(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 664 743**

(51) Int. CI.:

A61M 25/00 (2006.01)
A61B 1/00 (2006.01)
A61M 25/01 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.05.2009 PCT/AU2009/000555**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **12.11.2009 WO09135251**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2009 E 09741580 (6)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2018 EP 2271395**

(54) Título: **Procedimiento y aparato para hacer avanzar una sonda**

(30) Prioridad:

05.05.2008 AU 2008902195

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.04.2018

(73) Titular/es:

ENDOGENE LIMITED (100.0%)
2 St Andrews Street, Suite 10
Brighton, VIC 3186, AU

(72) Inventor/es:

SOUTORINE, MIKHAIL

(74) Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

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

Procedimiento y aparato para hacer avanzar una sonda

CAMPO TÉCNICO

Los modos de realización descritos se refieren a procedimientos y aparatos para usar en el avance de una sonda. En particular, los modos de realización se pueden usar para hacer avanzar una sonda a través de una superficie o dentro de un tracto, tal como un tracto biológico.

ANTECEDENTES

Puede ser difícil explorar tractos, espacios reducidos o zonas a las que una persona no pueda acceder fácilmente. Esto es particularmente así cuando el control adecuado del avance de una sonda puede ser problemático. Por ejemplo, los tractos intestinales a menudo son relativamente largos y forman una trayectoria enrevesada, que es difícil de atravesar con una sonda sin la ayuda de algún tipo de dispositivo que ayude en el avance de la sonda.

Los tractos como los tractos intestinal y vascular se pueden ser explorar favorablemente mediante una sonda para fines médicos.

Se desea abordar, o mejorar, una o más deficiencias o desventajas asociadas con los procedimientos y/o aparatos existentes para hacer avanzar sondas o, al menos, proporcionar una alternativa útil a los mismos.

El documento US 3.485.237divulga una manguera autopropulsada construida de una pluralidad de componentes tubulares enrollados helicoidalmente en paralelo. Los componentes tubulares se expanden y contraen de forma rítmica para propulsar la manguera dentro de un pasaje tubular.

El documento JP 2005-176941 (A) divulga una ayuda para la inserción de un endoscopio que comprende un tubo flexible blando con un primer agujero pasante para insertar una parte de inserción del endoscopio y un segundo agujero pasante formado a lo largo y alrededor del primer agujero pasante, una válvula de control para controlar el salida de un fluido alimentado al segundo agujero pasante, y medios de control para transmitir una señal de control a la válvula de control que alimenta de forma intermitente el fluido al segundo agujero pasante.

El documento US 4.207.872divulga un dispositivo para ayudar en el avance de un endoscopio a través del colon u otro pasaje corporal. El dispositivo incluye un manguito que tiene una cámara anular definida en parte por una pared exterior de material elastomérico. Una multiplicidad de protuberancias huecas elásticas se forma en la pared y se expanden hacia fuera y hacia atrás cuando la cámara se llena con un fluido adecuado bajo presión y que se retrae hacia dentro y hacia delante cuando se reduce la presión del fluido.

El documento WO 2004/047903 A2divulga un accionamiento de catéter.

El documento EP 1 779 818 A2divulga un aparato de entrega de implante.

RESUMEN

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un aparato que comprende:

un tubo flexible alargado que define un lumen central y dimensionado para ser recibido dentro de un tracto y que tiene un extremo proximal y un extremo distal;
un mecanismo de accionamiento acoplado al extremo proximal del tubo; y
una columna de líquido que se extiende dentro del lumen central desde el extremo proximal hasta el extremo distal;
caracterizado por medios de polarización ubicados en el extremo distal y configurados para impulsar el movimiento proximal de la columna de líquido en respuesta al movimiento distal de la columna de líquido;
en el que el mecanismo de accionamiento está configurado para producir un movimiento alternativo de la columna de líquido dentro del tubo que transmite impulso al tubo hacia delante y de este modo impulsa el avance de, al menos, el extremo distal del tubo dentro del tracto cuando, al menos el extremo distal, se recibe dentro de una parte del tracto.

La columna de líquido puede ser parte de un volumen de líquido encerrado por el tubo y el mecanismo de accionamiento. El tubo puede tener perturbaciones periódicas formadas en una superficie externa del tubo a lo largo

de, al menos parte, del extremo distal. Las perturbaciones periódicas pueden extenderse circunferencialmente alrededor del tubo y pueden tener una varianza radial del mismo orden de magnitud que un espesor radial de una pared del tubo.

Se puede contornear una superficie externa del tubo para mejorar la resistencia al movimiento del tubo en una dirección inversa. Se puede contornear una superficie interna del tubo para mejorar la resistencia al movimiento de la columna a través del tubo en la dirección hacia delante. Las superficies externa e interna del tubo (es decir, perturbaciones periódicas) pueden formarse en un patrón de abeto barrido en sentido proximal. Las perturbaciones periódicas internas pueden formarse a lo largo de, al menos, una sección del tubo que está distal al extremo proximal.

Un líquido de la columna de líquido puede tener una densidad de aproximadamente la misma, o mayor que, la densidad del agua, de modo que el líquido se comprime mínimamente cuando el mecanismo de accionamiento actúa sobre la columna de líquido.

El mecanismo de accionamiento puede configurarse para transmitir un perfil de velocidad específico a un extremo proximal de la columna de líquido para mejorar el movimiento hacia delante del tubo dentro del tracto. El perfil de velocidad puede comprender uno o más de:

una parte de aceleración gradual en una primera parte de un movimiento hacia delante de la columna de líquido;
una parte de desaceleración brusca en una segunda parte del movimiento hacia delante de la columna de líquido después de la primera parte del movimiento hacia delante;
una parte de aceleración brusca en una primera parte de un movimiento hacia atrás de la columna de líquido; y
una parte de desaceleración gradual en una segunda parte del movimiento hacia atrás de la columna de líquido después de la primera parte del movimiento hacia atrás.

El mecanismo de accionamiento puede comprender un pistón y un componente motriz, tal como un eje, configurado para producir un avance y una retracción repetitivos de la columna de líquido dentro del tubo. El mecanismo de accionamiento puede estar configurado para hacer que el pistón desacelere bruscamente hacia el final de cada carrera del pistón y/o acelere bruscamente desde el final de cada carrera del pistón.

El aparato puede comprender además una membrana flexible o un elemento movible en el extremo distal para encerrar un extremo distal de la columna de fluido. El extremo distal del tubo puede albergar un volumen de fluido compresivo (por ejemplo, aire u otro gas inerte de baja densidad) limitado por el tubo, la membrana flexible y otra membrana colocada en sentido distal de la membrana flexible. La otra membrana también puede ser flexible, siendo ambas membranas elásticamente deformables en respuesta al avance de la columna de líquido.

Un diámetro interno del tubo puede estrecharse en la dirección distal. Este estrechamiento puede ser escalonado y/o gradual. Este estrechamiento puede ayudar a minimizar la pérdida de presión en la columna de líquido hacia el extremo distal mientras el mecanismo de accionamiento mueve la columna de líquido. La pared del tubo puede estar reforzada por alguna forma de medios de refuerzo para ayudar al tubo a resistir la expansión o el colapso en respuesta a las diferencias de presión creadas por la acción del mecanismo de accionamiento.

Una sonda puede estar ubicada en el extremo distal del tubo. La sonda puede albergar un dispositivo de imagen para capturar imágenes de una zona delante de la sonda. Una pluralidad de conductos puede extenderse a lo largo del tubo y acoplarse a la sonda, por ejemplo, para enviar y/o recibir señales hacia y/o desde la sonda. Los conductos pueden estar dispuestos dentro del tubo a lo largo de, al menos, parte del tubo. Al menos uno de los conductos puede extenderse en espiral a lo largo de, al menos, parte del tubo. En algunos modos de realización, un lumen secundario puede extenderse dentro de un lumen primario definido por el tubo y uno o más de los conductos puede extenderse dentro del lumen secundario a lo largo de, al menos, parte del tubo. En algunos modos de realización, uno o más de los conductos pueden estar incrustados dentro de la pared del tubo a lo largo de, al menos, parte de una longitud del tubo.

El tracto dentro del cual el tubo se dimensiona para extenderse puede ser un tracto digestivo o un tracto vascular, por ejemplo. De forma alternativa, el tracto puede ser una estructura o zona no biológica, tal como un tubo, conducto, contenedor u otra estructura que puede ser difícil o peligrosa para que una persona acceda y/o inspeccione.

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento para el avance de una sonda, el procedimiento que comprende:

colocar un extremo distal de un tubo flexible alargado, al menos parcialmente, dentro de un extremo inferior de un tracto no biológico, el tubo que define un lumen central y está dimensionado para ser recibido dentro del tracto no biológico y tiene una columna de líquido que se extiende dentro del lumen central desde un extremo proximal del tubo hasta el extremo distal, en el que la sonda está ubicada en el extremo distal del tubo;
caracterizado por operar un mecanismo de accionamiento que produce un avance de la columna de líquido dentro del tubo que transmite impulso al tubo hacia delante e impulsa de este modo un avance de, al menos, el extremo distal del tubo dentro del tracto no biológico, en el que el funcionamiento comprende operar un pistón y un componente motriz para producir un avance y una retracción repetitivos de la columna de líquido; y
mediante el uso de medios de polarización ubicados en el extremo distal, que impulsan el movimiento proximal de la columna de líquido en respuesta al movimiento distal de la columna de líquido.

El funcionamiento puede comprender transmitir un perfil de velocidad específico a un extremo proximal de la columna de líquido para mejorar el movimiento hacia delante del tubo dentro del tracto. El perfil de velocidad puede comprender al menos uno de:

una parte de aceleración gradual de una primera parte de un movimiento hacia delante de la columna de líquido;
una parte de desaceleración brusca de una segunda parte del movimiento hacia delante de la columna de líquido después de la primera parte del movimiento hacia delante;
una parte de aceleración brusca de una primera parte de un movimiento hacia atrás de la columna de líquido; y
una parte de desaceleración gradual de una segunda parte del movimiento hacia atrás de la columna de líquido después de la primera parte del movimiento hacia atrás.

El funcionamiento puede hacer que el pistón desacelere bruscamente hacia el final de cada carrera del pistón (es decir, justo antes del punto de carrera máxima). El funcionamiento puede hacer que el pistón acelere bruscamente desde el final de cada carrera del pistón (es decir, justo antes del punto de carrera máxima).

El procedimiento puede comprender además proporcionar contornos a lo largo del exterior del tubo para resistir el movimiento del tubo en una dirección inversa dentro del tracto, y puede comprender proporcionar contornos a lo largo del interior del tubo para resistir el movimiento de la columna de líquido a través del tubo en una dirección distal.

La sonda puede comprender un dispositivo de imágenes, y el procedimiento puede comprender además la captura de imágenes dentro del tracto con el dispositivo de imágenes. El procedimiento puede comprender además transmitir datos de imágenes correspondientes a las imágenes capturadas a un sistema configurado para procesar y visualizar las imágenes. Los conductos, que incluyen al menos un conducto eléctrico, pueden extenderse a lo largo del tubo para realizar al menos una de las señales de envío y recepción hacia y desde la sonda, y la transmisión puede realizarse usando, al menos, un conducto eléctrico.

Algunos modos de realización se refieren a un procedimiento de avance que comprende provocar un movimiento alternativo de una columna de líquido que se extiende dentro de un componente alargado desde un extremo del componente hasta un extremo opuesto del componente para transmitir el movimiento hacia delante del componente a lo largo de la longitud del componente alargado.

Algunos modos de realización se refieren a un aparato que comprende una sonda colocada en un extremo de un componente alargado y un mecanismo de accionamiento en un extremo opuesto del componente alargado, el componente alargado que aloja una columna de líquido que se extiende desde un extremo al extremo opuesto, en el que el mecanismo de accionamiento produce un movimiento alternativo de la columna de líquido dentro del componente alargado que transmite un movimiento hacia delante a la sonda.

Algunos modos de realización se refieren a un conjunto de tubos de avance automático reemplazable que comprende un tubo flexible alargado, una cámara de líquido dispuesta en un extremo proximal del tubo y una sonda dispuesta en un extremo distal del tubo, el tubo que tiene una columna de líquido que se extiende entre la cámara de líquido y el extremo distal.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación, se describen modos de realización en detalle, a modo de ejemplo, en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1es un diagrama de bloques esquemático de un sistema para usar en el avance de una sonda dentro de un tracto;
La figura 2es un gráfico de un perfil de velocidad ilustrativo para transmitir a una columna de líquido;
La figura 3es una representación esquemática del aparato de avance que se usará para hacer avanzar una sonda;
La figura 4Aes una vista en sección lateral esquemática de una parte proximal de un tubo que forma parte del aparato de avance de la figura 3;
La figura 4Bes una vista en sección lateral esquemática de una parte distal del aparato de avance de la figura 3;
La figura 5Aes una representación esquemática ilustrativa de una membrana flexible colocada hacia un extremo distal del aparato de avance, con la membrana que se muestra en una posición relajada;
La figura 5Bes un diagrama esquemático ilustrativo de la membrana de la figura 5A, con la membrana que se muestra en una posición deformada;
La figura 6es un diagrama esquemático de un sistema para hacer avanzar una sonda de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 7Aes una vista en sección lateral parcial de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 7Bes una vista en sección transversal del tubo de la figura 7A tomada a lo largo de la línea 7-7;
La figura 8Aes una vista lateral de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 8Bes una vista en sección transversal del tubo de la figura 8A tomada a lo largo de la línea 8-8;
La figura 9Aes una vista lateral de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 9Bes una vista en sección transversal del tubo de la figura 9A tomada a lo largo de la línea 9-9;
La figura 10Aes una vista lateral de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 10Bes una vista en sección transversal del tubo de la figura 10A tomada a lo largo de la línea 10-10;
La figura 11Aes una vista lateral de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 11Bes una vista en sección transversal del tubo de la figura 11A tomada a lo largo de la línea 11-11;
La figura 12Aes una vista en sección lateral parcial de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 12Bes una vista en sección transversal del tubo de la figura 12A tomada a lo largo de la línea 12-12;
La figura 13Aes una vista en sección lateral parcial de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 13Bes una vista en sección transversal del tubo de la figura 13A tomada a lo largo de la línea 13-13;
La figura 13Ces una vista en sección transversal alternativa del tubo de la figura 13A tomada a lo largo de la línea 13-13;
La figura 14Aes una vista en sección lateral parcial de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 14Bes una vista en sección transversal del tubo de la figura 14A tomada a lo largo de la línea 14-14;
La figura 15Aes una vista en sección lateral parcial de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 15Bes una vista en sección transversal del tubo de la figura 15A tomada a lo largo de la línea 15-15;
Las figuras 16A y 16Bson representaciones esquemáticas de un pistón que se mueve dentro de una cámara de acuerdo con algunos modos de realización de un mecanismo de accionamiento;
Las figuras 17A y 17Bson representaciones esquemáticas de un pistón que se mueve dentro de una cámara de acuerdo con algunos modos de realización de un mecanismo de accionamiento;
La figura 18es una representación esquemática de un pistón que actúa sobre una membrana flexible de una cámara de fluido de acuerdo con algunos modos de realización de un mecanismo de accionamiento;
La figura 19es una representación esquemática de un pistón de sección transversal circular que es excéntricamente giratoria para desplazar una membrana de una cámara de fluido de acuerdo con algunos modos de realización de un mecanismo de accionamiento;
La figura 20es una representación esquemática de una cámara de fluido que tiene un pistón móvil dentro de la cámara bajo el control de elementos electromagnéticos, de acuerdo con algunos modos de realización de un mecanismo de accionamiento;
La figura 21es una representación esquemática de una cámara de polarización distal de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 22es una representación esquemática de una cámara de polarización distal de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 23es una representación esquemática de una cámara de polarización distal de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 24es una representación esquemática de una cámara de polarización distal de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 25es una representación esquemática de una cámara de polarización distal de acuerdo con algunos modos de realización, que se muestra en un estado no comprimido;
La figura 26es una representación esquemática de la cámara de polarización distal de la figura 25 en un estado comprimido;
La figura 27es una representación esquemática de una cámara de polarización distal de acuerdo con algunos modos de realización, que se muestra en un estado no comprimido;
La figura 28es una representación esquemática de la cámara de polarización distal de la figura 27 en un estado

comprimido;
La figura 29es una representación esquemática de una cámara de polarización distal de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 30es una representación esquemática de una cámara de polarización distal de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 31es una representación esquemática de una cámara de polarización distal de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 32es una representación esquemática de una cámara de polarización distal de acuerdo con algunos modos de realización, que se muestra en un estado no comprimido;
La figura 33es una representación esquemática de la cámara de polarización distal de la figura 32 en un estado comprimido;
La figura 34es una representación esquemática de una cámara de polarización distal de acuerdo con algunos modos de realización, que se muestra en un estado no comprimido;
La figura 35es una representación esquemática de la cámara de polarización distal de la figura 34 en un estado comprimido;
La figura 36es una representación esquemática de una cámara de polarización distal de acuerdo con algunos modos de realización;
La figura 37Aes una vista en sección lateral parcial de parte de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización, que muestra perturbaciones periódicas a lo largo de una superficie externa del tubo;
La figura 37Bes una vista en sección lateral parcial de parte de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización, que muestra perturbaciones periódicas a lo largo de una superficie externa del tubo;
La figura 38Aes una vista en sección lateral parcial de parte de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización, que muestra perturbaciones periódicas a lo largo de una superficie externa del tubo;
La figura 38Bes una vista en sección lateral parcial de parte de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización, que muestra perturbaciones periódicas a lo largo de una superficie externa del tubo;
La figura 39Aes una vista en sección lateral parcial de parte de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización, que muestra perturbaciones periódicas a lo largo de una superficie externa del tubo;
La figura 39Bes una vista en sección lateral parcial de parte de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización, que muestra perturbaciones periódicas a lo largo de una superficie externa del tubo;
La figura 40Aes una vista en sección lateral parcial de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización, que muestra perturbaciones periódicas a lo largo de una superficie interna del tubo;
La figura 40Bes una vista en sección lateral parcial de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización, que muestra perturbaciones periódicas a lo largo de una superficie interna del tubo;
La figura 41Aes una vista en sección lateral parcial de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización, que muestra perturbaciones periódicas a lo largo de una superficie interna del tubo;
La figura 41Bes una vista en sección lateral parcial de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización, que muestra perturbaciones periódicas a lo largo de una superficie interna del tubo;
La figura 42Aes una vista en sección lateral parcial de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización, que muestra perturbaciones periódicas a lo largo de una superficie interna del tubo;
La figura 42Bes una vista en sección lateral parcial de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización, que muestra perturbaciones periódicas a lo largo de una superficie interna del tubo;
La figura 43Aes una vista en sección lateral parcial de una parte de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización, que muestra perturbaciones periódicas a lo largo de ambas superficies interna y externa del tubo;
La figura 43Bes una vista en sección lateral parcial de una parte de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización, que muestra perturbaciones periódicas a lo largo de ambas superficies interna y externa del tubo; y
La figura 44es una vista en sección lateral parcial de una parte de un tubo de acuerdo con algunos modos de realización, que muestra las perturbaciones periódicas formadas a lo largo de las superficies interna y externa de un tubo en secciones que están espaciadas a lo largo del tubo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Los modos de realización descritos se refieren en general a procedimientos y aparatos para uso en el avance de una sonda. Como se pueden usar diferentes tipos de sondas con los modos de realización descritos, esta descripción se centrará principalmente en el aparato y los procedimientos para hacer avanzar la sonda dentro de un tracto, pasaje o zona. Los procedimientos y aparatos descritos emplean un tubo flexible alargado que define un lumen y está dimensionado para ser recibido dentro del tracto, pasaje o zona y que tiene un extremo proximal y un extremo distal. Un mecanismo de accionamiento está acoplado al extremo proximal del tubo y una columna de líquido se extiende dentro del lumen desde el extremo proximal hasta el extremo distal del tubo. El mecanismo de accionamiento está configurado para producir el movimiento de la columna de líquido dentro del tubo que transmitir un movimiento hacia delante al tubo, que impulsa el avance de, al menos, el extremo distal del tubo dentro del tracto, pasaje o zona

cuando, al menos, el extremo distal se apoya en una parte del tracto, conducto o zona.

