 comprende un miembro hueco que se extiende entre las columnas de la torre 801, 802. El conducto de liberación 817 está ubicado arriba y separado del tanque inferior 812 y tiene válvulas de liberación 818, 819 ubicadas en el primer y segundo extremos respectivos del conducto.

El sistema de compresión/vacío de gas 810 también comprende primer y segundo pistones 820, 821 ubicados respectivamente en las columnas de la torre 801, 802 entre los tanques superior e inferior 811, 812. Los pistones 820, 821 están conectados entre sí por medios de un cable 822 soportado en poleas adecuadas 823. Los pistones 820, 821 pueden moverse verticalmente dentro de sus respectivas columnas. La Figura 9 muestra uno de los pistones con mayor detalle. Cada pistón está provisto de anillos de sellado 826 para formar un cierre estanco con la superficie interna de su columna respectiva. Se proporciona una válvula de pistón 825 en cada pistón para permitir que el fluido fluya a través del pistón, lo que puede ser particularmente útil durante el mantenimiento del sistema de compresión/vacío y restablecer el sistema a la mitad del ciclo.

La Figura 8 muestra una condición inicial para el sistema de compresión/vacío de gas 810, que funciona cíclicamente. En esta condición inicial, el tanque superior 811 retiene un volumen de líquido sustancialmente mayor que el tanque inferior 812 y la primera a cuarta válvulas 813-816 están cerradas. Un pistón 820, en esta condición inicial, está ubicado en una porción superior de su columna 801 y el otro pistón 820 está ubicado en una porción inferior de su columna 802. Las válvulas de pistón 825 de cada pistón 820, 821 y las válvulas de liberación 818, 819 del conducto de liberación 817 también están cerradas.

La operación del sistema de compresión/vacío de gas 810 comienza abriendo la primera válvula 813 (manteniendo cerradas la segunda a cuarta válvulas 814-816, las válvulas de liberación 818, 819 y las válvulas de pistón 825). Como resultado, el líquido fluye desde el tanque superior 811 hacia la columna 801 empujando el primer pistón 820 hacia abajo y comprimiendo el gas debajo del pistón 820. Al mismo tiempo, el movimiento hacia abajo del primer pistón 820 hace que el segundo pistón 821 sea arrastrado hacia arriba en la segunda columna 802, reduciendo la presión de gas (es decir, creando un "vacío") debajo del segundo pistón 821.

Como se muestra en la Figura 8, el sistema de transporte 100 está conectado a ambas columnas 801, 802. El sistema de transporte 100 está provisto de un conjunto de válvulas adecuado 850 para extraer el gas comprimido y utilizar el vacío creado por el sistema de compresión/vacío de gas 810 dentro de las columnas 801, 802 según sea necesario.

Una vez que el primer pistón 820 ha alcanzado su posición inferior máxima en la primera columna 801 y el gas comprimido y el vacío han sido utilizados sustancialmente por el sistema de transporte 100, el sistema de compresión/vacío de gas 810 se 'reinicia' para que el sistema 810, esta vez, pueda comenzar otro proceso de compresión de gas y crear un vacío, pero en columnas opuestas de la torre 250. Se observa que la posición inferior máxima del pistón está debajo del conducto de liberación 817. El 'restablecimiento' del sistema 810 implica cerrar la primera válvula 813 del tanque superior 811 seguido de abrir las dos válvulas de liberación 818, 819 y la cuarta válvula 816 del tanque inferior 812. Esto permite que el líquido que ha fluido hacia la primera columna 801 desde el tanque superior 811 se libere desde la primera columna al tanque inferior a través del conducto de liberación 817. Una vez que toda el agua se ha suministrado desde la primera columna 801 al tanque inferior 812, las válvulas 816, 818, 819 están cerradas. El sistema 810 también se reestablece al operar válvulas apropiadas para permitir que el gas ingrese a la segunda columna 802, restableciendo así su presión interna de gas hasta la atmosférica.

El sistema de compresión/vacío de gas 810 está entonces listo para la siguiente etapa del ciclo en el que se abre la segunda válvula 814 del tanque superior 811 (mientras se mantienen cerradas la primera, tercera y cuarta válvulas 813, 815, 816, las válvulas de liberación 817, 818 y las válvulas de pistón 825). Esto permite que el líquido fluya desde el tanque superior 811 hacia la segunda columna 802 empujando el segundo pistón 821 hacia abajo y comprimiendo el gas debajo del pistón 821. Al mismo tiempo, el movimiento hacia abajo del segundo pistón 821 hace que el segundo pistón 821 sea dibujado hacia arriba en la primera columna 801, reduciendo la presión de gas (es decir, creando un "vacío") debajo del primer pistón 820. Al final de esta etapa en el ciclo, se libera líquido desde la segunda columna 802 abriendo las válvulas de liberación 818, 819 y la tercera válvula 815 del tanque inferior 811 para que el líquido fluya desde la segunda columna 802 y hacia el tanque inferior 811 a través del conducto de liberación 817. El sistema 810 se reestablece nuevamente.

Se observa que el sistema de transporte 100 está dispuesto de modo que sus líneas de gas comprimido y vacío puedan extraer gas comprimido y utilizar el vacío creado en cualquiera de las columnas 801, 802 según lo determinado por la fase del ciclo operativo en la que se encuentra el sistema de compresión/vacío de gas 810.

5 El sistema de compresión/vacío de gas 810 también comprende una bomba 830 para devolver líquido desde el tanque inferior 812 al tanque superior 811 para facilitar la operación continua del sistema 810. La bomba 830 puede ser accionada por cualquier medio adecuado, pero preferentemente funciona con paneles solares, turbinas eólicas o cualquier otra fuente de energía renovable. La bomba 830 normalmente funciona de forma semi-continua, por ejemplo, si está alimentada por paneles solares.

10 El sistema de compresión/vacío de gas 810 está configurado para que siempre haya suficiente líquido en el tanque superior 811 para permitir la operación del ciclo de compresión de gas y creación de vacío. Debido a que la bomba 830 solo puede funcionar de forma semi-continua, por ejemplo, solo durante las horas del día, esto requiere:

- 15
- Proporcionar suficiente líquido en el sistema para que cuando la bomba 830 pueda operar haya líquido en el tanque inferior 812 para que pueda bombear y para que siempre haya suficiente líquido en el tanque superior 811 para que los pistones 820, 821 funcionen para comprimir gas y crear un vacío en las columnas 801, 802;
  - 20 • Diseñar los tanques 811, 812 para que tengan el volumen suficiente para contener el líquido requerido para el sistema 810
  - Configurar la temporización para la operación de la bomba 830 con la operación del ciclo de compresión de gas y creación de vacío para asegurar que la bomba 830 esté operando mientras haya líquido en el tanque inferior 812.

25 Los expertos en la técnica apreciarán que el sistema de transporte 100 también se puede utilizar para el transporte de carga mientras que las cápsulas que se retiran en posiciones relevantes. En una realización, algunos tubos se usan para carga y otros para pasajeros. Por ejemplo, con referencia a la Figura 2B, se pueden usar dos tubos para pasajeros y dos para carga. En otras realizaciones, la carga, por ejemplo, la carga de calidad suprema, puede ser transportada en una cápsula de pasajeros por parte de los asistentes que mueven la carga de una cápsula a otra (por ejemplo, utilizando carritos) para garantizar que se deposite en la ubicación correcta.

30 Los expertos en la técnica apreciarán que el sistema de transporte puede funcionar eficazmente con aire comprimido con compresores de aire que se utilizan para alimentar los inyectores de aire 350. Sin embargo, el gas inyectado podría ser de una mezcla diferente al aire. Por ejemplo, el contenido de oxígeno podría reducirse para reducir el riesgo de incendio.

35 Los expertos en la técnica apreciarán que la invención tiene una serie de ventajas. En particular, debido a la baja presión de aire en el tubo de vacío, las cápsulas pueden funcionar a velocidades significativas sin resistencia eficaz al aire. La velocidad variará de una realización a otra y dependerá de la distancia entre estaciones, ya que debe haber tiempo suficiente para acelerar las cápsulas hasta cerca de la velocidad crucero, de modo que las cápsulas se puedan acoplar mientras se están en movimiento.

40 Los expertos en la técnica apreciarán que el tubo protege las cápsulas de un clima externo. El tubo puede estar formado de cualquier material adecuado, como acero o fibra de carbono. En algunas realizaciones, los materiales plásticos o compuestos de plástico pueden ser apropiados para el tubo. Se podrían proporcionar orificios longitudinales dentro de la pared del tubo para reducir el volumen requerido de material para hacer los tubos. Dado que el aire comprimido se utiliza para alimentar el sistema, no hay materiales peligrosos o explosivos involucrados para alimentar el vehículo.

45 Los expertos en la técnica apreciarán que los tubos de vacío podrían disponerse, cuando sea posible, por encima de las líneas ferroviarias existentes para complementar los sistemas ferroviarios existentes. Las cápsulas están diseñadas para transportar aproximadamente 80 pasajeros, el tubo en sí tiene aproximadamente 3 metros de diámetro. El espacio entre las cavidades 540,530 es de aproximadamente 150 mm.

50 Los expertos en la técnica apreciarán que en otras realizaciones se pueden usar celdas de combustible o se puede usar combustión externa para proporcionar el aire comprimido, por ejemplo, usando una tubería de hidrógeno debajo del tubo principal. En otras realizaciones, los compresores de aire pueden ser alimentados por electricidad.

55 Se entenderá por los expertos en la técnica de la invención que se pueden hacer muchas modificaciones sin apartarse del ámbito de la invención, en particular será evidente que ciertas características de las realizaciones de la invención pueden emplearse para formar realizaciones adicionales.

60

En las reivindicaciones siguientes y en la descripción precedente de la invención, excepto cuando el contexto requiera lo contrario debido al lenguaje expreso o alguna implicación necesaria, la palabra "comprende" o cualquier variación de la misma se usa en un sentido inclusivo, es decir, para especificar la presencia de las características indicadas, pero sin excluir la presencia o adición de características adicionales en diversas realizaciones de la invención.