En general, el movimiento de la columna de líquido dentro del lumen transmite impulso a la pared interior del tubo a lo largo de la mayor parte de la longitud del tubo por fricción y/o turbulencia. Por ejemplo, para un tubo de unos 3 metros de longitud, el movimiento de la columna de líquido dentro del tubo transmitirá cierto movimiento al tubo en relación con una superficie o pasaje subyacente a lo largo de la mayor parte de los 3 metros de longitud del tubo, excepto aquellas secciones cercanas al mecanismo de accionamiento o que no se apoyan en la superficie o pasaje subyacente.

Tal como se usa en este documento, los términos "proximal" y "distal" prevén que tengan significados de posicionamiento relativos. En general, el término "distal" está destinado a indicar una posición o dirección generalmente hacia un extremo del tubo que debe avanzar dentro del tracto por delante del resto del tubo. El término "proximal" está destinado a indicar una posición o dirección generalmente opuesta a la de "distal" y puede indicar una posición o dirección hacia un extremo del tubo al que está acoplado el mecanismo de accionamiento. Los modos de realización descritos están generalmente relacionados con el avance de la sonda en una dirección distal.

En referencia en particular a la figura 1, se describe con mayor detalle un sistema 100 para hacer avanzar una sonda 160. El sistema 100 comprende un aparato de avance 110 que responde a un módulo de control 115 para hacer avanzar la sonda 160 dentro de un tracto 180 u otra zona cuando la sonda 160 se coloca dentro del tracto 180 u otra zona.

El aparato de avance 110 comprende un mecanismo de accionamiento 130 acoplado a un extremo proximal 142 de un tubo flexible alargado 140. El tubo tiene un extremo distal 144 en el cual se ubica la sonda 160. El mecanismo de accionamiento 130 responde a las señales de control recibidas desde el módulo de control 115 para operar alguna forma de medios de accionamiento, tales como un eje motriz que acciona un pistón que produce un movimiento alternativo (hacia atrás y hacia delante) de una columna de líquido 156 dentro del tubo 140.

El tubo flexible 140 define un lumen interno primario 141 dentro del cual se extiende la columna de líquido 156. Este lumen primario 141 se extiende desde el mecanismo de accionamiento 130 adyacente hasta el extremo distal 144 y la columna de líquido 156 se extiende significativamente por toda la longitud del lumen 141. La columna de líquido 156 puede no extenderse directamente a la sonda 160 a fin de permitir que un medio de polarización distal (descrito a continuación) se pueda colocar en sentido proximal a la sonda 160 para polarizar la columna de líquido 156 en una dirección proximal una vez que ha avanzado en sentido distal. La columna de líquido 156 comprende parte de un volumen de líquido que está encerrado por el tubo 140, el medio de polarización distal y una cámara de fluido del mecanismo de accionamiento 130. Ejemplos de medios de polarización distales se muestran y se describen a continuación en relación con las figuras 21 a 36.

El tubo flexible alargado 140 puede tener un diámetro y una longitud seleccionados para adaptarse a una aplicación exploratoria particular. El material del tubo 140 puede seleccionarse de manera similar para adaptarse a una aplicación particular. Por ejemplo, cuando el aparato de avance 110 se emplea para hacer avanzar una sonda dentro de un tracto biológico, tal como un tracto gastrointestinal, el tubo puede tener un diámetro externo máximo de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 15 mm (posiblemente más cerca de 7 mm) y puede tener una longitud de aproximadamente 1 metro hasta aproximadamente 10 metros, posiblemente de aproximadamente 3 metros a aproximadamente 6 metros. Una longitud de tubo de aproximadamente 3 a 4 metros puede ser adecuada para hacer avanzar la sonda 160 dentro de un tracto intestinal (es decir, en el intestino delgado) a través del ano.

El material del tubo cuando se usa para explorar un tracto intestinal (es decir, para endoscopia gastrointestinal) puede formarse de un material flexible y médicamente inerte adecuado, tal como materiales adecuados de cloruro de polivinilo (PVC), silicona, látex o caucho. El material del tubo 140 debería permitir que el tubo 140 sea flexible para que pueda formarse en un bucle de un diámetro mínimo relativamente pequeño (en función de la aplicación) sin que la pared del tubo 140 se doble o se colapse, o se deforme de otro modo, para disminuir la sección interna transversal del tubo 140. Con este propósito, la pared del tubo puede ser reforzada para una mayor integridad estructural. Para aplicaciones endoscópicas, el diámetro mínimo de bucle puede ser de aproximadamente 2 cm y puede variar de aproximadamente 1 cm a aproximadamente 5 cm, por ejemplo.

Para aplicaciones médicas o veterinarias en las que se desea explorar un tracto vascular (es decir, para angioscopia), el diámetro y la longitud del tubo pueden ser proporcionalmente más pequeños, por ejemplo, de 3 mm a aproximadamente 10 mm (posiblemente más cerca de 5 mm) de diámetro y de aproximadamente 0,8 a aproximadamente 3 m de longitud, seleccionándose también la sonda 160 para tener un diámetro adecuadamente

pequeño.

Para aplicaciones de exploración de naturaleza más industrial, tal como la exploración de tubos, conductos, contenedores, pasajes, tractos u otras zonas que son molestas, inseguras o difíciles de acceder para una persona, el tubo 140 puede estar formado por un material más resistente, al menos en su superficie externa, para evitar o reducir el daño en el tubo a medida que pasa a lo largo de superficies potencialmente abrasivas. En algunas aplicaciones, el tubo 140 necesita ser relativamente flexible y poder ganar algo de compra en una superficie, estructura u objeto a través del cual se prevé que se desplace el tubo 140. Por lo tanto, las perturbaciones periódicas formadas a lo largo de una superficie externa del tubo 140, como se describe con mayor detalle a continuación en referencia a las figuras 37A a 44, pueden ayudar a acoplarse por fricción a la superficie o estructura a través de la cual se prevé que se desplace el tubo 140.

El sistema 100 puede comprender un sistema informático 120 para proporcionar control, procesamiento de señal y funciones de interfaz de usuario en relación con el avance de la sonda 160. Por lo tanto, el sistema informático 120 puede comprender un módulo de control 115, que puede proporcionarse en forma de hardware, software o una combinación de ambos. Aunque no se muestra, el sistema informático 120 comprende, al menos, un procesador y memoria configurados para realizar las funciones descritas en este documento.

El sistema informático 120 puede comprender un módulo de interfaz de usuario 124. El sistema informático 120 también puede comprender un módulo de procesamiento de señales 122 para recibir y procesar señales de la sonda 160, tales como señales correspondientes a datos de imagen o señales de estado o de retroalimentación. El módulo de procesamiento de señales 122 puede interactuar con el módulo de interfaz de usuario 124 a fin de proporcionar las imágenes capturadas mediante la sonda 160 en una pantalla (no se muestra) de modo que un usuario del sistema 100 puede obtener retroalimentación visual a medida que progresa la sonda 160.

El módulo de interfaz de usuario 124 puede estar configurado para permitir que los ajustes y/o funciones del módulo de procesamiento de señales 122 y del módulo de control 115 se modifiquen o adapten para adecuarse a un entorno, aplicación o circunstancia particular.

Cada uno de los módulos 115, 122 y 124 puede ejecutarse como código de programa almacenado en memoria accesible para, al menos, un procesador y puede complementarse con componentes de software y/o hardware adecuados, tales como componentes de entrada y salida, componentes del sistema operativo, dispositivos periféricos informáticos, etc.

Complementario al mecanismo de accionamiento 130, puede proporcionarse un equipo auxiliar 135 bajo el control del módulo de control 115 para proporcionar potencia, señales y/o sustancias a la sonda 160. Por ejemplo, el equipo auxiliar 135 puede proporcionar energía eléctrica a una o más fuentes de luz, tales como diodos emisores de luz (LED) colocados en un lado distal de la sonda 160, por ejemplo, a través de, al menos, un conducto eléctrico que se extiende a lo largo del tubo 140. Adicionalmente, cuando la sonda 160 comprende un dispositivo de captura de imágenes que tiene un dispositivo de acoplamiento de carga (CCD) u otro dispositivo de imágenes adecuadamente pequeño, el, al menos uno, conducto eléctrico también puede usarse para alimentar dicho dispositivo de captura de imágenes.

El equipo auxiliar 135 puede comprender además una fuente de aire purificado y/o agua para suministrarse a la sonda 160 a lo largo de uno o más conductos adicionales que se extienden a lo largo del tubo 140. Con este fin, el equipo auxiliar 135 puede comprender un compresor adecuado para presurizar el aire, el agua u otra sustancia que se suministrará a la sonda 160. La sonda 160 puede, en función de la aplicación, usar una salida de aire colocada en su extremidad distal para insuflar un tracto, tal como un tracto vascular o intestinal. La sonda 160 también puede dispensar agua desde una abertura en su superficie distal para limpiar una zona delante del dispositivo de imágenes, por ejemplo.

El equipo auxiliar 135 puede estar parcial o completamente bajo el control del módulo de control 115, que a su vez puede ser controlado por un usuario a través de un módulo de interfaz de usuario 124, o puede controlarse por separado, por ejemplo, mediante la manipulación manual de los componentes adecuados del equipo auxiliar que proporcionan la interacción necesaria con la sonda 160. En función de la aplicación, el equipo auxiliar 135 también puede comprender un mecanismo para controlar la captura de un material adyacente a la sonda 160, por ejemplo, para realizar una biopsia del material o, en cualquier caso, someterlo a un análisis posterior. Para este fin, el equipo auxiliar 135 puede comunicarse mecánica, neumática y/o eléctricamente con la sonda 160 a través de un conducto de succión adicional y/o un conducto de cable de control que se extiende a lo largo del tubo 140.

El sistema 100 como se muestra en la figura 1 puede emplear la recolección de datos inalámbricos de las imágenes capturadas por el dispositivo de imágenes en la sonda 160, dichos datos que se reciben mediante una antena adecuada asociada con el sistema informático 120 a fin de proporcionar los datos de las imágenes directamente al módulo de procesamiento de datos 124 para su procesamiento. Alternativa o adicionalmente, las señales de control se pueden recibir o transmitir de forma inalámbrica a la sonda 160 en respuesta al módulo de control 115 y/o al equipo auxiliar 135 usando un transceptor de radio adecuado de baja potencia y de corto alcance.

Con el fin de hacer avanzar la sonda 160, el mecanismo de accionamiento 130 transmite un perfil de velocidad específico a la columna de líquido 156 dentro del lumen 141 de forma repetitiva. Un ejemplo de dicho perfil de velocidad se representa en el gráfico de velocidad vs. tiempo que se muestra en la figura 2. El movimiento de la columna de líquido 156 transmitido mediante el mecanismo de accionamiento 130 puede dividirse en una sección de movimiento hacia delante 30 y una sección de movimiento hacia atrás 34, estando cada una de dichas secciones 31, 34 dividida en dos partes o fases. La sección de movimiento hacia delante 30 está dividida en una primera fase 31, en la que el mecanismo de accionamiento 130 transmite una aceleración gradual a un extremo proximal de la columna de líquido. Una segunda fase 32 inmediatamente después de la primera fase implica que el mecanismo de accionamiento 130 transmite una desaceleración brusca hasta que la columna de líquido 156 se detiene momentáneamente en una posición de reposo 33, que se corresponde con el líquido 156 moviéndose a su posición más distal (que se corresponde con el punto de carrera máxima) dentro del tubo 140. Posteriormente, la sección de movimiento inverso 34 puede comprender una primera fase 35 de aceleración brusca en la dirección proximal, seguida inmediatamente de una segunda fase 36 de desaceleración gradual en la dirección proximal, que continúa hasta que la columna de líquido 156 está de nuevo momentáneamente en reposo en su posición más proximal, como se indica con el número de referencia 37.

Aunque la primera y la segunda fase 31, 32, 35 y 36 de las secciones de movimiento hacia delante y hacia atrás 30, 34, se muestran en la figura 2 con cambio constante de velocidad (es decir, aceleración constante) en cada fase, dichos cambios de velocidad no necesitan ser lineales. Más bien, se considera que un perfil de velocidad que implica una inversión brusca (es decir, de una aceleración pequeña pero positiva a una aceleración negativa mayor o viceversa) es eficaz para transmitir una transferencia de impulso desde la columna de líquido 156 al tubo 140 en la dirección de avance (es decir, distal).

Si se desea retraer la sonda 160, el perfil de velocidad puede invertirse para tener una aceleración y desaceleración bruscas en cualquier lado de la posición de reposo más proximal indicada con el número de referencia 37. Por ejemplo, una fase de aceleración brusca estaría seguida por una fase de desaceleración gradual en la sección de movimiento hacia delante y una fase de aceleración gradual estaría seguida inmediatamente por una fase de desaceleración brusca en la sección de movimiento hacia atrás.

En algunos modos de realización, la inversión de velocidad brusca puede emplearse solo en la sección de movimiento hacia delante 30 o solo en la sección de movimiento hacia atrás 34, con la otra sección de movimiento que tiene cambios de velocidad relativamente graduales.

Aunque el mecanismo de accionamiento puede hacerse funcionar para transmitir un perfil de velocidad deseado a un extremo proximal de la columna de líquido 156, porque el movimiento de la columna de líquido 156 depende de las diferencias de presión creadas mediante el mecanismo de accionamiento y comunicadas a la columna de líquido 156 para el extremo proximal 142 hasta el extremo distal 144, puede haber alguna pérdida de presión a lo largo de la columna de líquido 156. De este modo, el perfil de velocidad transmitido por el mecanismo de accionamiento 130 a la columna de líquido 156 en el extremo proximal 142 puede no ser el mismo perfil de velocidad que experimenta la columna de líquido 156 en el extremo distal 144. Con el fin de minimizar o reducir la pérdida de presión a lo largo del tubo 140, la pared generalmente cilíndrica del tubo 140 puede reforzarse para resistir la expansión o el colapso de la pared del tubo en respuesta a las diferencias de presión provocadas a lo largo de la columna de líquido 156. Adicionalmente, un diámetro interno del lumen 141 puede reducirse gradualmente a lo largo del tubo 140 desde un primer diámetro interno en el extremo proximal 142 hasta un segundo diámetro interno menor en el extremo distal 144. Esta reducción de diámetro se puede conseguir de una manera suave o escalonada. Por ejemplo, las reducciones escalonadas pueden comprender reducciones de, por ejemplo, 0,05 mm o 0,1 mm cada 15, 20, 25 o 30 cm a lo largo del tubo 140. Esta reducción diametral puede ser lineal o no lineal a lo largo del tubo 140. En este contexto, la reducción en el diámetro interno a lo largo de la longitud del tubo 140 es independiente de cualquier variación periódica en el diámetro del lumen interno debido a perturbaciones periódicas, tales como las que se describen a continuación en relación con las figuras 37A a 44.

La pérdida de presión a lo largo del tubo 140 puede minimizarse utilizando un líquido que tiene una densidad a temperatura ambiente y a temperaturas corporales internas aproximadamente iguales o superiores a las del agua a

dichas temperaturas. Los líquidos de dichas densidades generalmente no se comprimen considerablemente bajo la presión relativamente pequeña ejercida mediante el mecanismo de accionamiento 130. Por lo tanto, se puede usar agua, tal como agua purificada o desmineralizada, por ejemplo, como el líquido de la columna de líquido 156.

Cuando se utiliza el sistema 100, la mayor parte de la longitud del tubo 140 puede enrollarse, doblarse o mantenerse floja para que pueda enderezarse gradualmente a medida que el extremo distal 144 y la sonda 160 se colocan y avanzan dentro del tracto 180 u otra zona. Por lo tanto, a medida que la sonda 160 avanza bajo el funcionamiento del mecanismo de accionamiento 130, se recibirá más y más tubo 140 dentro del tracto 180. Una vez que toda la holgura en el tubo 140 se toma y que la parte del tubo 140 que está fuera del tracto 180 no puede avanzar más, la sonda 160 habrá alcanzado el límite en el que puede extenderse dentro del tracto 180.

Una vez que se completa la endoscopia, la angioscopia u otra forma de exploración, la sonda 160 se puede extraer del tracto 180 tirando suavemente manualmente de la parte del tubo 140 que permanece fuera del tracto 180. Esto puede estar asistido y/o sustituido por el funcionamiento del mecanismo de accionamiento 130 para proporcionar un perfil de velocidad inversa a la columna de líquido 156 que tiende a transmitir un movimiento inverso y retraer el tubo 140 en una dirección generalmente proximal.

El aparato de avance 110 se muestra y se describe con más detalle en relación con las figuras 3, 4A y 4B. Como se muestra en la figura 3, el aparato de avance 110 comprende un mecanismo de accionamiento 130 acoplado al extremo proximal 142 del tubo 140. La sonda 160 está acoplada al extremo distal 144 del tubo 140. El mecanismo de accionamiento 130 puede comprender un pistón de accionamiento 352 que se puede mover de forma alternativa en relación con una cámara 351 definida por una pared de cámara 350. El movimiento del pistón 352 dentro de la pared 350 puede presurizar y despresurizar líquido, tal como el agua, dentro de la cámara 351, o bien forzando al líquido a salir de la cámara 351 a través de una abertura 356 o bien atrayéndolo de vuelta a la cámara 351. A continuación, se muestran y se describen varios modos de realización alternativos del mecanismo de accionamiento 130 en relación con las figuras 16A a 20.