5

10



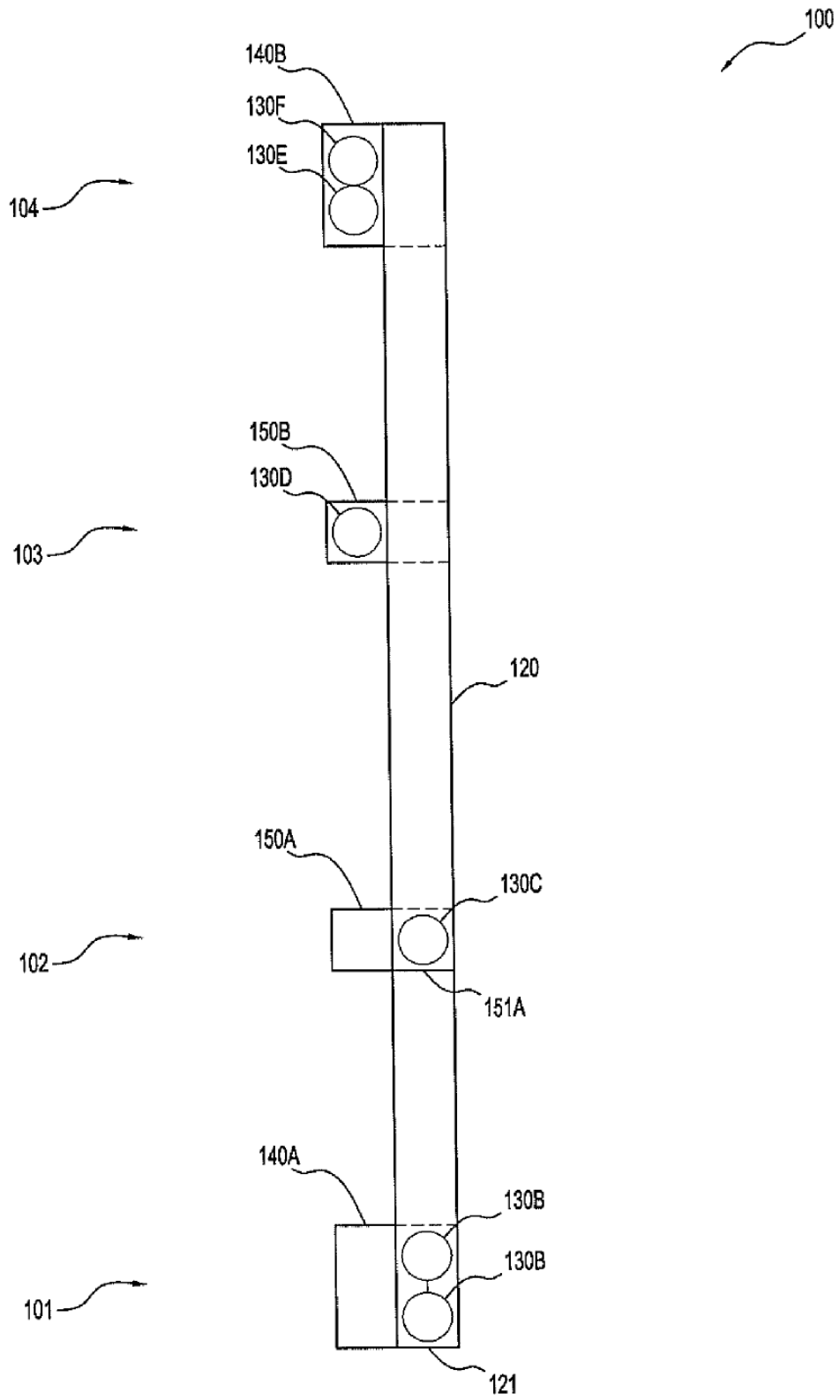
REIVINDICACIONES

1. Una cápsula (130A) para un sistema de transporte por tubos de vacío (100), comprendiendo la cápsula (130):
 

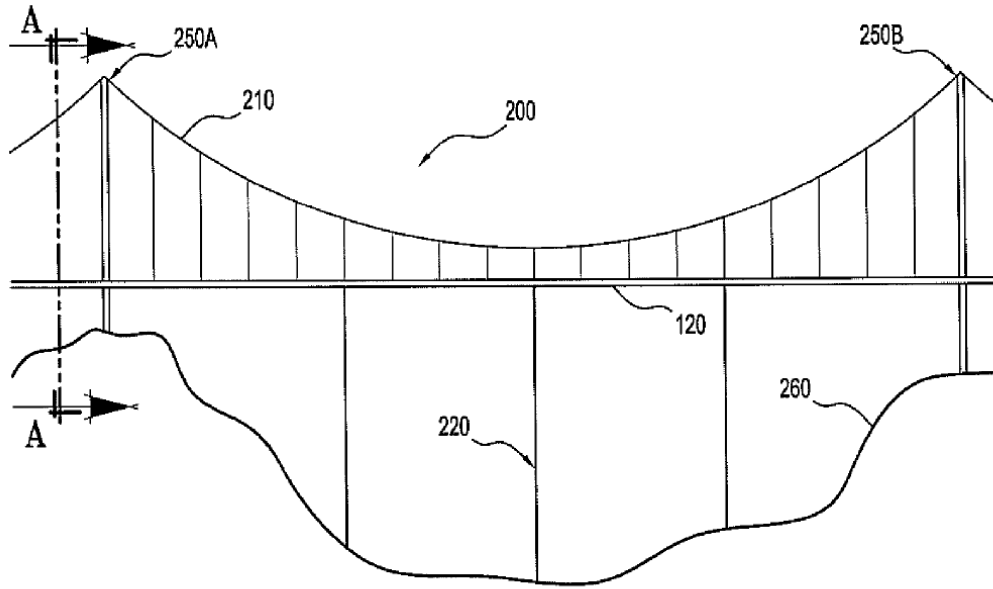
5 un cuerpo de cápsula para transportar pasajeros dentro de un tubo de vacío (120);  
 una primera puerta (420A) dispuesta en un primer extremo del cuerpo; y  
 un primer mecanismo de acoplamiento (430A) y un primer mecanismo de sellado dispuestos respectivamente para acoplar la cápsula (130A) a otra cápsula (130B) en el extremo del cuerpo mientras las cápsulas se mueven y para establecer un cierre estanco alrededor de la primera puerta (420A) y una puerta correspondiente en la otra cápsula (130B) para permitir que los pasajeros se puedan mover de una cápsula a otra a través de las puertas sin exponer a los pasajeros a la presión del tubo de vacío (120),  
 10 **caracterizada porque:**  
 la cápsula (130A) comprende un primer depósito (330) dispuesto para mantenerse a una presión más alta que el tubo de vacío (120), el primer depósito (330) en comunicación fluida con una pluralidad de respiraderos (531) dispuestos en una parte inferior de la cápsula (130A) para permitir que el gas se ventile desde el primer depósito (330) para formar un colchón de gas debajo de la cápsula y que además comprende al menos una entrada (520) a través de la cual se inyecta gas en la cápsula (130A) para mantener el primer depósito (330) a una presión más alta que el tubo de vacío (120).
2. La cápsula (130A) según la reivindicación 1, que comprende una segunda puerta (420B) en un segundo extremo del cuerpo, un segundo mecanismo de acoplamiento (430C) y un segundo mecanismo de sellado asociado con la segunda puerta (420B) mediante lo cual la cápsula (130A) se puede acoplar a otra cápsula (130B) en cualquier extremo de la cápsula (130A) y preferentemente que además comprende una bomba (421A, 421B) asociada con al menos una de la primera (420A) y segunda puerta (420B) operable para igualar la presión de aire en la región entre dos puertas cuando se acopla con la presión de aire en una cabina (310) de la cápsula (130A).