El mecanismo de accionamiento 130 puede comprender una rueda motriz 322 montada para entrar en contacto y actuar sobre un componente motriz 324 acoplado a un eje motriz 354 que acciona el pistón 352. La rueda motriz 322 y el componente motriz 324 están dispuestos de modo que la rotación de la rueda motriz 322 en sentido horario o en sentido antihorario produce un movimiento lineal del componente motriz 324 en una dirección proximal o distal, respectivamente. La rueda motriz 322 puede colocarse de forma segura dentro de un soporte de montaje 310 para montarse en una superficie y/o estructura (no se muestra) a través de uno o más elementos de fijación recibidos a través de las ranuras 312 formadas en el soporte de montaje 310. El componente motriz 324 descansa sobre un soporte 326 acoplado fijamente al soporte de montaje 310. El componente motriz 324 es deslizable en relación con el soporte 326 con una fricción relativamente pequeña.

En algunos modos de realización, el componente motriz 324 y/o el eje motriz 354 pueden estar unidos al pistón 352 de forma extraíble de manera que la cámara 350 y todas sus partes distales (incluidos el tubo 140 y la sonda 160) puedan reemplazarse después de uno o más usos o debido a un deterioro del rendimiento.

La rueda motriz 322 puede girarse bajo el control de un motor paso a paso (no se muestra) comprendido en el mecanismo de accionamiento 130. El control del motor paso a paso se puede realizar mediante el módulo de control 115 usando un programa de controlador adecuado tal como está comúnmente disponible con los motores paso a paso disponibles en el mercado. El módulo de control 115 puede estar configurado para hacer que el motor paso a paso gire la rueda motriz 322 para transmitir el perfil de velocidad deseado al extremo proximal de la columna de líquido 156 mediante el avance y la retracción del pistón 352 dentro de la pared 350.

Como se muestra en las figuras 3 y 4A, el mecanismo de avance 110 puede comprender una junta de tipo Y 330 acoplada entre la salida 356 de la cámara de accionamiento 351 y un extremo del tubo 140. La junta de tipo Y 330 actúa como un medio para permitir que uno o más conductos 340, 342 pasen o se fusionen en una parte proximal del tubo 140 de manera que dichos conductos se extiendan dentro del lumen 141 y sean coextensivos con la columna de líquido 156 a lo largo de la mayor parte de la longitud del tubo 140. La junta de tipo Y 330 tiene un extremo proximal 332 acoplado para la comunicación de fluido con la cámara de accionamiento 351 a través de la abertura 356. El extremo proximal 332 forma una primera extremidad de la junta de tipo Y 330, mientras que una segunda extremidad 334 se extiende en un ángulo agudo lejos del extremo proximal 332 como se muestra en la figura 3. La junta de tipo Y 330 tiene un extremo distal 336 a través del cual pasa la columna de líquido 156 y los conductos de fluido 340, 342.

El conducto 340 puede definir un lumen secundario a través del cual pasan otros conductos con el fin de comunicar

señales y/o sustancias entre el equipo auxiliar 135 y la sonda 160. Dichos conductos pueden incluir, por ejemplo, pasajes de aire y/o agua, conductos eléctricos para la transmisión de señales, cables de control, un tubo de biopsia, etc. El conducto 342 puede comprender conductos eléctricos, por ejemplo, para proporcionar una tensión a una o más fuentes de luz expuestas en un lado distal 162 de la sonda 160. El conducto 342 se puede unir al conducto 340 para extenderse en una espiral a lo largo de ambos conductos 340 y 342 que se extienden dentro del lumen 141 del tubo 140. La columna de líquido 156 se extiende dentro del lumen 141 en los espacios 376 no ocupados por los conductos 340, 342.

Como se muestra en las figuras 4A y 4B, los conectores de fluido huecos 410, 412, 414 y 416 se pueden usar para acoplar diferentes secciones del aparato de avance 110 entre sí. Por ejemplo, un primer conector 410 acopla el extremo proximal 332 de la junta de tipo Y 330 a un tubo 440 que está acoplado a la pared 350 alrededor de la abertura 356. Un segundo conector 412 acopla un extremo distal 336 de la junta de tipo Y 330 a un extremo proximal 142 del tubo 140. Un tercer conector acopla un extremo distal del tubo 140 a una sección de tubo distal 450 que, a su vez, está acoplado a una sección flexible 460 a través de un cuarto conector 416. La sección flexible 460 se puede acoplar directamente a la sonda 160 y se puede controlar direccionalmente, por ejemplo, mediante el uso de cables de control que se extienden dentro de los conductos 340 y/o 342.

La sección de extremo distal 450 incluye una membrana 454 que sella un extremo distal de la columna de líquido 156 sellando contra una pared interior de la sección de tubo distal 452 y sellando contra las paredes exteriores de los conductos 340, 342. También se puede proporcionar una sección de sellado generalmente cilíndrica 455 para evitar que el fluido de la columna de líquido 156 entre en la sección flexible 460.

La sección flexible 460 puede definir un lumen interno o plénum 464 a través del cual los conductos 340, 342 pasan a acoplarse a la sonda 160. La sección flexible 460 tiene una pared flexible 462 que define el plénum 464. La pared flexible 462 está acoplada al cuarto conector 416 en un extremo proximal de la pared flexible 462 y a la sonda 160 en un extremo distal de la pared flexible 462.

Como se muestra en la figura 4B, la sonda 160 puede alojar un dispositivo de imágenes 474 y una o más fuentes de luz 472, tales como LEDS, colocadas en el lado distal 162 a fin de iluminar la luz en sentido distal y capturar imágenes de la zona iluminada con las fuentes de luz 472.

En referencia ahora a las figuras 5A y 5B, se muestra y se describe una forma alternativa de la sección de extremo distal 450. La sección de extremo distal alternativa 550 se muestra esquemáticamente en las figuras 5A y 5B y no está a escala. La sección de extremo distal 550 comprende una membrana flexible 554 acoplada herméticamente a una superficie interior de la pared cilíndrica 552 y que se extiende hacia dentro en forma de cono en una dirección distal para ser acoplada circunferencialmente y herméticamente alrededor del conducto 340. La membrana flexible 554 está colocada de manera que la columna de líquido 156 está dispuesta generalmente en sentido proximal a la membrana flexible 554, con un segundo volumen de fluido 556, tal como el aire, que está dispuesto en sentido distal a la membrana flexible 554. El segundo volumen de fluido 556 debe ser un volumen de fluido compresible para que, cuando la columna de líquido 156 se mueva en sentido distal debido a la acción del mecanismo de accionamiento 130, la membrana flexible 554 se pueda deformar, como se muestra en la figura 5B, y comprimir ligeramente el segundo volumen de fluido 556. Esta compresión del segundo volumen de fluido 556 y la deformación elástica de la membrana flexible 554 proporciona una función de polarización porque la deformación y la compresión tienden a empujar hacia atrás sobre la columna de líquido 156 en una dirección proximal después del movimiento distal del líquido 156.

En referencia ahora a la figura 6, se proporciona una representación esquemática alternativa del sistema 100. El sistema 100 tal como se representa en la figura 6 tiene características y funciones similares a las descritas anteriormente en relación con la figura 1. Además, el sistema informático 120 comprende una pantalla 612 para visualizar las imágenes capturadas, un dispositivo de entrada 614, tal como un teclado, y un dispositivo de control de usuario 616, tal como un joystick, para interconectarse con el módulo de control 115. El equipo auxiliar 135, que puede integrarse con un sistema informático 120, se usa para suministrar aire y/o agua y/o succión a un tubo de biopsia, si corresponde. El módulo de control 115 puede configurarse para traducir la entrada del dispositivo de control de entrada del usuario 616 en señales de control que se proporcionarán a sonda intermedia 160 acoplada a una sección flexible controlable y direccionable 662 y una sección de extremo distal (tal como se muestra y se describe en relación con las figuras 4B, 5A, 5B o 21 a 36) con el fin de cambiar la posición de la sonda 160.

Los conductos 340, 342 están provistos dentro del tubo 140 para proporcionar funciones de control y/o retroalimentación adecuadas a la sección flexible 662 y a la sonda 160. Alternativamente o, además, se pueden proporcionar otros conductos o medios de control para controlar la sonda 160 direccionalmente. Como se muestra

en la figura 6, la sección de extremo distal 450 (o 550, 2150, 2250, 2350, 2450, 2550, 2750, 2950, 3050, 3150, 3250, 3450 o 3650), la sección flexible 662 y la sonda 160 forman una parte distal 644 en un extremo distal del tubo 140. Las versiones del sistema 100 que se muestran en la figura 6 pueden ser adecuadas para endoscopia o angioscopía, por ejemplo.

En referencia ahora a las figuras 7A y 7B, se muestra y según describe un tubo 740 de acuerdo con algunos modos de realización específicos del tubo 140. El tubo 740 tiene una pared 750 generalmente cilíndrica que define un lumen 741 a través del cual se extiende la columna de líquido 156 y, opcionalmente, los conductos 340, 342. Los componentes de refuerzo longitudinales 752 pueden estar incrustados o, de alguna manera, dispuestos dentro de la pared 750, espaciados circunferencialmente alrededor de la pared 750. Alternativamente o, además, los componentes de refuerzo 752 pueden comprender conductos para acoplarse a la sonda 160 para proporcionar las funciones de conducto descritas anteriormente.

En referencia ahora a las figuras 8A y 8B, se muestra y según describe un tubo 840 de acuerdo con algunos modos de realización específicos del tubo 140. El tubo 840 tiene una pared 850 significativamente cilíndrica que define un lumen 841 y tiene una pluralidad de componentes de refuerzo 852 dispuestos circunferencialmente alrededor del exterior de la pared 850. Los componentes de refuerzo 852 pueden estar adheridos o, de alguna manera, pegados a una superficie externa de la pared 850 de forma adecuadamente flexible para resistir los cambios en el diámetro de la pared 850, mientras permite que el tubo 840 se curve como sea necesario mientras pasa a lo largo de un tracto. Los componentes de refuerzo 852 son, por lo tanto, similares en función y propósito a los componentes de refuerzo 752 del tubo 740.

Los tubos 940, 1040 y 1140, tal como se muestran en las figuras 9A, 9B, 10A, 10B, 11A y 11B, también usan los componentes de refuerzo respectivos 952, 1052 y 1152 a fin de proporcionar la integridad estructural a la pared del tubo para resistir el colapso o la expansión de la pared del tubo debido a cambios de presión, mientras permite una flexión adecuada para permitir un pasaje flexible a través de un tracto convolucionado. Las figuras 9A y 9B muestran los componentes de refuerzo 952 formados en espiral alrededor y a lo largo de un exterior de la pared 950 que define un lumen central 941.

El tubo 1040 es similar a los tubos 840 y 940 en que el tubo 1040 combina los componentes de refuerzo 1052 longitudinal y en espiral, combinando así las características de los tubos 840 y 940. Los componentes de refuerzo 1052 están dispuestos alrededor del exterior de la pared 1050 que define un lumen central 1041.

El tubo 1140 es similar al tubo 940 excepto que los componentes de refuerzo 1152 están formados en espirales separadas que se cruzan entre sí a medida que se desplazan alrededor de la pared 1150. Los componentes de refuerzo 1152 están, por lo tanto, en ángulo opuesto con respecto a sus formas en espiral. Dichas formas en espiral pueden tener diferentes ángulos en relación con el eje longitudinal del tubo 1140 y, por lo tanto, pueden tener bobinas espaciadas de forma distinta. La pared 1150 define un lumen central 1141 que, al igual que los lúmenes 741, 841, 941 y 1041, permite un pasaje de la columna de líquido 156 dentro del mismo.

En algunos modos de realización, los componentes de refuerzo 752, 852, 952, 1052 y 1152 pueden comprender uno o más conductos para acoplarse a la sonda 160 para proporcionar las funciones de conducto descritas anteriormente. Por lo tanto, dichos componentes de refuerzo pueden proporcionar una doble función. Para los componentes de refuerzo 852, 952, 1052 y 1152 dispuestos alrededor del exterior de la pared del tubo, dichos componentes pueden estar pegados al exterior de la pared, por ejemplo, mediante un adhesivo adecuado o una soldadura ultrasónica o mediante un revestimiento de una capa adhesiva o recubrimiento. Para aplicaciones médicas, dichos adhesivos o materiales de adherencia deben ser médicamente inertes. En algunos modos de realización, los componentes de refuerzo 952, 1052 y 1152 pueden actuar como perturbaciones periódicas a lo largo del exterior de la pared del tubo para aumentar el acoplamiento por fricción del tubo con una zona circundante en un grado suficiente y mejorar la capacidad del tubo de avanzar dentro del tracto u otra zona bajo la acción del mecanismo de accionamiento 130.

Las figuras 12A, 12B, 13A, 13B, 13C, 14A, 14B, 15A y 15B ilustran varios modos de realización específicos del tubo 140 con respecto a la disposición de los conductos que se extienden dentro del lumen 141 del tubo 140. Como se muestra en las figuras 12A y 12B, un tubo 1240 puede tener múltiples conductos 1262 que se extienden dentro de un lumen 1241 definido por el tubo 1250. Los conductos 1262 pueden extenderse en una disposición que implica múltiples conductos 1262 que giran en espiral alrededor de un conducto central 1262, que puede tener un diámetro mayor (por ejemplo, alojar conductos adicionales) que los conductos en espiral 1262. Los conductos 1262 pueden ocupar la mayor parte del espacio dentro del lumen 1241, dejando al mismo tiempo espacio suficiente para que la columna de líquido 156 se pueda mover dentro de los espacios restantes 376.

Como se muestra en las figuras 13A, 13B y 13C, el tubo 1340 tiene una pared exterior generalmente cilíndrica 1350 que define, al menos, un lumen 1341. Al menos una membrana divisoria 1364 se extiende dentro del lumen 1341 que divide la zona de la sección transversal interna definida por la pared 1350 en dos o más secciones, tal como se ilustra en las figuras 13B y 13C. La figura 13B ilustra un tubo 1340a en el que una membrana divisoria 1364 divide el lumen 1341 en una sección a lo largo de la cual pasan los conductos 1362 y otra parte a lo largo de la cual la columna de líquido 156 puede pasar libremente. La figura 13C ilustra una sección transversal alternativa de la figura 13A, donde un tubo 1340b tiene al menos dos membranas separadoras 1364 que dividen el lumen 1341 en cuatro secciones, dos de las cuales se utilizan para alojar el conducto 1362, mientras que las otras dos partes del lumen 1341 permiten un movimiento libre de la columna de líquido 156 a lo largo de la misma.

Como se muestra en las figuras 14A y 14B, un tubo 1440 de acuerdo con algunos modos de realización tiene una pared 1450 que define un lumen 1441 que es un lumen primario dentro del cual pasa un conducto secundario 1464 que define un lumen secundario. Este conducto secundario 1464 aloja una pluralidad de conductos 1462, contenidos dentro de la forma generalmente cilíndrica del lumen secundario. El conducto secundario 1464 puede estar adherido o, de alguna manera, pegado o formado integralmente con una superficie interna de la pared 1450.

En referencia ahora a las figuras 15A y 15B, se muestra un tubo 1540 de acuerdo con otros modos de realización, que tiene una pared 1550 que define un lumen 1541. El lumen 1541 es un lumen primario a través del cual se extiende un conducto secundario 1564 que define un lumen secundario similar al conducto secundario 1464, excepto que está colocado centralmente dentro del lumen primario 1541. El conducto secundario 1564 aloja una pluralidad de conductos 1562 dentro de un tubo generalmente cilíndrico. El conducto secundario 1564 puede comprender un tubo que se coloca centralmente dentro del lumen primario 1541 mediante una serie de elementos de posicionamiento espaciados, tales como nervaduras de ubicación, que se extienden hacia dentro desde la pared 1550 de forma que no obstruyen considerablemente el movimiento de la columna de líquido 156 dentro del lumen primario 1541.

En referencia ahora a las figuras 16A, 16B, 17A, 17B, 18, 19 y 20, se ilustran esquemáticamente diversos modos de realización del mecanismo de accionamiento 130. Como se muestra en las figuras 16A y 16B, el mecanismo de accionamiento 130 puede comprender un pistón simple 1652 y un eje motriz 1654 dispuestos para mover el pistón 1652 hacia atrás y hacia delante dentro de una cámara 1651 definida por una pared 1650. A medida que el pistón 1652 se mueve repetidamente hacia atrás y hacia delante dentro de la pared 1650, el líquido en la cámara 1651 es forzado repetidamente a salir de una abertura 1656 formada en la pared 1650 y, posteriormente, es atraído de nuevo hacia la cámara 1651 a través de la abertura 1656. El pistón 1652 se acopla herméticamente a la pared 1650 de modo que el líquido en la cámara 1651 no pasa en sentido proximal al pistón 1652.

La disposición del mecanismo de accionamiento representado en las figuras 17A y 17B es significativamente similar al que se muestra en las figuras 16A y 16B, excepto que un fuelle extensible/compresible longitudinalmente o sílfono 1770 está dispuesto para extenderse entre una parte distal de la pared 1650 y el pistón 1652, de manera que define un volumen de fluido 1751 limitado por el pistón 1652 en un extremo, las paredes en forma de acordeón del sílfono 1770 y las paredes 1650 que definen la abertura distal 1656. El sílfono 1770 obvia la necesidad de un acoplamiento hermético del pistón 1652 con la pared 1650, por ejemplo, cuando dicho acoplamiento puede implicar una cantidad indeseable de fricción o puede ser difícil de sellar correctamente. En algunos modos de realización, el sílfono 1770 puede sustituirse por otra membrana flexible que también es compresible de forma flexible pero que está menos estructurada que el sílfono 1770.

En referencia ahora a la figura 18, se describen modos de realización adicionales del mecanismo de accionamiento 130, que emplean una membrana flexible elásticamente deformable 1870 que forma una pared de un alojamiento que encierra un volumen de líquido 1851. Una pared de alojamiento 1850 coopera con la membrana flexible 1870 para encerrar el volumen de líquido 1851. Un eje motriz 1854 acoplado a un pistón plano o algo curvado 1852 se usa para empujar hacia dentro la membrana flexible 1870 y expulsar de ese modo el líquido del volumen de líquido 1851 fuera de una abertura 1856 en la pared 1850 del alojamiento. Tras la liberación (es decir, retracción) del eje motriz 1854, se permite que la membrana flexible 1870 regrese, al menos parcialmente, a una posición desde la cual es desviada elásticamente, aumentando así la cantidad de líquido en el volumen de líquido 1851 creando succión y, de este modo, atrayendo el líquido de nuevo a través de la apertura 1856. El eje motriz 1854 es accionado mediante el mecanismo de accionamiento para desviar repetidamente la membrana flexible 1870 y mover la columna de líquido 156 hacia atrás y hacia delante dentro del lumen 141. En algunos modos de realización, el eje motriz 1854 puede acoplarse a la membrana flexible 1870 de manera que la retracción del eje motriz 1854 hace que la membrana flexible 1870 regrese más fuertemente a su posición relajada (o, al menos, una posición menos desviada), creando de este modo una mayor succión que la que puede conseguirse debido a la membrana flexible

1870 sola.

El mecanismo de accionamiento ilustrado esquemáticamente en la figura 19 funciona de acuerdo con un principio similar al mecanismo de accionamiento ilustrado en la figura 18, excepto que en lugar de una varilla impulsora y un pistón, un pistón cilíndrico gira excéntricamente alrededor de un eje motriz 1954 para desviar cíclicamente hacia dentro una membrana flexible y elástica 1970, disminuyendo así el volumen de líquido 1951 dentro de un alojamiento definido por la pared 1950 y la membrana flexible 1970. A medida que el pistón 1952 gira alrededor del eje motriz 1954, el líquido es empujado hacia fuera y succionado hacia dentro a través de la abertura 1956 formada en la pared 1950. En algunos modos de realización, el pistón 1952 puede tener una forma oblonga, no circular (pero curvada) para transmitir un perfil de velocidad específico a la columna de líquido 156. Por ejemplo, el pistón 1952 puede tener más forma de bombilla o tener un lado relativamente plano en lugar de circular, pero todavía girar excéntricamente alrededor del eje motriz 1954.

En referencia ahora a la figura 20, se muestra un mecanismo de accionamiento alternativo adicional que usa elementos electromagnéticos 2054 ubicados fuera de una pared 2050 que define una cámara 2051. Un pistón 2052 es móvil bajo el control de elementos electromagnéticos 2054 que empujan el líquido fuera de la cámara 2051 a través de la abertura 2056 formada en la pared 2050 y, posteriormente, succionan el líquido de vuelta hacia la cámara 2051. El pistón 2052 está formado de un material adecuado que permitir el control electromagnético utilizando elementos 2054 e, igual que el mecanismo de accionamiento de los modos de realización descritos anteriormente en relación con las figuras 16A, 16B, 17A y 17B, utiliza un acoplamiento sellado del pistón 2052 con la pared 2050 o un sílfono para obviar dicho acoplamiento sellado.

Los modos de realización del mecanismo de accionamiento descritos anteriormente en relación con las figuras 16A a 20 proporcionan solo algunos ejemplos de posibles mecanismos para crear un movimiento alternativo de la columna de líquido 156 dentro del tubo 140. Se pueden emplear otros modos de realización, por ejemplo, que implican medios neumáticos, hidráulicos, eléctricos o mecánicos para crear diferencias repetidas de presión positiva y negativa dentro y, a lo largo de, la columna de líquido 156, lo que tiende a provocar un movimiento alternativo del mismo de manera que sea controlable adecuadamente para transmitir la velocidad deseada perfil a la columna de líquido 156.

En referencia ahora a las figuras 21 a 36, se muestran y se describen diversos modos de realización de una sección de polarización distal. De forma similar a la sección de polarización distal 550, estos modos de realización utilizan diversos medios o mecanismos diferentes para polarizar la columna de líquido 156 hacia atrás en la dirección proximal una vez que ha avanzado en sentido distal. Esto también puede ayudar a evitar el colapso de la pared del tubo cuando la columna de líquido es succionada en sentido proximal bajo la presión negativa con el mecanismo de accionamiento 130. Por consiguiente, las secciones de polarización distal que se muestran en las figuras 21 a 36 están todas destinadas a colocarse en sentido distal a la columna de líquido 156, pero en sentido proximal a la sonda 160 y están destinadas a colocarse dentro de una pared de tubo, o bien provistas por el tubo 140, o bien una sección de tubo adyacente o contigua al tubo 140.

La cámara de polarización distal 2150 que se muestra en la figura 21 tiene la construcción más básica que consiste principalmente en una pared cilíndrica 2152 con un elemento móvil 2154, tal como un pistón, que se puede mover dentro de una cámara 2156. En su lado proximal, el elemento 2154 está expuesto al extremo distal de la columna de líquido 156 y, en respuesta al movimiento distal de la columna de líquido 156, se empuja en sentido distal. La cámara 2156 comprende un volumen de fluido de compresión, tal como aire, y está encerrada por la pared 2152 y un extremo distal provisto de otra estructura ubicada en sentido distal (no se muestra). El elemento 2154 se acopla herméticamente a la pared 2152 de modo que el líquido de la columna de líquido 156 no pasa a la cámara 2156. El aumento de presión en la cámara 2156 como resultado del movimiento distal del elemento 2154 proporciona una fuerza dirigida en sentido proximal sobre el elemento 2154 para devolverlo en la dirección proximal a medida que la columna de líquido 156 es succionada en sentido proximal con la acción del mecanismo de accionamiento 130.

La cámara de polarización distal 2250 de la figura 22 funciona de manera idéntica a la de la figura 21, excepto que la pared 2252 define unos pasajes finales más restringidos en los extremos proximal y distal. El componente móvil 2254 se mueve dentro de la pared 2252 para comprimir la cámara 2256 en respuesta al movimiento distal de la columna de líquido 156.

La cámara de polarización distal 2350 que se muestra en la figura 23 funciona de forma idéntica a la que se muestra en la figura 21, excepto que tiene una pared de extremo distal 2380 que, junto con el elemento móvil 2350 en la pared 2352, define una cámara cerrada 2356 que comprende un fluido compresible como, por ejemplo, el aire.

La cámara de polarización distal 2450 que se muestra en la figura 24 es similar a la de la figura 23, excepto que se proporciona una membrana flexible 2480 como la pared del extremo distal. Junto con el elemento móvil 2454 y la pared 2452, la membrana flexible 2480 define una cámara cerrada 2456 que comprende un fluido compresible como, por ejemplo, el aire. La membrana flexible 2480 se expande y se contrae, en función de la presión dentro de la cámara 2456 y puede ayudar a polarizar el elemento móvil 2454 en la dirección proximal.

La cámara de polarización distal 2550 que se muestra en las figuras 25 y 26 es similar a la que se muestra en la figura 22, excepto que el elemento móvil 2554 está polarizado en sentido distal mediante un resorte 2580 alojado dentro de la pared 2552. El resorte 2580 se comprime cuando el elemento móvil 2554 progresa en sentido distal y, por lo tanto, tiende a polarizar el elemento móvil 2554 en la dirección proximal. El resorte 2580 se sienta dentro de una cámara 2556 definida en sentido distal del elemento móvil 2554.

La cámara de polarización distal 2750 que se muestra en las figuras 27 y 28 es idéntica a la que se muestra en las figuras 25 y 26, excepto que, en lugar de un resorte, se proporciona una malla o esponja 2780 deformable elásticamente dentro de una cámara 2756 definida por la pared 2752 en sentido distal del elemento móvil 2754,

La cámara de polarización distal 2950 que se muestra en la figura 29 es similar a las descritas anteriormente, pero tiene un sílfono 2970 acoplado a un lado proximal del elemento móvil 2954 para definir una cámara proximal 2958 que es expansible en respuesta al movimiento distal de la columna de líquido 156, pero que tiende a retraerse de acuerdo con la memoria de la forma del sílfono y/o la presión incrementada en el volumen de líquido distal 2956, lo que polariza al elemento móvil 2954 en la dirección proximal. El sílfono 2970 está acoplado en el extremo proximal de la cámara de polarización distal 2950 a una pared 2952. El volumen de fluido distal compresible 2956 se proporciona en sentido distal del elemento movible 2954 para polarizar adicionalmente el elemento móvil 2954 en la dirección proximal.

La cámara de polarización distal 3050 que se muestra en la figura 30 emplea un primer sílfono 3070 de manera similar a la que se muestra en la figura 29 y un segundo sílfono 3071 dispuesto dentro de una cámara distal 3056 definida por la pared 3052. Las memorias de las formas opuestas del primer y segundo sílfonos 3070 y 3071 tienden a polarizar el elemento móvil 3054 en la dirección proximal. La cámara de polarización distal 3150 que se muestra en la figura 31 es idéntica a la que se muestra en la figura 30, excepto que su pared de extremo distal está sustituida por una membrana flexible deformable elásticamente 3180.

La cámara de polarización distal 3250 que se muestra en las figuras 32 y 33 representa una combinación de las características del resorte y del sílfono que se muestran y se describen en relación con las figuras 25, 26 y 29. La cámara de polarización distal 3450 que se muestra en las figuras 34 y 35 representa una combinación de las características y funciones del sílfono y esponja/malla descritas anteriormente en relación con las figuras 27, 28 y 29. Todas las figuras 32 a 35 emplean un sílfono 3270/3470 dispuesto en sentido proximal que define una cámara proximal 3258/3458 y está acoplado a un elemento móvil 3254/3454, con un elemento de polarización, tal como un resorte 3280 o una esponja o malla 3480 colocada en sentido distal del elemento móvil 3254/3454 dentro de la pared 3252/3452.

La cámara de polarización distal 3650 que se muestra en la figura 36 tiene una pared 3652 que define una cámara de fluido compresible interna 3656 entre una membrana flexible proximal deformable elásticamente 3654 y una membrana flexible distal deformable elásticamente 3680. Ambas membranas flexibles 3654 y 3680 pueden desviarse en sentido distal en respuesta al movimiento distal de la columna de líquido 156 y tenderán a volver a una posición de reposo en la que no se desplazan en sentido distal, tendiendo de ese modo a polarizar la columna de líquido 156 en la dirección proximal.

En referencia a las figuras 37A, 37B, 38A, 38B, 39A y 39B, se describen diversos modos de realización del tubo 140. Cada uno de los modos de realización tiene un espesor de la pared nominal X en relación con el cual se forman perturbaciones periódicas a lo largo de una superficie externa del tubo. Las perturbaciones periódicas tienen una amplitud máxima Y y una separación Z. Como se muestra en estas figuras, las perturbaciones periódicas se forman para tener un patrón generalmente parecido a un abeto o los bordes dentados de una hoja de sierra. Sin embargo, en algunos modos de realización, las perturbaciones periódicas pueden ser más redondeadas y/o no barridas en sentido proximal (como en el caso del patrón de abeto).

Como se muestra en la figura 37A, el espesor mínimo de la pared del tubo 3740 es X con el espesor de la pared variando a lo largo de las perturbaciones periódicas entre X y X + Y. El tubo 3745 que se muestra en la figura 37B tiene un espesor de pared que varía entre el espesor nominal X y X - Y.

Las figuras 38A y 38B muestran un patrón de abeto ligeramente diferente de las figuras 37A y 37B, sin un socavado, pero por lo demás son significativamente iguales, con el tubo 3845 que tiene un espesor nominal X mayor que el tubo 3840.

El tubo 3940 que se muestra en la figura 39A tiene un espaciado Z mayor entre las perturbaciones periódicas, con el espesor de la pared que varía entre el espesor nominal X y X + Y. El tubo 3945 que se muestra en la figura 39B es el mismo que el de la figura 39A, pero con un espesor nominal mayor X y el espesor de la pared que varía entre X y X - Y.

En los modos de realización descritos y representados, las separaciones de las perturbaciones periódicas pueden estar en cualquier lugar entre, digamos, aproximadamente 2 mm y aproximadamente 50 mm. La variación en el espesor (es decir, la amplitud) Y puede ser del orden de 0,5 mm a aproximadamente 5 mm, en función de la aplicación de exploración para la cual se utilizará el tubo. El espesor de la pared nominal X puede ser de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 10 mm, en función de nuevo de la aplicación. En algunos modos de realización, la variación del espesor de la pared puede estar basado en proporciones de amplitud Y (o M, descritas a continuación), por ejemplo, el espesor puede variar entre X + ½Y y X - ½Y o entre X + ⅓Y y X -$^{2}/_{3}$Y.

En referencia ahora a las figuras 40A, 40B, 41A, 41B, 42A y 42B, se representan y se describen varios modos de realización del tubo 140 en los que se proporcionan las perturbaciones periódicas en una pared interna del tubo. El espesor nominal L de la pared del tubo puede variar junto con la amplitud M y el período N de las perturbaciones periódicas. Los diversos modos de realización representados tienen un patrón de abeto barrido generalmente en sentido proximal, que también se puede describir como un patrón de diente de sierra, aunque también pueden emplearse perturbaciones redondeadas y/o no barridas en sentido proximal. El tubo 4040 se muestra en la figura 40A con el espesor de la pared que varía entre el espesor nominal L y L + M. En la figura 40B, el tubo 4045 tiene un espesor de la pared nominal que varía entre L y L - M. Los tubos 4140 y 4145 que se muestran en las figuras 41A y 41B son significativamente los mismos que los tubos 4040 y 4045, excepto por el socavado más puntiagudo del patrón de abeto que se muestra en las últimas figuras. El tubo 4240 que se muestra en la figura 42A tiene un espesor de pared nominal L que varía entre L y L + M. El tubo 4245 tiene un espesor nominal L que varía entre L y L - M, tal como se muestra en la figura 42B. En algunos modos de realización, la variación del espesor de la pared puede estar basado en las proporciones de la amplitud M, tal como se ha descrito anteriormente.

Como se muestra en las figuras 43A y 43B, los modos de realización del tubo 140 incluyen los tubos 4340 y 4345, que representan combinaciones de los modos de realización del tubo 38A, 38B, 41A y 41B, descritos anteriormente. El tubo 4340 tiene un espesor nominal X, con un espesor que varía entre X y X + Y + M. El espaciado Z de las perturbaciones periódicas externas puede ser diferente del espaciado N de las perturbaciones periódicas internas. Además, las perturbaciones periódicas internas y externas no necesitan tener la misma forma de diente de sierra o abeto. Concretamente, una de las perturbaciones periódicas internas o externas puede ser de diente de sierra, mientras que la otra puede ser más redondeada y más espaciada. El tubo 4345 que se muestra en la figura 43B es similar al tubo 4340 excepto que tiene un espesor nominal mayor X, con un espesor que varía entre X y X - Y - M. En algunos modos de realización, la variación del espesor de la pared puede estar basada en proporciones de amplitud M y/o Y, como se ha descrito anteriormente.

La figura 44 muestra una representación esquemática de un tubo 4440 de acuerdo con algunos modos de realización en los que una primera sección 4441 del tubo puede tener perturbaciones periódicas internas, mientras que una segunda sección del tubo 4440 puede tener perturbaciones periódicas externas. La primera y la segunda secciones del tubo pueden estar separadas por una sección 4442 que no contiene ninguna perturbación periódica interna o externa.

De acuerdo con los modos de realización descritos, algunos modos de realización del tubo 140 pueden implicar perturbaciones periódicas a lo largo de parte, o una parte sustancial, de una superficie interna o externa de la pared del tubo 140. Dichas perturbaciones periódicas en la superficie interna de la pared del tubo pueden ayudar a proporcionar una mayor resistencia al avance de la columna de líquido 156, debido a la forma barrida en sentido proximal de las perturbaciones en algunos modos de realización, lo que mejora la transferencia de impulso desde la columna de líquido 156 al tubo 140 en la dirección distal. Las perturbaciones periódicas formadas en la pared externa del tubo 140 pueden ayudar de manera similar al avance del tubo 140 proporcionando más resistencia al movimiento del tubo 140 en la dirección proximal que, en la dirección distal, de modo que la retracción de la columna de líquido 156 produzca un movimiento pequeño del tubo en la dirección hacia atrás en comparación con el movimiento del tubo conseguido en la dirección hacia delante.

Los diferentes modos de realización del tubo 140 descritos en este documento pueden combinarse, por ejemplo,

para proporcionar perturbaciones periódicas en combinación con componentes de refuerzo tales como los que se extienden externamente a lo largo de la pared del tubo o dentro de la pared del tubo. En particular, la extensión de los conductos, tales como los conductos 340, 342, dentro del lumen 141 puede combinarse con perturbaciones periódicas internas y/o externas en la pared del tubo y/o puede combinarse con componentes de refuerzo en espiral o longitudinales externos o incrustados.

Los modos de realización descritos del tubo 140 se pueden formar mediante un proceso de moldeo, por ejemplo, usando materiales adecuados tal como se han descrito anteriormente.

Los modos de realización descritos en este documento e ilustrados en los dibujos están destinados a proporcionarse a modo de ejemplo y sin limitación. Por consiguiente, los modos de realización descritos pretenden ser no limitativos y deben interpretarse en consecuencia.

REIVINDICACIONES

1. Aparato (100) que comprende:

un tubo flexible alargado (140) que define un lumen central (141) y dimensionado para ser recibido dentro de un tracto y que tiene un extremo proximal (142) y un extremo distal (144);
un mecanismo de accionamiento (130) acoplado al extremo proximal (142) del tubo (140); y
una columna de líquido (156) que se extiende dentro del lumen central desde el extremo proximal (142) hasta el extremo distal (144);

caracterizado por medios de polarización (550, 2150, 2250, 2350, 2450, 2550, 2750, 2950, 3050, 3150, 3250, 3450, 3650) ubicados en el extremo distal (144) y configurados para impulsar el movimiento proximal de la columna de líquido (156) en respuesta al movimiento distal de la columna de líquido (156);
en el que el mecanismo de accionamiento (130) está configurado para producir un movimiento alternativo de la columna de líquido (156) dentro del tubo (140) que transmite impulso al tubo (140) hacia delante y de este modo impulsa el avance de, al menos, el extremo distal (144) del tubo (140) dentro del tracto cuando, al menos el extremo distal (144), se recibe dentro de una parte del tracto.

2. El aparato (100) de la reivindicación 1, en el que el tubo (140) tiene perturbaciones periódicas formadas en una superficie externa del tubo (140) a lo largo de, al menos, parte del tubo (140).

3. El aparato (100) de la reivindicación 2 en el que:

(i) las perturbaciones periódicas se extienden circunferencialmente alrededor del tubo (140); y/o
(ii) las perturbaciones periódicas se forman en un patrón de abeto barrido en sentido proximal.

4. El aparato (100) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en el que una superficie externa del tubo (140) está contorneada para resistir el movimiento del tubo (140) en una dirección proximal.

5. El aparato (100) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en el que una superficie externa del tubo (140) está contorneada para mejorar la resistencia al movimiento de la columna de líquido (156) a través del tubo (140) en una dirección hacia delante.