3. La cápsula (130A) según las reivindicaciones 1 o 2, que comprende una pluralidad de tanques de fluido espaciados dispuestos en una porción inferior de la cápsula (130A), los tanques de fluido en comunicación fluida entre sí para que el fluido pueda moverse entre tanques para alterar la distribución del peso del fluido.
4. La cápsula (130A) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende una pluralidad de ruedas extensibles dispuestas a una separación radial entre sí para permitir el acoplamiento entre las ruedas y el interior del tubo de vacío.
5. La cápsula (130A) según la reivindicación 4, que comprende un depósito de retención en comunicación fluida con la entrada (520) y el primer depósito (330) de modo que el gas inyectado en la cápsula (130A) se mantiene en el depósito de retención antes de ser trasladado al primer depósito (330).
6. La cápsula (130A) según la reivindicación 5, que comprende una cabina (310) dispuesta para mantenerse a una primera presión adecuada para transportar pasajeros y un segundo depósito (530) dispuesto entre el primer depósito (330) y la cabina (310) y dispuesto para mantenerse a una presión inferior a la primera presión.
7. Un sistema de transporte por tubos de vacío (100) que comprende:
 

50 un tubo (120) que se extiende entre un origen (101) y un destino (104);  
 una cápsula (130) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 dispuesta dentro del tubo (120), comprendiendo la cápsula (130) al menos una entrada (520) en un lado inferior de la cápsula (130);  
**caracterizado porque:**  
 una pluralidad de inyectores de gas (350) dispuestos entre el origen (101) y el destino (104) para inyectar gas en el tubo de vacío (120) cuando la cápsula (130) pasa el inyector de gas (350) para aplicar el gas a la al menos una entrada (520) para aplicar de ese modo la fuerza motriz a la cápsula (130) y mantener un colchón de gas debajo de la cápsula (130).
8. El sistema de transporte por tubos de vacío (100) según la reivindicación 7, en el que el al menos un inyector de gas (350) está angulado con respecto a la dirección de desplazamiento para aplicar fuerza motriz en la dirección de desplazamiento.
9. El sistema de transporte por tubos de vacío (100) según la reivindicación 7 u 8, que además comprende al menos un inyector de gas (350) angulado con respecto a la dirección de desplazamiento de la cápsula (130A) para aplicar el frenado a la cápsula (130A)