6. El aparato (100) de la reivindicación 5 en el que:

(i) la superficie interna del tubo (140) comprende perturbaciones periódicas internas a lo largo de, al menos, una sección del tubo (140) que está distal del extremo proximal (142); y/o
(ii) las perturbaciones periódicas internas se forman en un patrón de abeto barrido en sentido proximal.

7. El aparato (100) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que incluye una o más de las siguientes características:

(i) en el que el líquido de la columna de líquido (156) tiene una densidad aproximadamente igual o mayor que la densidad del agua;
(ii) en el que el mecanismo de accionamiento (130) está configurado para transmitir un perfil de velocidad específico (30, 34) a un extremo proximal de la columna de líquido (156) que mejora el movimiento hacia delante del tubo (140) dentro del tracto; y en el que el perfil de velocidad (30, 34) comprende al menos uno de:
una parte de aceleración gradual en una primera parte (31) de un movimiento hacia delante de la columna de líquido (156);
una parte de desaceleración brusca en una segunda parte (32) del movimiento hacia delante de la columna de líquido (156) después de la primera parte (31) del movimiento hacia delante;
una parte de aceleración brusca en una primera parte (35) de un movimiento hacia atrás de la columna de líquido (156); y
una parte de desaceleración gradual en una segunda parte (36) del movimiento hacia atrás de la columna de líquido (156) después de la primera parte (35) del movimiento hacia atrás;
(iii) en el que el mecanismo de accionamiento (130) comprende un pistón (352, 1652, 1852, 1952, 2052) y un componente motriz (324, 1654, 1854, 1954, 2054) configurado para producir un avance y una retracción repetitivos de la columna de líquido (156) dentro del tubo (140);
(iv) en el que el mecanismo de accionamiento (130) comprende un pistón (352, 1652, 1852, 1952, 2052) y un componente motriz (324, 1654, 1854, 1954, 2054) configurado para producir un avance y una retracción repetitivos

de la columna de líquido (156) dentro del tubo (140); y en el que, al menos, uno de:
el mecanismo de accionamiento (130) está configurado para hacer que el pistón (352, 1652, 1852, 1952, 2052) desacelere bruscamente hacia el final de cada carrera del pistón (352, 1652, 1852, 1952, 2052); o
el mecanismo de accionamiento (130) está configurado para hacer que el pistón (352, 1652, 1852, 1952, 2052) acelere bruscamente desde el final de cada carrera del pistón (352, 1652, 1852, 1952, 2052);
(v) en el que un diámetro interno del tubo (140) se estrecha en la dirección distal;
(vi) que comprende además una sonda (160) ubicada en el extremo distal (144) del tubo (140);
(vii) que comprende además un dispositivo de imágenes (474) ubicado en el extremo distal (144) del tubo (140);
(viii) en el que el tracto es un tracto vascular o digestivo; o
(ix) en el que el tracto es un tracto estructural.

8. El aparato (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende además una membrana flexible (554, 3654) o un elemento movible (2154, 2254, 2354, 2454, 2554, 2754, 2954, 3054, 3154, 3254, 3454) en el extremo distal (144) para encerrar un extremo distal de la columna de líquido (156).

9. El aparato (100) de la reivindicación 8 en el que el extremo distal (144) del tubo (140) aloja un volumen de fluido compresible (3656) delimitado por el tubo (140), la membrana flexible (3654) y otra membrana (3680) colocada en sentido distal a la membrana flexible (3654).

10. El aparato (100) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende además una sonda (160) ubicada en el extremo distal (144) del tubo (140) y una pluralidad de conductos (340, 342, 1462, 1562) que se extienden a lo largo del tubo (140) y acoplados a la sonda (160).

11. El aparato (100) de la reivindicación 10 que incluye, al menos, una de las siguientes características:

(i) donde la pluralidad de conductos (340, 342) comprende, al menos, un conducto eléctrico (342) que se extiende a lo largo del tubo (140) y acoplado a la sonda (160) para realizar, al menos, una de las señales de envío y recepción hacia y desde la sonda (160);
(ii) en el que la pluralidad de conductos (340, 342) comprende, al menos, uno de un conducto de suministro de aire, un conducto de suministro de agua y un conducto de biopsia;
(iii) en el que al menos uno de los conductos (340, 342) se extiende en espiral a lo largo de, al menos, parte del tubo (140);
(iv) en el que los conductos (340, 342) se extienden dentro del lumen central (141); o
(v) que comprende además un lumen secundario (1464, 1564) que se extiende dentro del tubo (140), en el que los conductos (1462, 1562) se extienden dentro del lumen secundario (1464, 1564) a lo largo de, al menos, parte del tubo (140).

12. Un procedimiento para hacer avanzar una sonda (160), el procedimiento que comprende:

colocar un extremo distal (144) de un tubo flexible alargado (140), al menos parcialmente, dentro de un extremo inferior de un tracto no biológico, el tubo que define un lumen central (141) y está dimensionado para ser recibido dentro del tracto no biológico y tiene una columna de líquido (156) que se extiende dentro del lumen central (141) desde un extremo proximal (142) del tubo (140) hasta el extremo distal (144), en el que la sonda (160) está ubicada en el extremo distal (144) del tubo (140);**caracterizado por**

operar un mecanismo de accionamiento (130) que produce un avance de la columna de líquido (156) dentro del tubo (140) que transmite impulso al tubo (140) hacia delante e impulsa de este modo un avance de, al menos, el extremo distal (144) del tubo (140) dentro del tracto no biológico, en el que el funcionamiento comprende operar un pistón (352, 1652, 1852, 1952, 2052) y un componente motriz (324, 1654, 1854, 1954, 2054) para producir un avance y una retracción repetitivos de la columna de líquido (156); y

mediante el uso de medios de polarización (550, 2150, 2250, 2350, 2450, 2550, 2750, 2950, 3050, 3150, 3250, 3450, 3650) ubicados en el extremo distal (144), que impulsan el movimiento proximal de la columna de líquido (156) en respuesta al movimiento distal de la columna de líquido (156).

13. El procedimiento de la reivindicación 12 en el que el funcionamiento comprende transmitir un perfil de velocidad específico (30, 34) a un extremo proximal de la columna de líquido (156) para mejorar el movimiento hacia delante del tubo (140) dentro del tracto no biológico (156).

14. El procedimiento de la reivindicación 13 en el que el perfil de velocidad (30, 34) comprende al menos

uno de:
una parte de aceleración gradual de una primera parte (31) de un movimiento hacia delante de la columna de líquido (156);
una parte de desaceleración brusca de una segunda parte (32) del movimiento hacia delante de la columna de líquido (156) después de la primera parte (31) del movimiento hacia delante;
una parte de aceleración brusca de una primera parte (35) de un movimiento hacia atrás de la columna de líquido (156); y
una parte de desaceleración gradual en una segunda parte (36) del movimiento hacia atrás de la columna de líquido (156) después de la primera parte (35) del movimiento hacia atrás.

15. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14 que incluye, al menos, una de las características siguientes:

(i) en el que el funcionamiento hace que el pistón (352, 1652, 1852, 1952, 2052) desacelere bruscamente hacia el final de cada carrera del pistón (352, 1652, 1852, 1952, 2052);
(ii) en el que el funcionamiento hace que el pistón (352, 1652, 1852, 1952, 2052) acelere bruscamente desde el final de cada carrera del pistón (352, 1652, 1852, 1952, 2052);
(iii) que comprende además proporcionar contornos a lo largo del exterior del tubo (140) para resistir el movimiento del tubo (140) en una dirección proximal dentro del tracto no biológico durante el funcionamiento;
(iv) que comprende además proporcionar contornos a lo largo del interior del tubo (140) para resistir el movimiento de la columna de líquido (156) a través del tubo (140) en una dirección distal;
(v) en el que la sonda (160) comprende un dispositivo de imágenes (474), el procedimiento que además comprende la captura de imágenes dentro del tracto no biológico utilizando el dispositivo de imágenes (474);
(vi) en el que la sonda (160) comprende un dispositivo de imágenes (474), el procedimiento que además comprende capturar imágenes dentro del tracto no biológico utilizando el dispositivo de imágenes (474) y transmitir los datos de las imágenes correspondientes a las imágenes capturadas a un sistema configurado para procesar y visualizar las imágenes; o
(vii) en el que al menos un conducto eléctrico (342) se extiende a lo largo del tubo (140) para realizar al menos una de las señales de envío y recepción hacia y desde la sonda (160), en el que la transmisión puede realizarse usando, al menos, un conducto eléctrico (342).

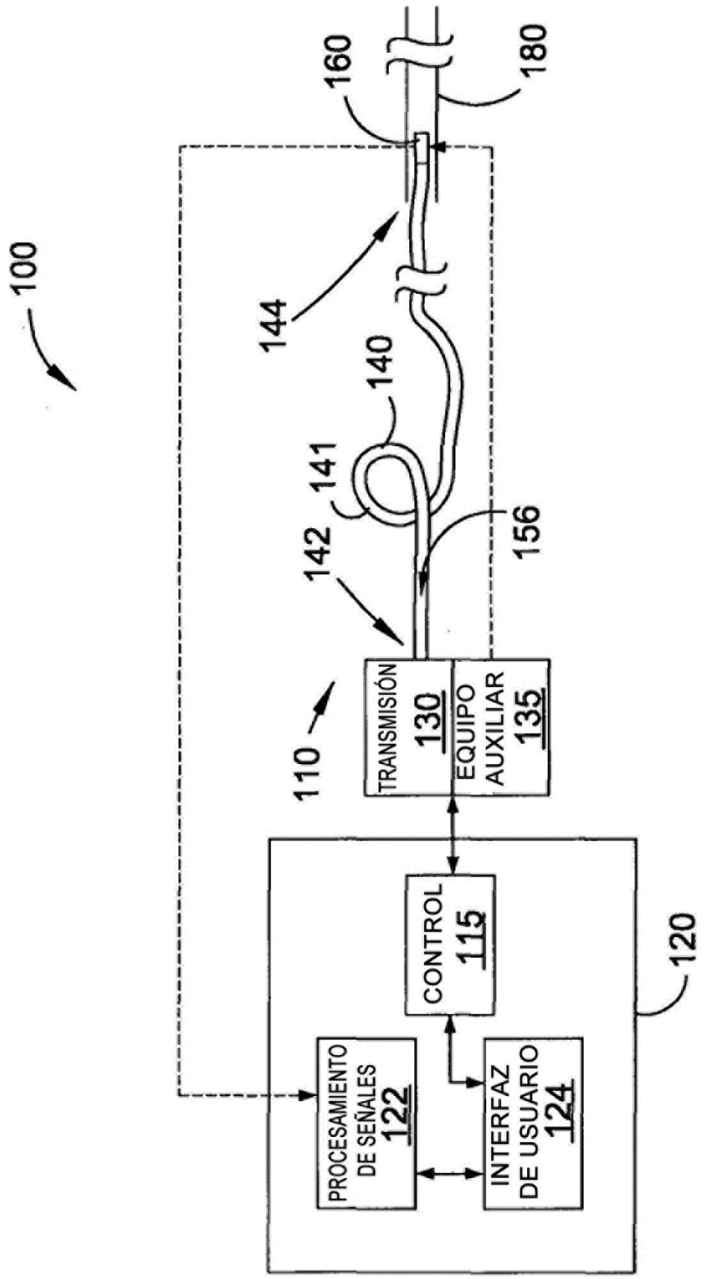
100
160
180
144
140
141
142
156
110
TRANSMISIÓN 130
EQUIPO AUXILIAR 135
CONTROL 115
120
PROCESAMIENTO DE SEÑALES 122
INTERFAZ DE USUARIO 124

FIGURA 1

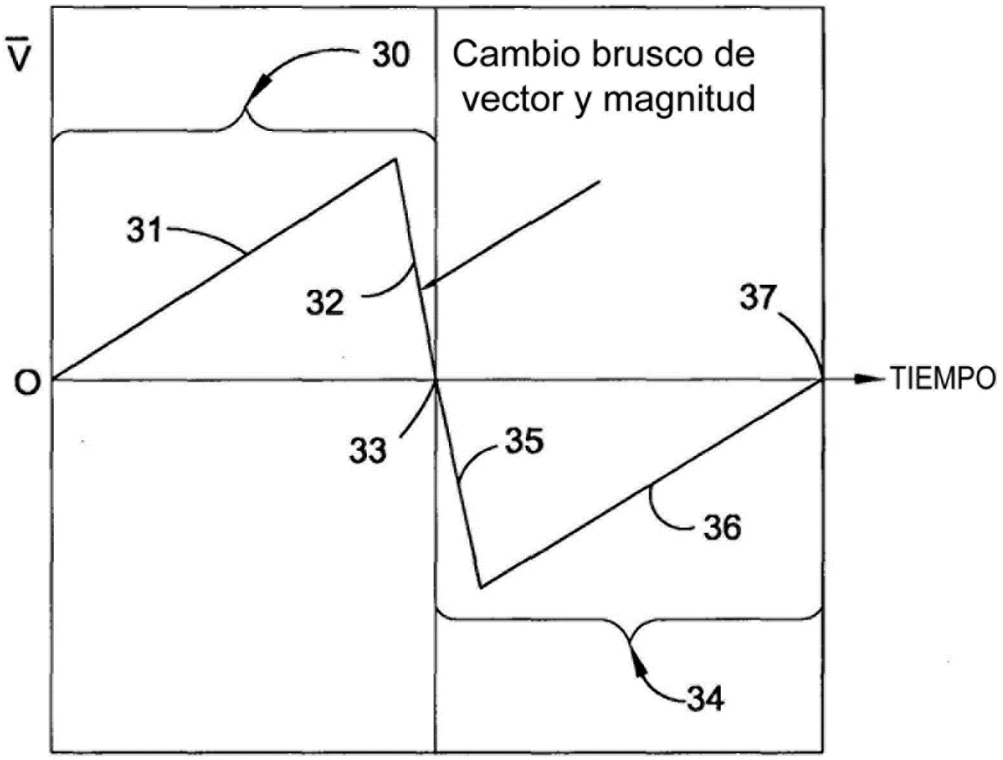
$\bar{V}$
30
Cambio brusco de vector y magnitud
31
32
37
O
TIEMPO
33
35
36
34

FIGURA 2

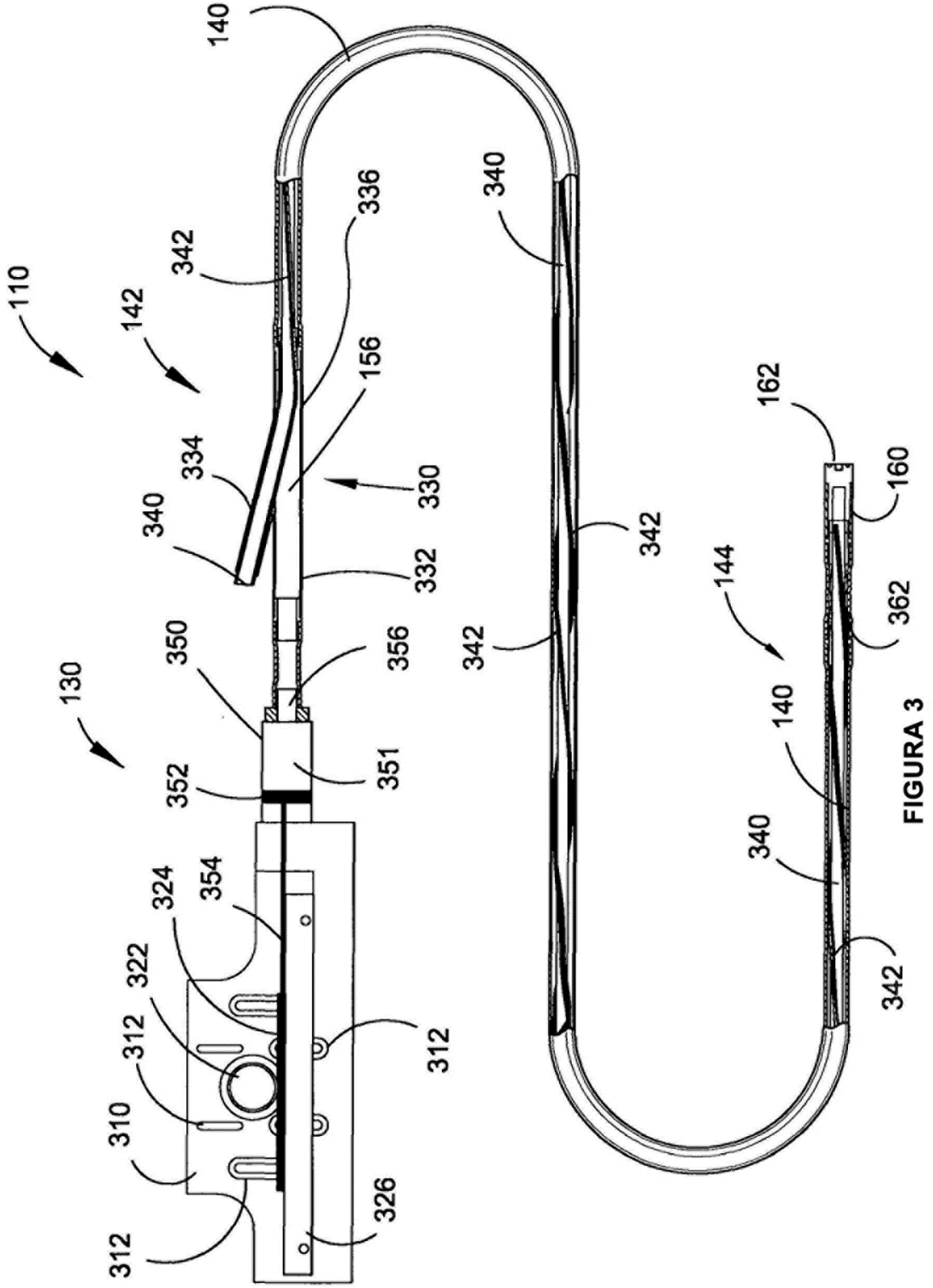
110
142
130
140
342
336
340
156
334
330
332
350
356
352
351
354
324
322
312
310
326
144
162
160
362

FIGURA 3

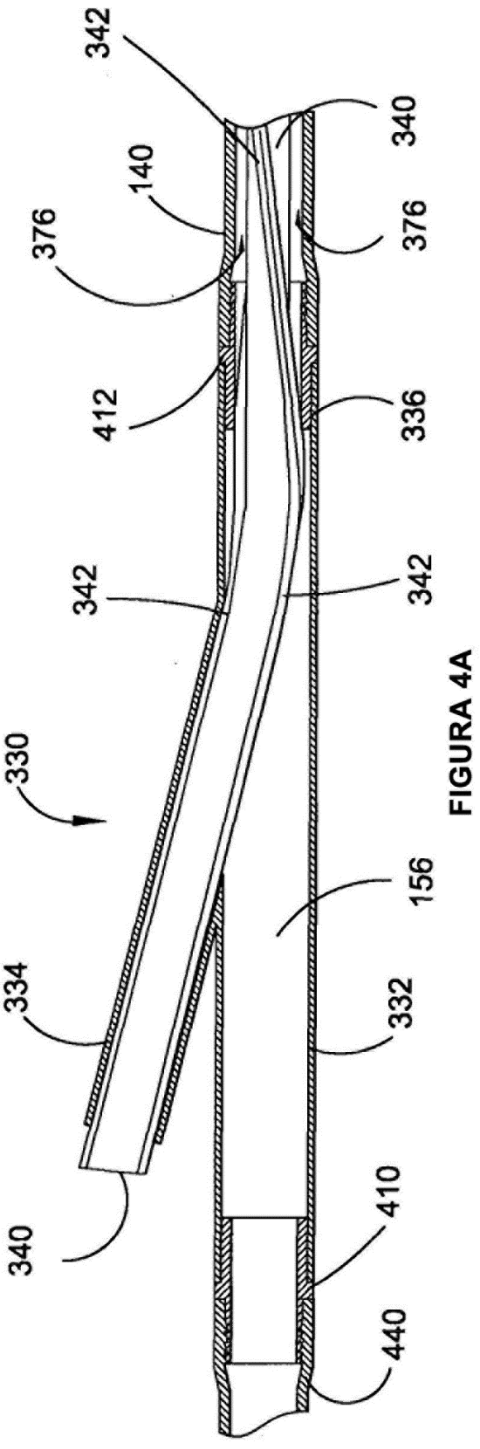

FIGURA 4A

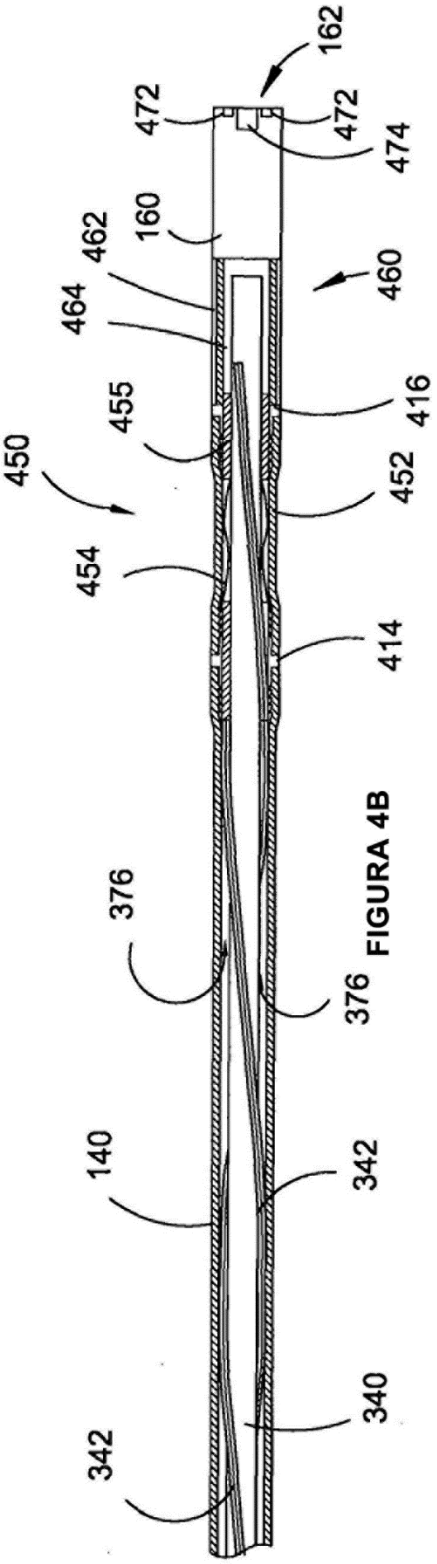

FIGURA 4B

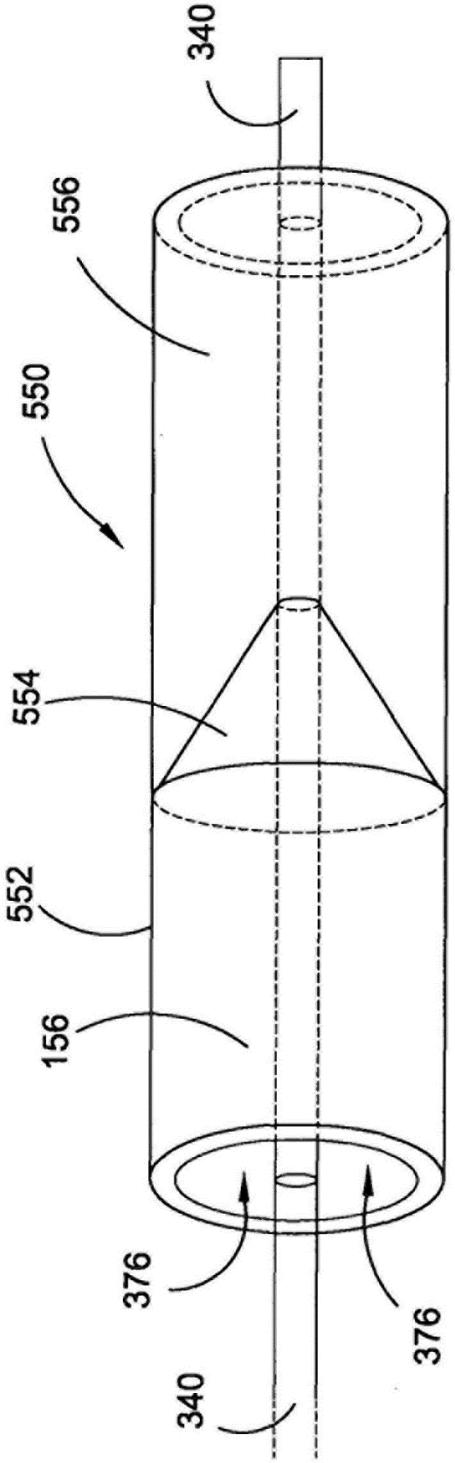

FIGURA 5A

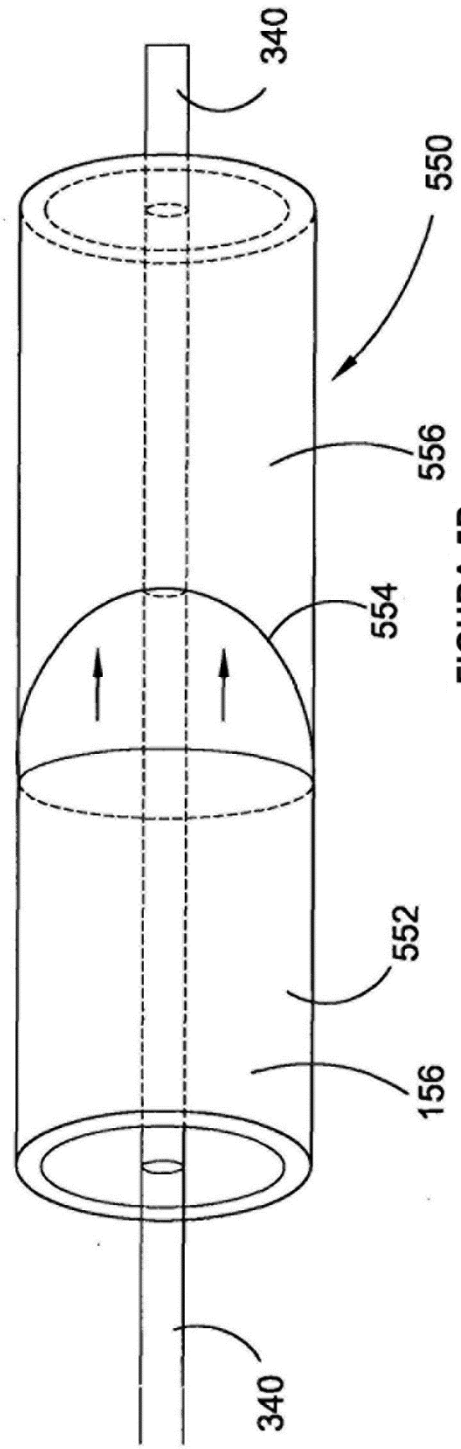

FIGURA 5B

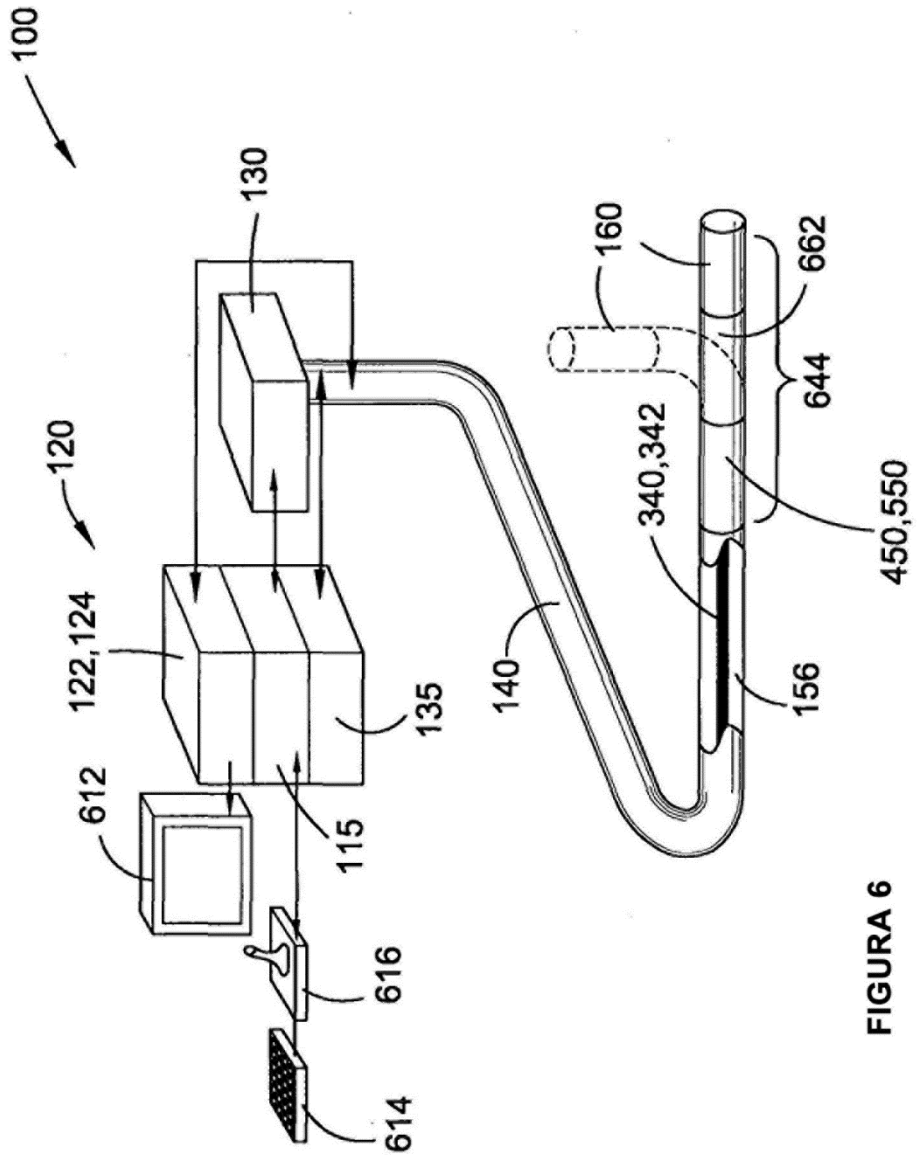
100
130
160
662
644
120
340,342
450,550
122,124
140
135
156
612
115
616
614