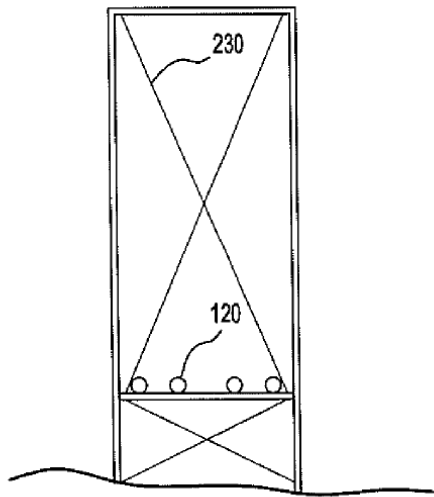
10. El sistema de transporte por tubos de vacío según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende al menos un mecanismo de lanzamiento que comprende:
- 5 un miembro de placa (151A) que se puede mover dentro del tubo (120); y  
un inyector de gas de lanzamiento dispuesto para inyectar gas en el tubo (120) entre el miembro de placa (151A) y una cápsula (130) dispuesta en el tubo (120) cerca del miembro de placa (151A) para lanzar de ese modo la cápsula (130).
11. El sistema de transporte por tubos de vacío (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, que comprende un mecanismo de inserción de cápsula (140A) que comprende dos secciones de tubo dispuestas una al lado de la otra, un mecanismo para mover cada una de las secciones de tubo entre una posición operativa en la que la sección de tubo está conectada con el tubo de vacío (120) y una posición inoperativa en la que la sección de tubo no está conectada al tubo (120), y un mecanismo de sellado para mantener la presión del tubo de vacío (120) durante el movimiento de las secciones de tubo.
12. Un procedimiento de transporte **caracterizado por** las siguientes etapas, que comprenden:
- 20 lanzar una primera cápsula (130A) de una pluralidad de cápsulas (130) desde un origen (101) de un tubo de vacío (120) con un mecanismo de lanzamiento de origen (140A) de modo que viaja hacia un destino (104) del tubo de vacío (120), cada cápsula comprende un cuerpo de cápsula para transportar pasajeros dentro del tubo de vacío (120), la primera (420A) y la segunda puerta (420B) dispuestas respectivamente en primer y segundo extremos del cuerpo, primer (430A, 430B) y segundo mecanismos de acoplamiento (430C, 430D) y primer y segundo mecanismos de sellado dispuestos respectivamente en primer y segundo extremos del cuerpo y un primer depósito (330) dispuesto para mantenerse a una presión más alta que el tubo de vacío (120), el primer depósito (330) en comunicación fluida con una pluralidad de respiraderos (531) dispuestos en una parte inferior de la cápsula para permitir que el gas se ventile desde el primer depósito (330) para formar un colchón de gas debajo de la cápsula (130A) y al menos una entrada (520) a través de la cual se inyecta gas en la cápsula (130A) para mantener el primer depósito (330) a una presión más alta que el tubo de vacío (120);
- 30 lanzar una segunda cápsula (130B) de la pluralidad de cápsulas antes de la primera cápsula (130A) con un mecanismo de lanzamiento intermedio (150A) ubicado en una primera posición intermedia (102) intermedia entre el origen y el destino (104);
- 35 formar una conexión entre una puerta más trasera de la segunda cápsula y una puerta más delantera de la primera cápsula con el primer y segundo mecanismos de acoplamiento y el primer y segundo mecanismos de sellado de las puertas respectivas, de modo que los pasajeros puedan moverse a través de la primera y segunda cápsula, por lo que los pasajeros que desean desembarcar en una segunda posición intermedia (103) se mueven hacia la primera cápsula (130A) sin exponerse a la presión del tubo de vacío (120); y
- 40 desacoplar la primera cápsula (130A) para permitir que la primera cápsula se detenga en la segunda posición intermedia (103) de modo que los pasajeros puedan desembarcar.
13. El sistema de transporte por tubos de vacío (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 7-11, que además comprende un sistema de compresión/vacío de gas (810) para proporcionar gas comprimido y crear un vacío para la operación de un sistema de transporte por tubos de vacío (100), comprendiendo el sistema de compresión/vacío de gas:
- 45 una estructura de soporte (250) para soportar parte del sistema de transporte por tubos (100), teniendo la estructura de soporte al menos un primer miembro (801) y un segundo miembro (802);
- 50 un primer pistón (820) alojado en el primer miembro (801) que es operable para moverse dentro del primer miembro para comprimir gas o crear un vacío en el primer miembro; y  
un segundo pistón (821) alojado en el segundo miembro (802) que es operable para moverse dentro del segundo miembro para comprimir gas o crear un vacío en el segundo miembro.
- 55 14. El sistema según la reivindicación 13, en el que el primer (820) y el segundo pistón (821) están conectados entre sí por lo que el movimiento de uno de los pistones (820/821) provoca el movimiento del otro pistón (820/821) en la dirección opuesta.
- 60 15. El sistema según la reivindicación 13 o 14, en el que la estructura de soporte (250) comprende al menos un tanque (811, 812) para contener líquido, el líquido para su uso al provocar el movimiento de los pistones (820, 821).



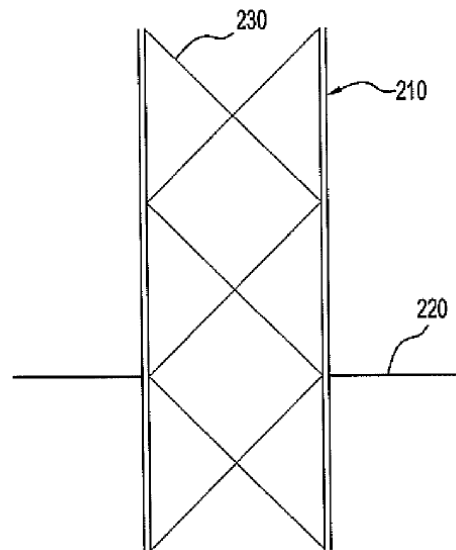
**FIG. 1**



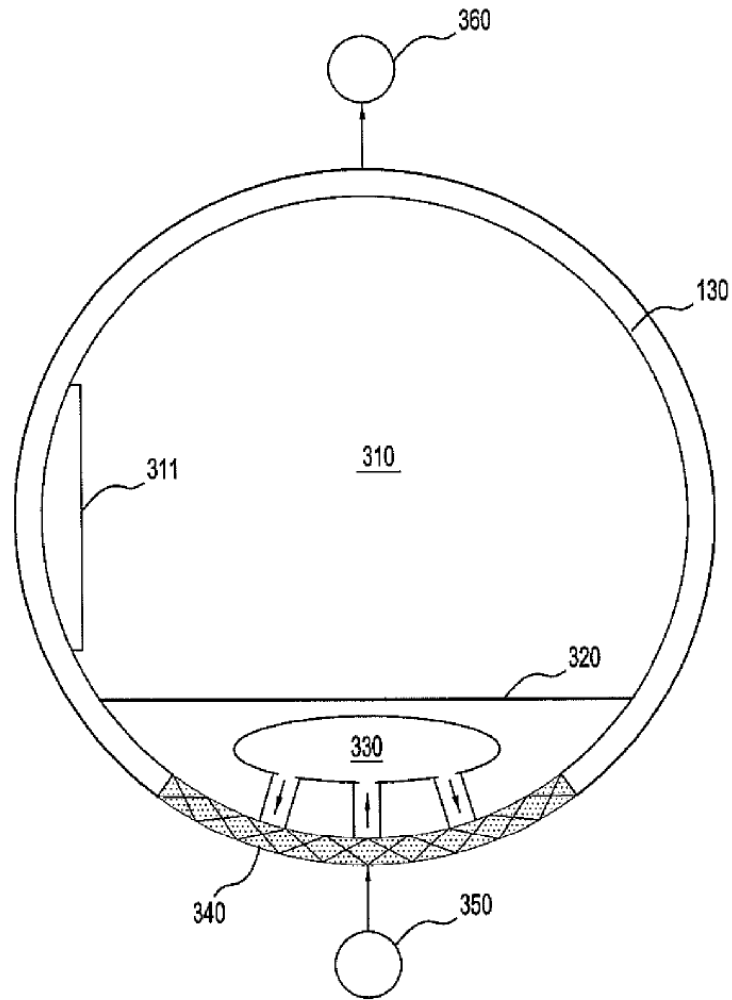
**FIG. 2A**



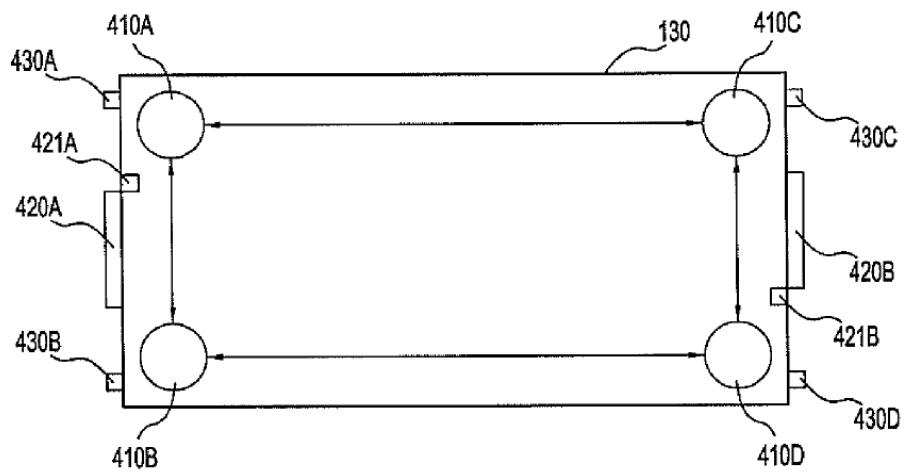
**FIG. 2B**



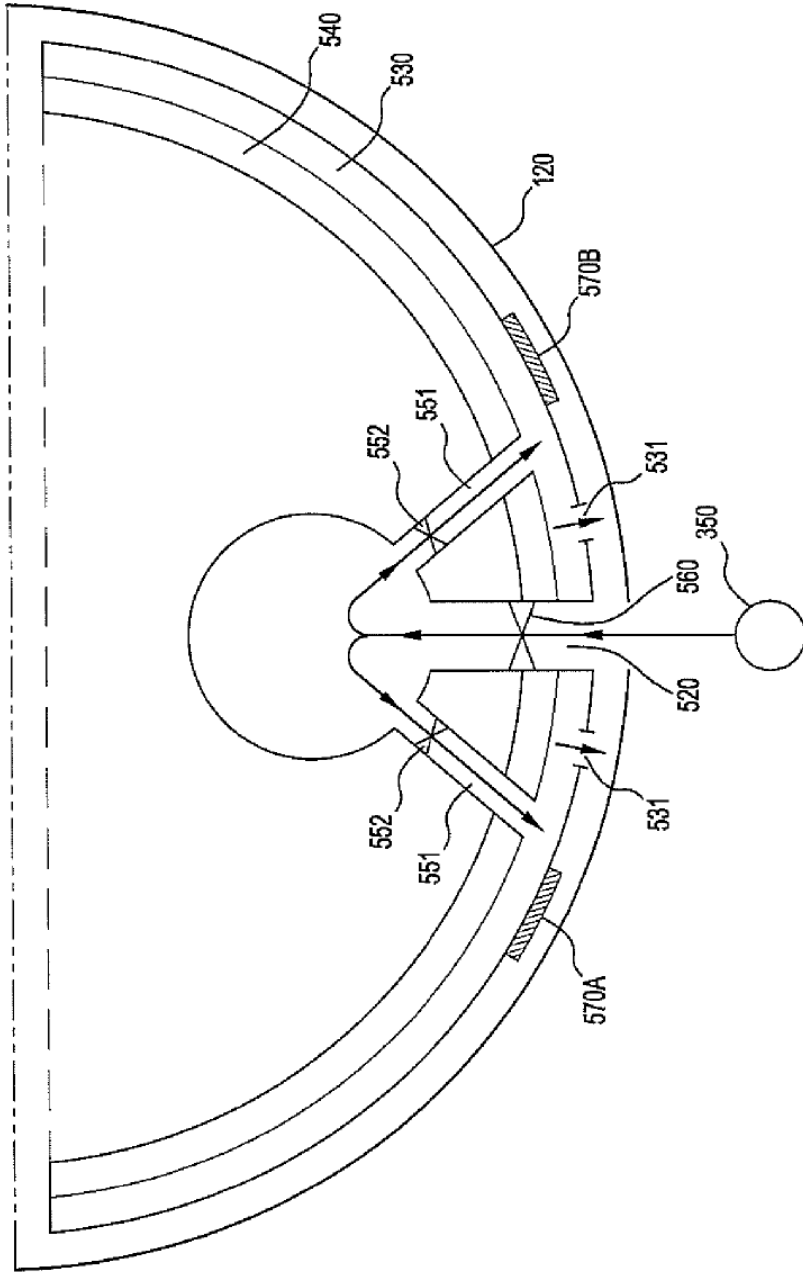