FIGURA 6

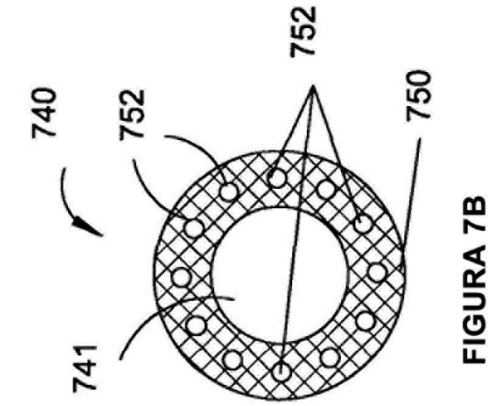

FIGURA 7B

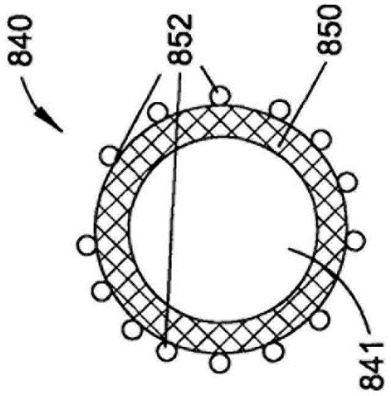

FIGURA 8B

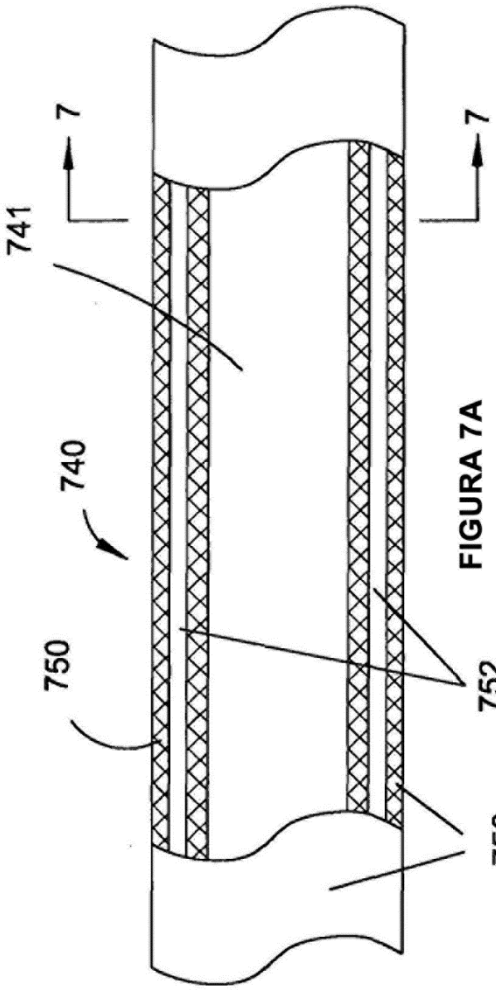

FIGURA 7A

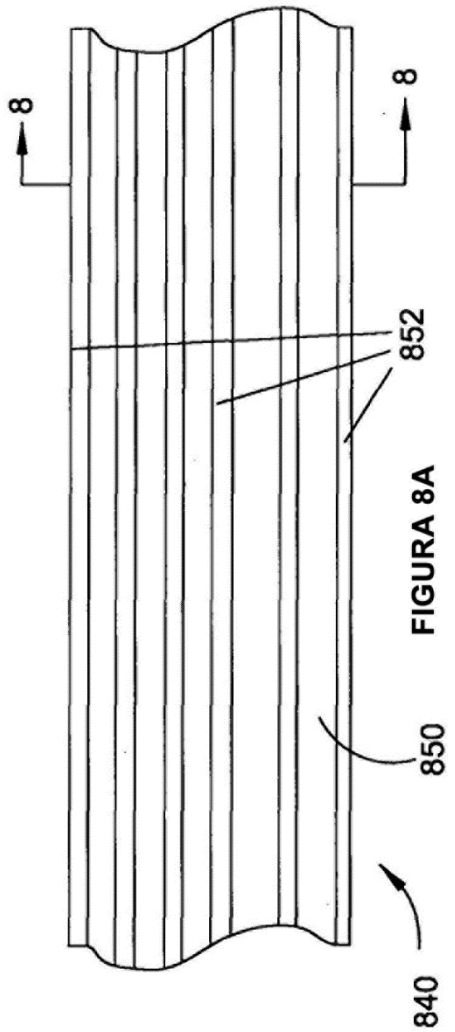

FIGURA 8A

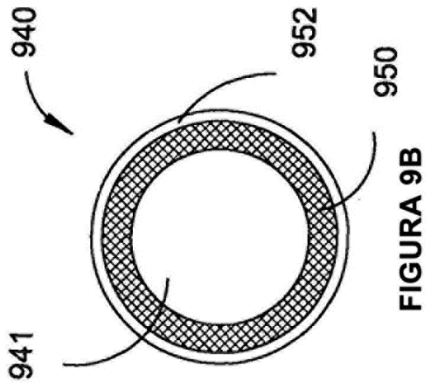

FIGURA 9B

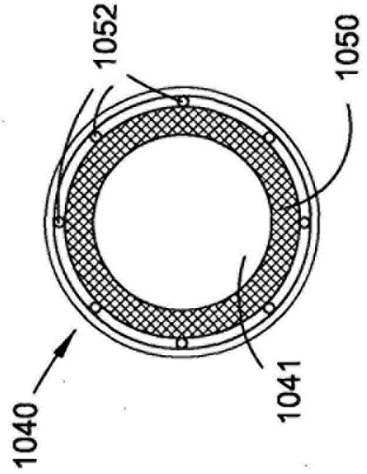

FIGURA 10B

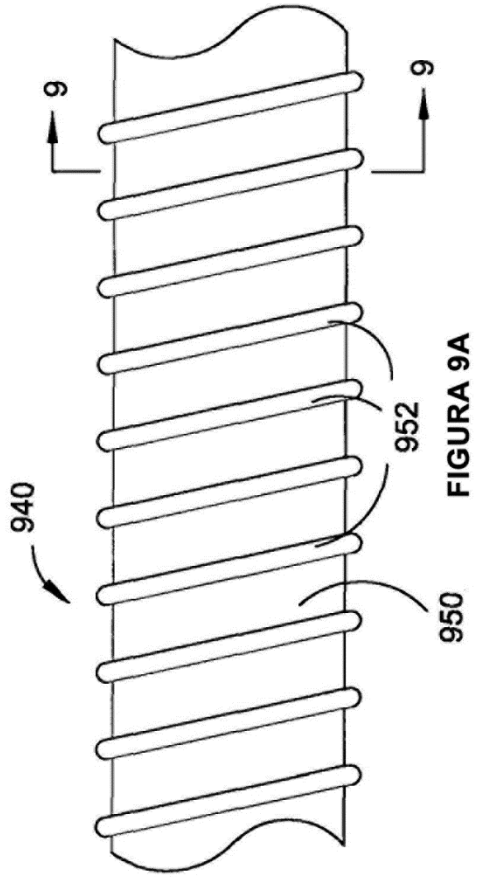

FIGURA 9A

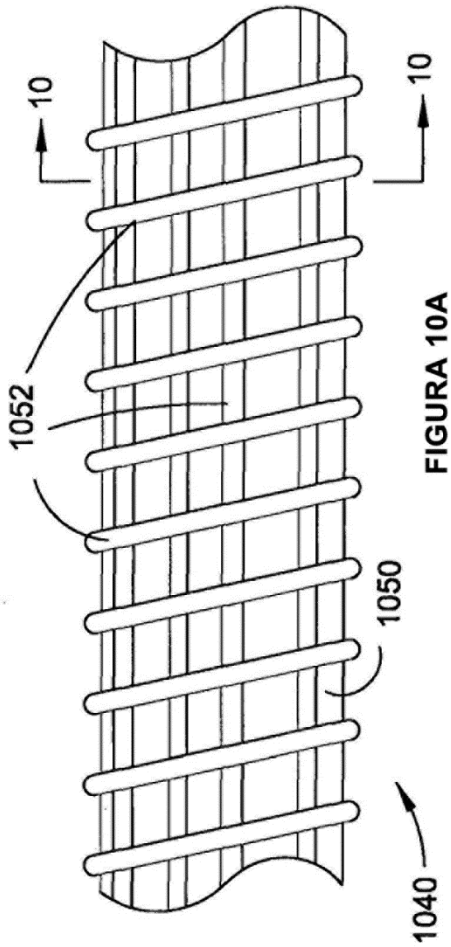

FIGURA 10A

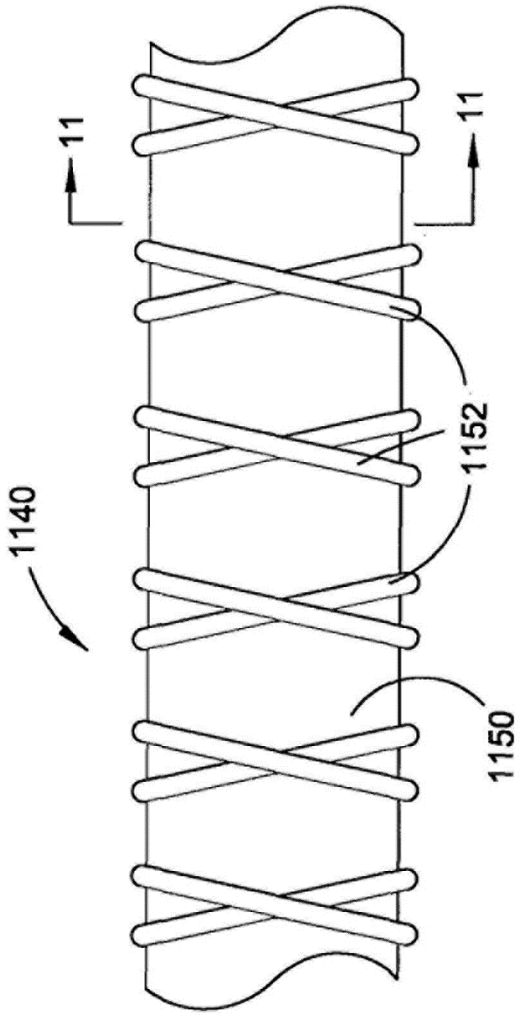

FIGURA 11A

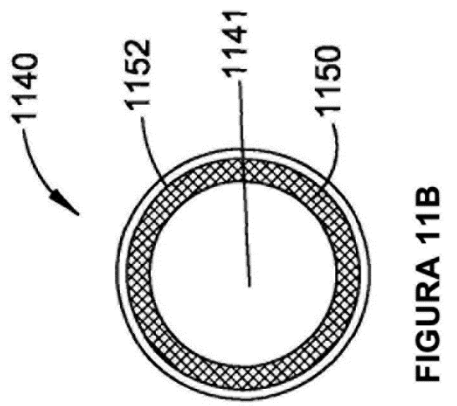

FIGURA 11B

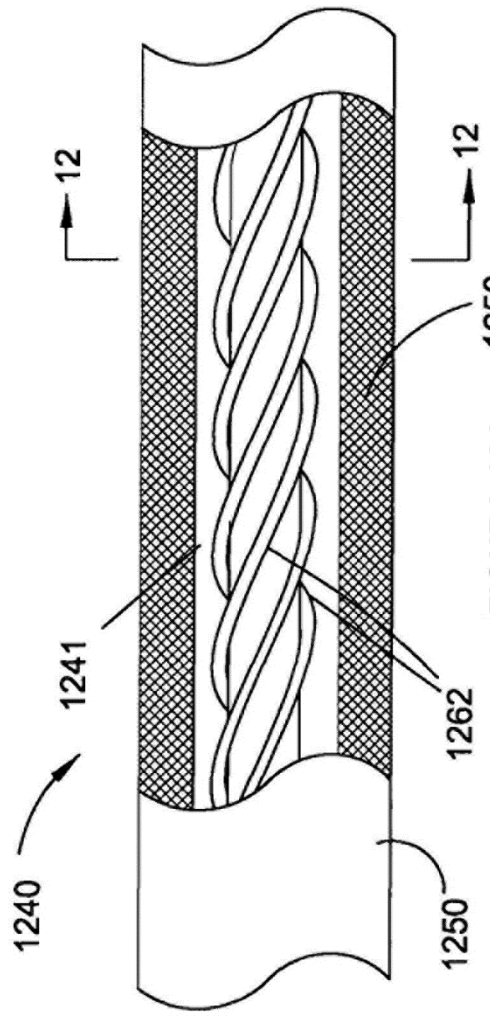

FIGURA 12A

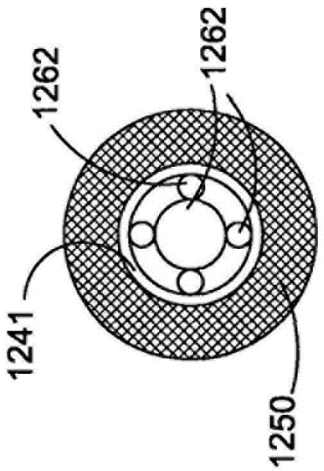

FIGURA 12B

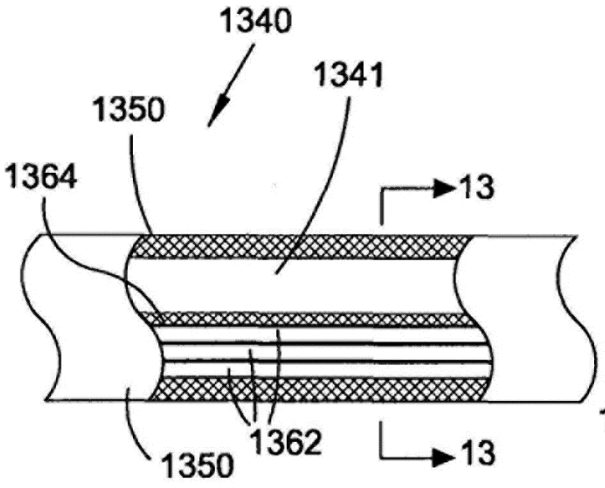

FIGURA 13A

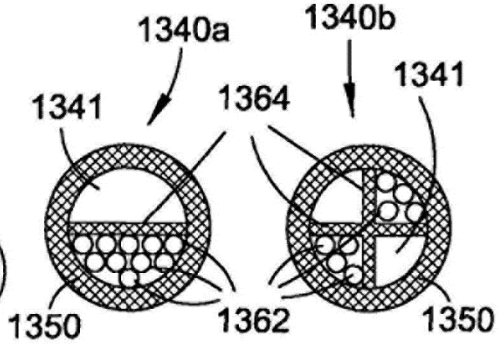

FIGURA 13B FIGURA 13C

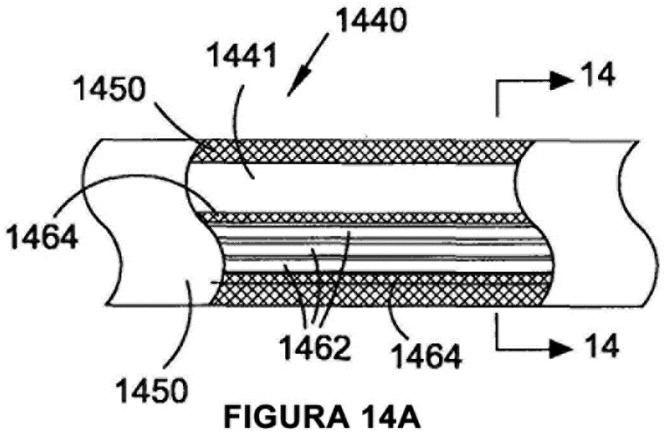

FIGURA 14A

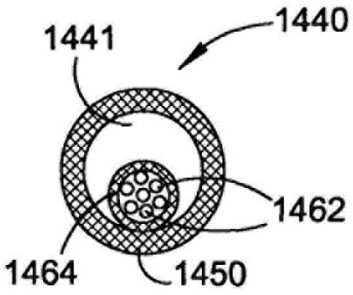

FIGURA 14B

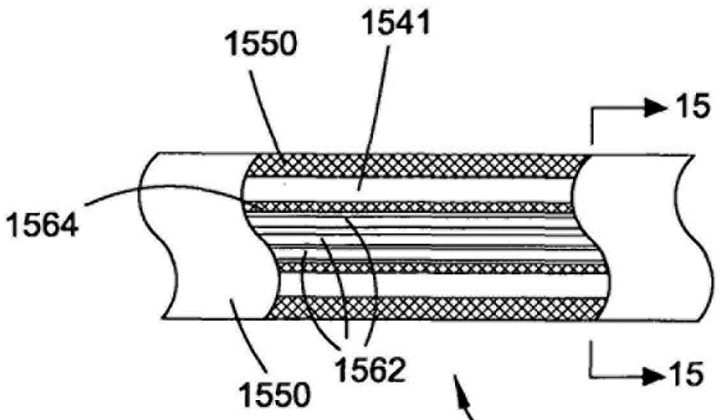

FIGURA 15A

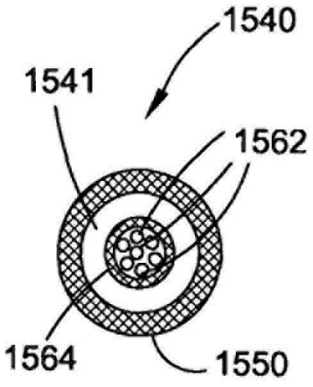

FIGURA 15B

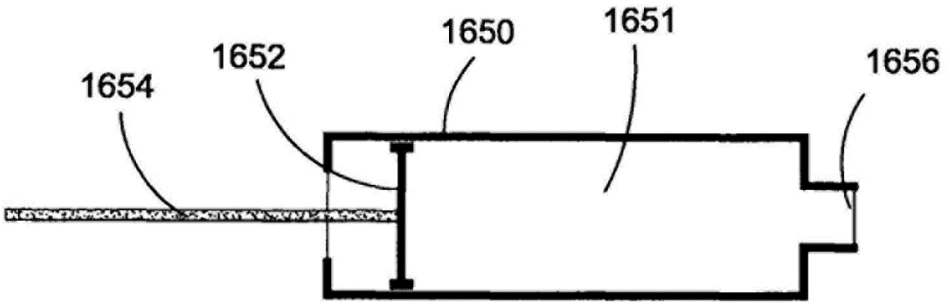

FIGURA 16A

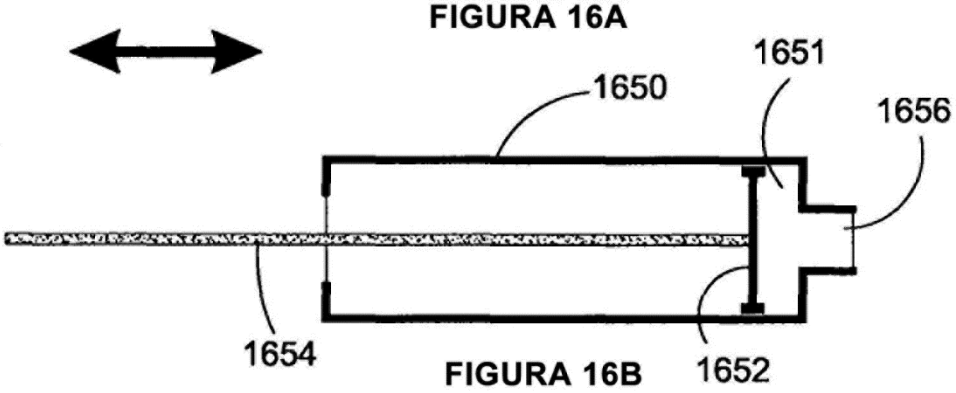

FIGURA 16B

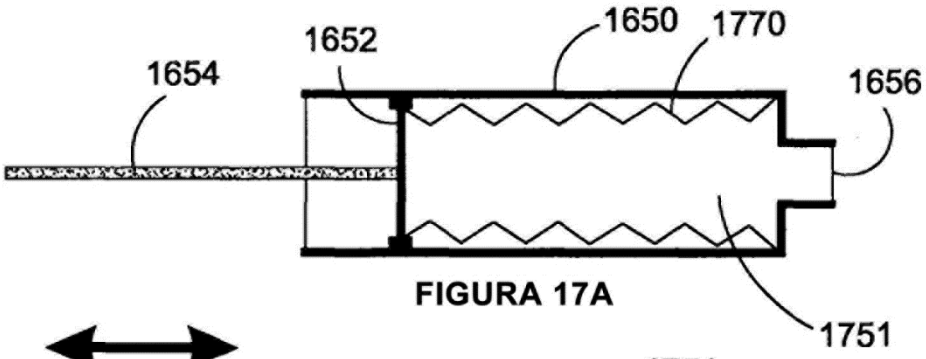

FIGURA 17A

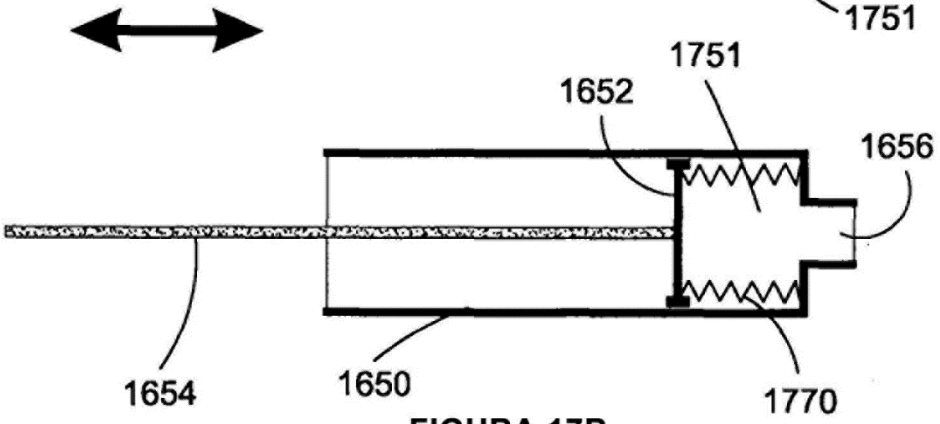

FIGURA 17B

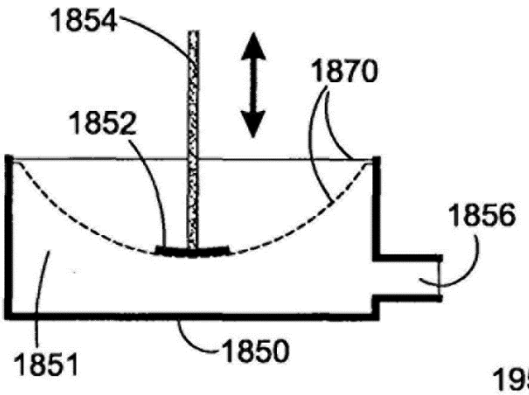

FIGURA 18

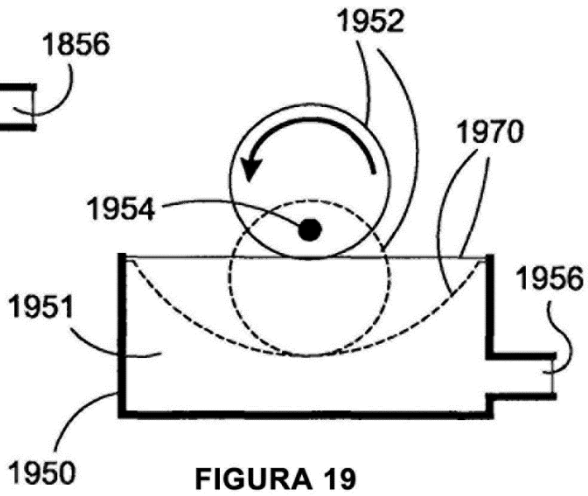

FIGURA 19

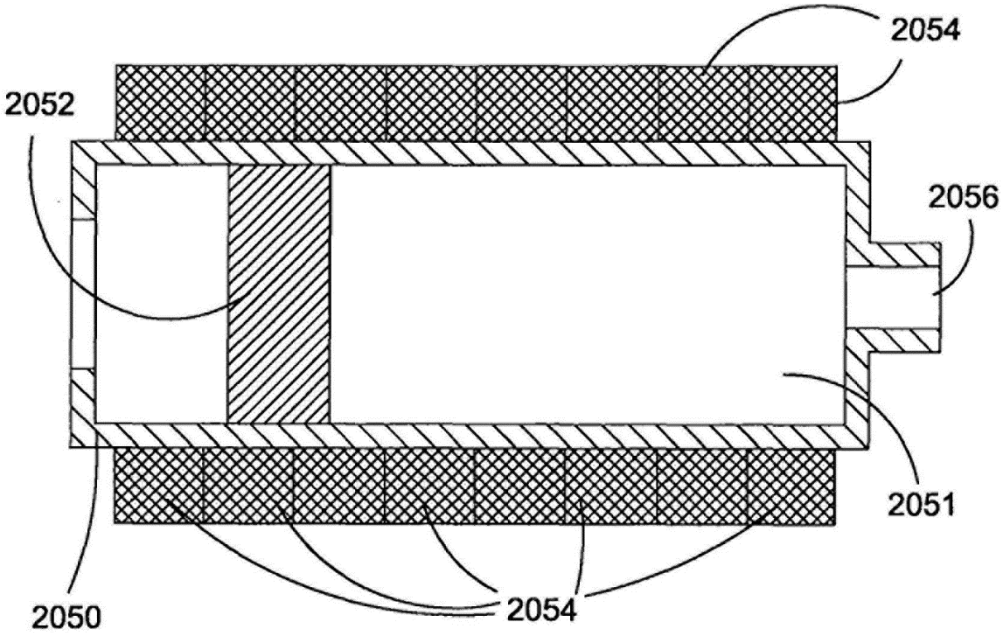

FIGURA 20

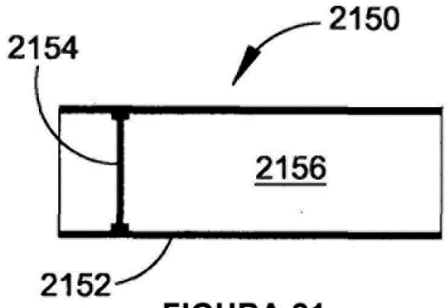

FIGURA 21

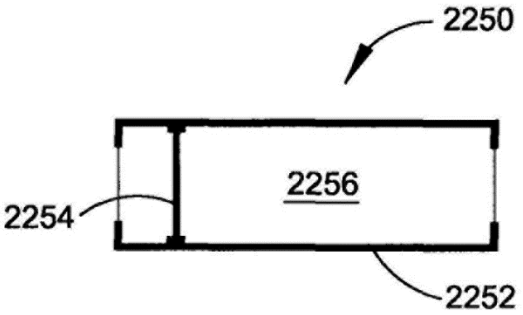