**FIG. 2C**



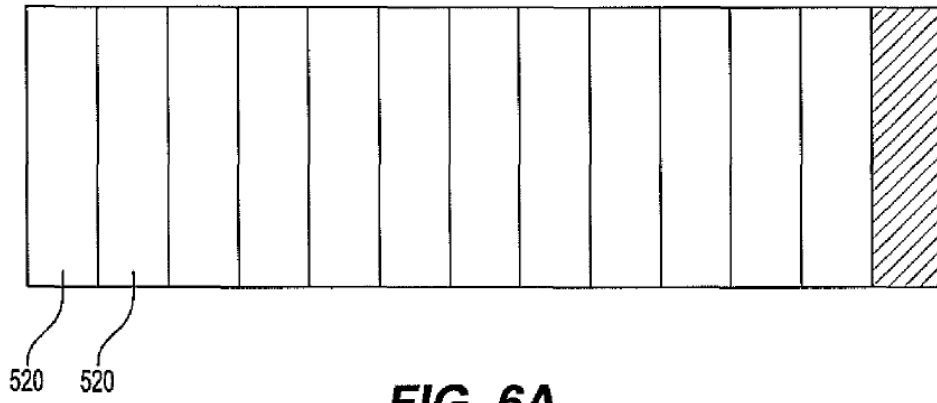
**FIG. 3**



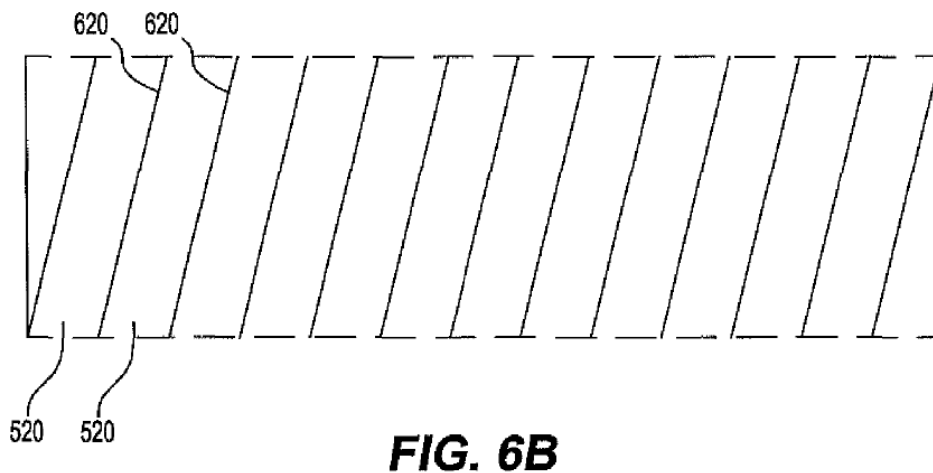
**FIG. 4**



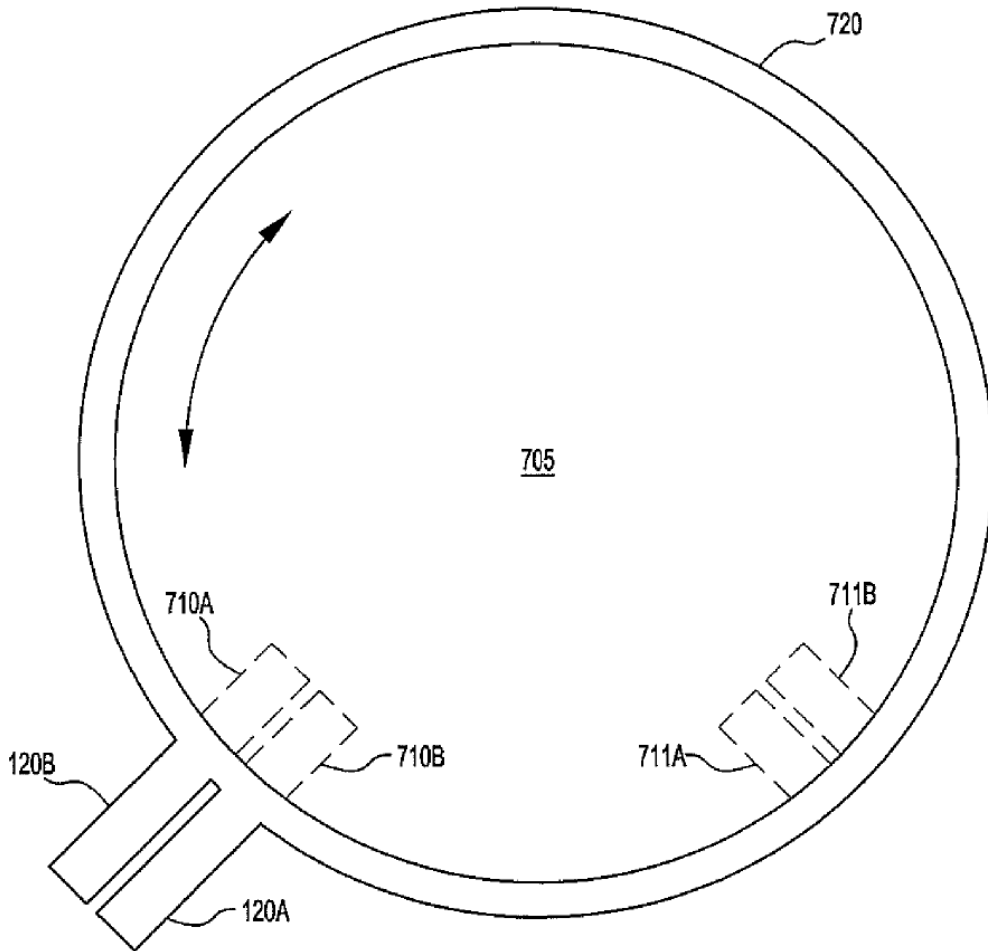
**FIG. 5**



**FIG. 6A**

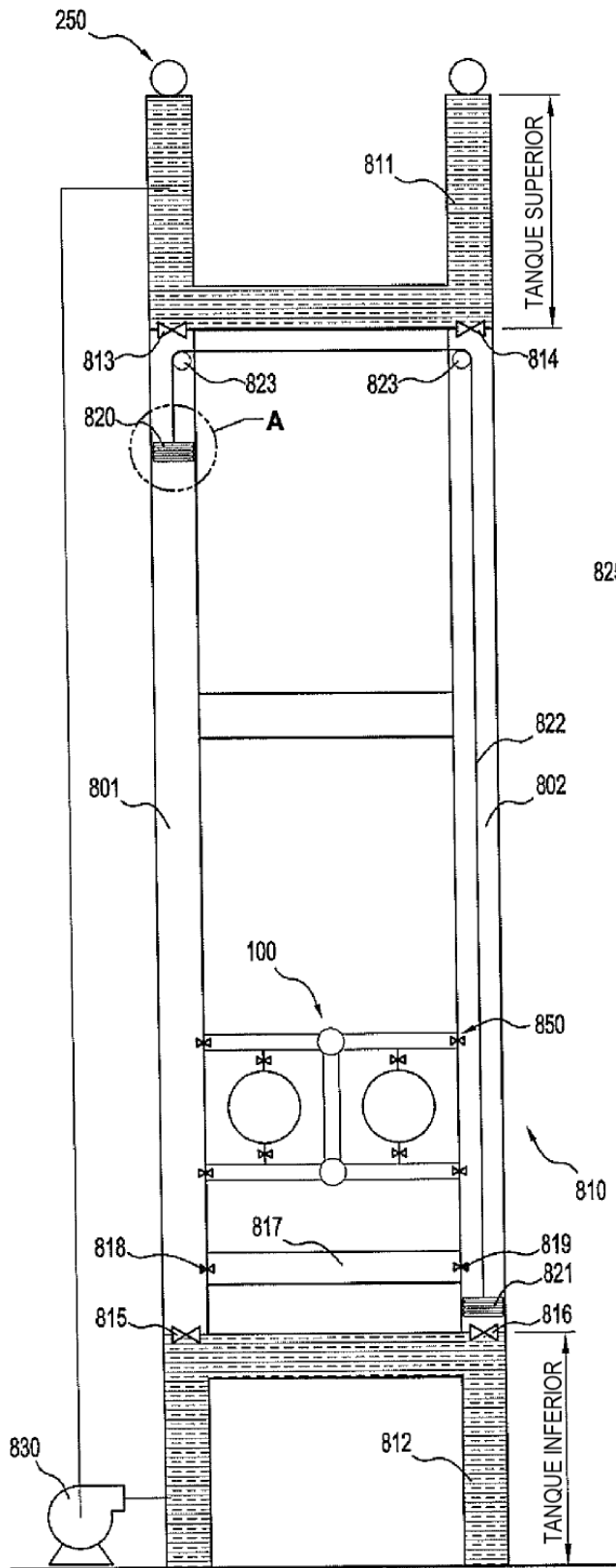


**FIG. 6B**

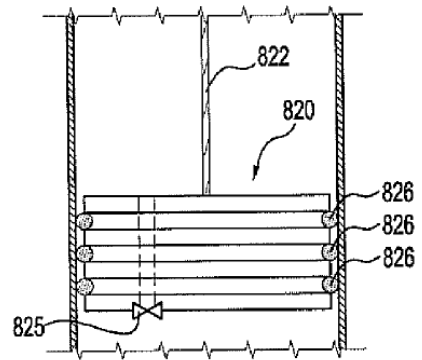


**FIG. 7**





**FIG. 8**



**FIG. 9**  
(DETALLE - A)