FIGURA 22

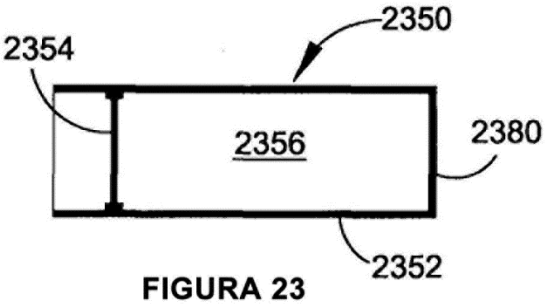

FIGURA 23

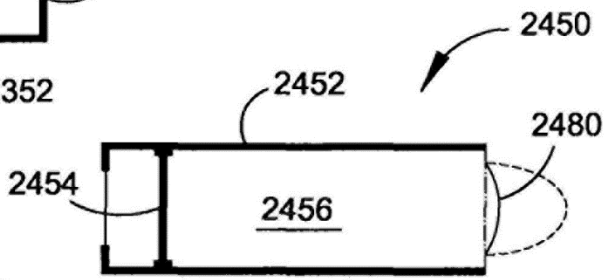

FIGURA 24

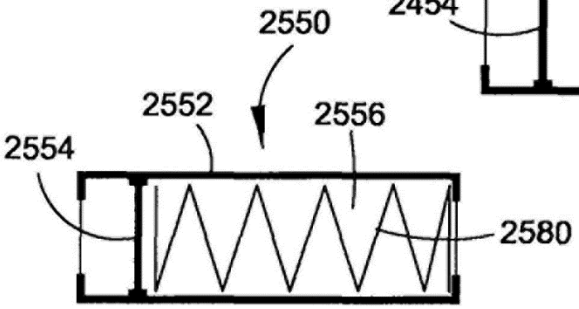

FIGURA 25

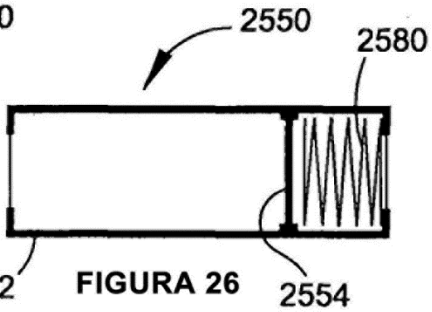

FIGURA 26

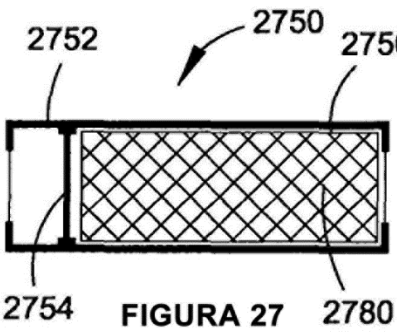

FIGURA 27

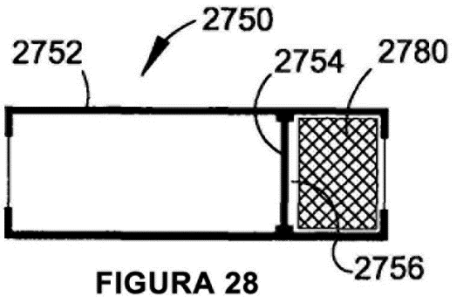

FIGURA 28

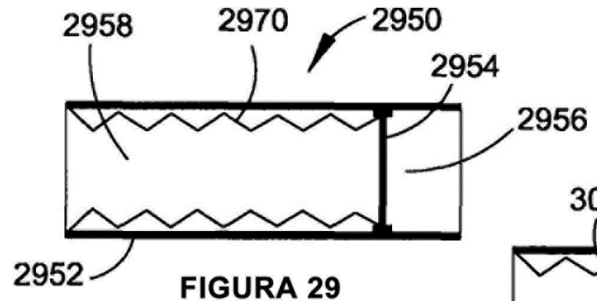

FIGURA 29

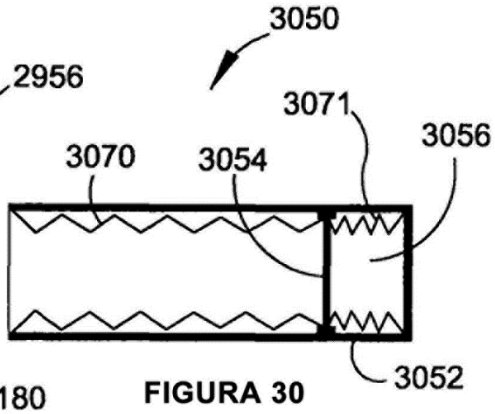

FIGURA 30

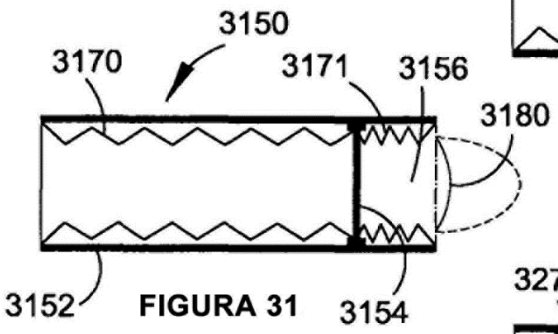

FIGURA 31

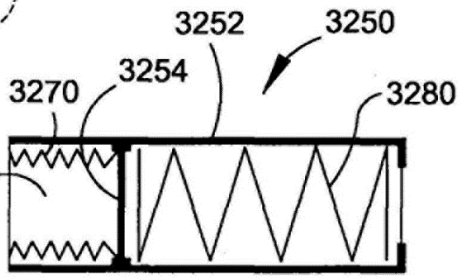

FIGURA 32

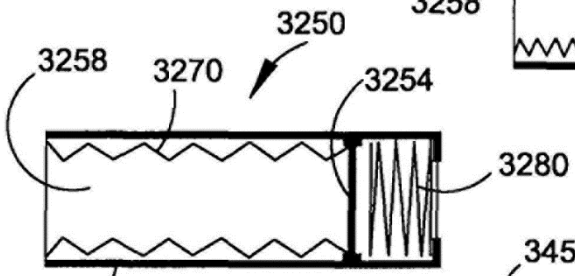

FIGURA 33

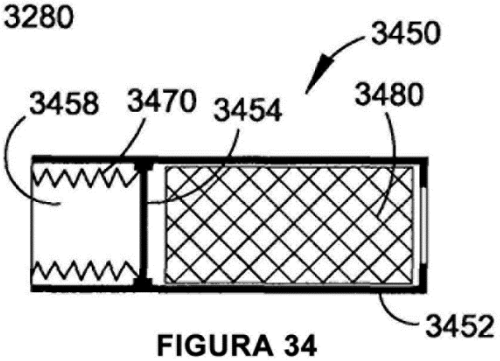

FIGURA 34

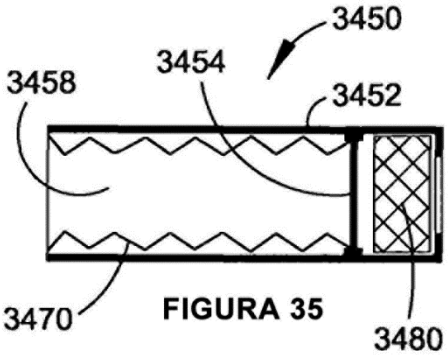

FIGURA 35

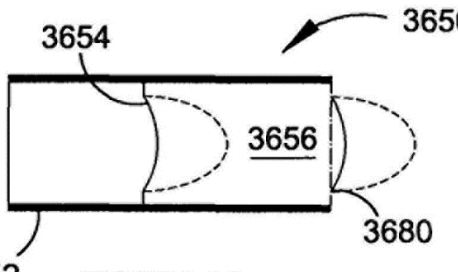

FIGURA 36

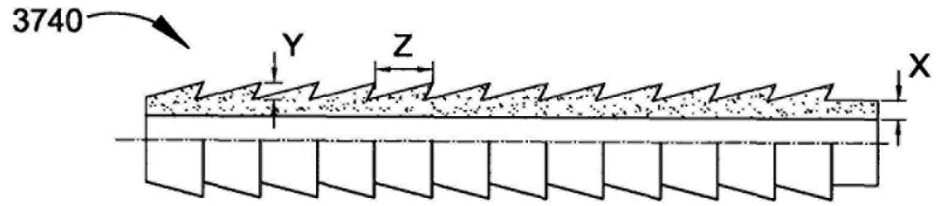

FIGURA 37A

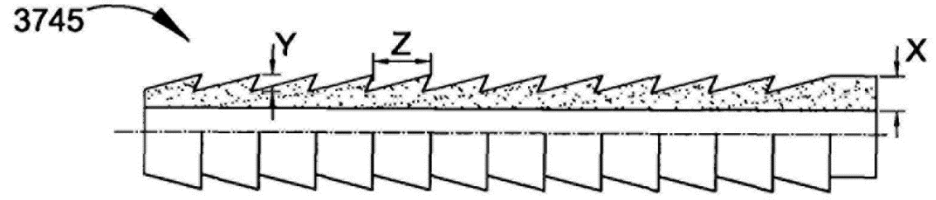

FIGURA 37B

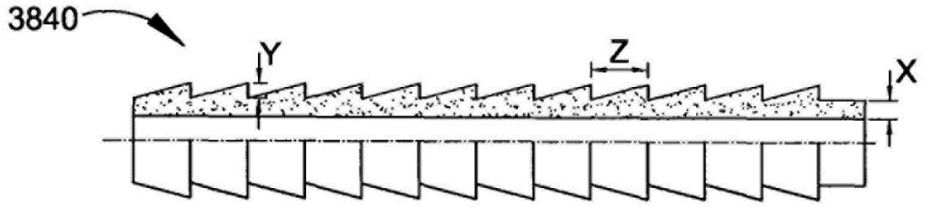

FIGURA 38A

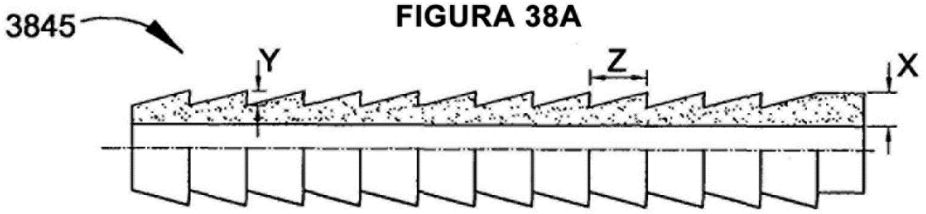

FIGURA 38B

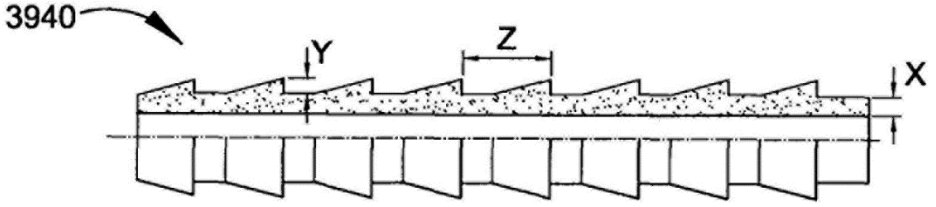

FIGURA 39A

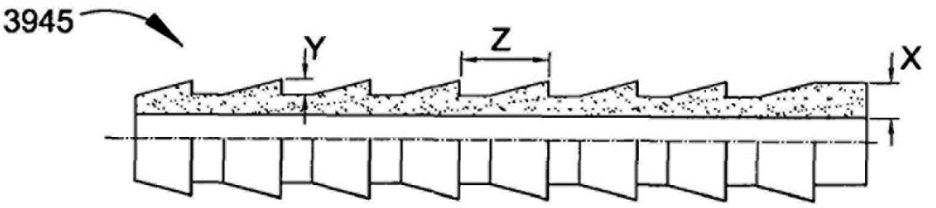

FIGURA 39B

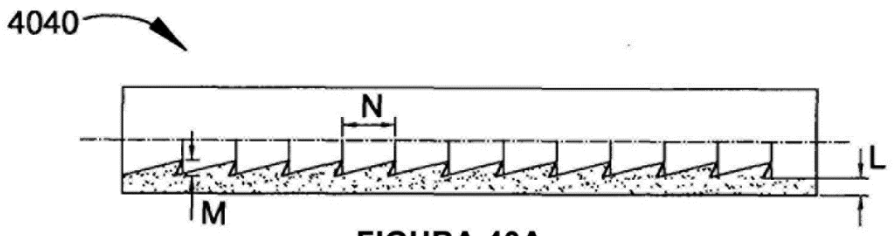

FIGURA 40A

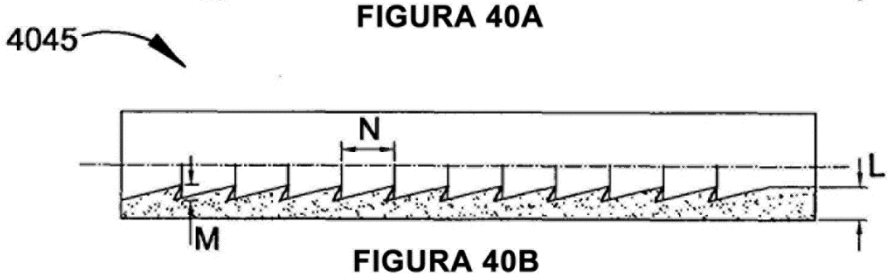

FIGURA 40B

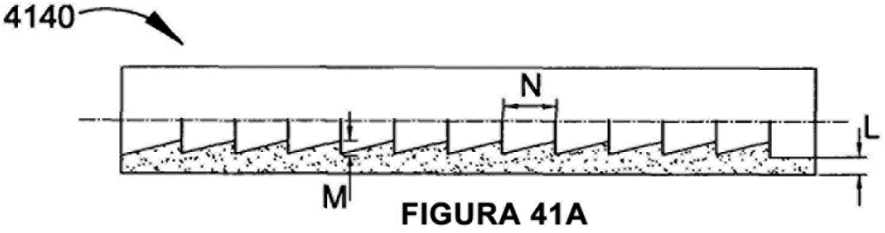

FIGURA 41A

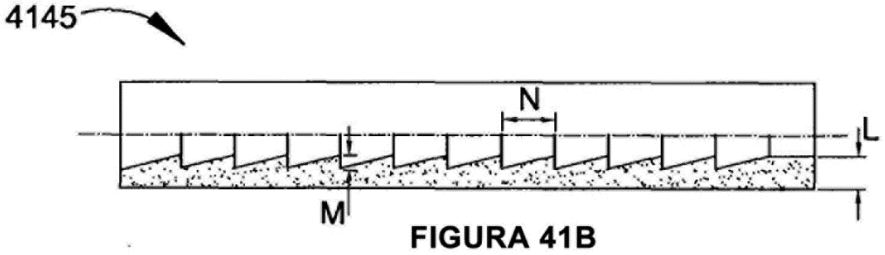

FIGURA 41B

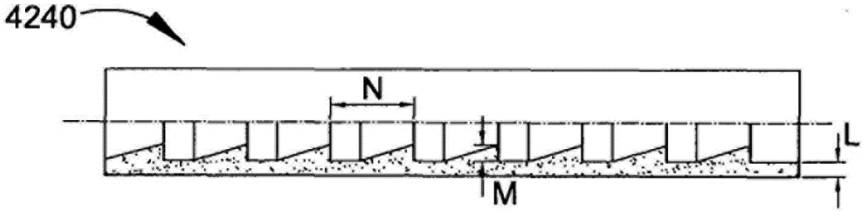

FIGURA 42A

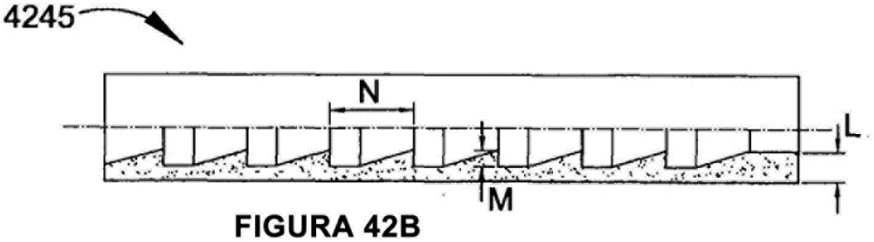

FIGURA 42B

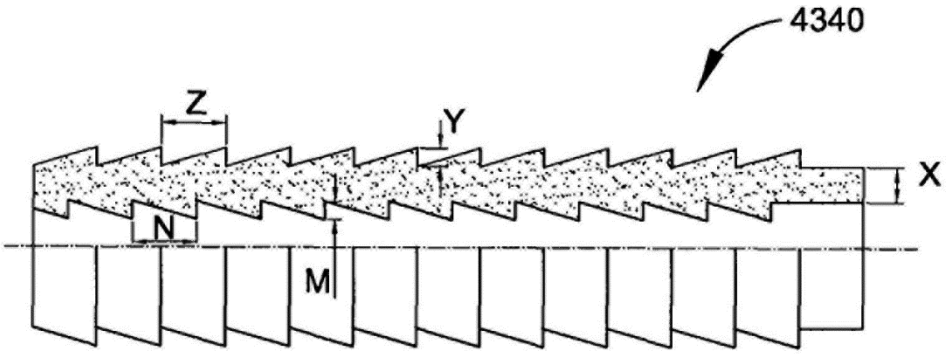

FIGURA 43A

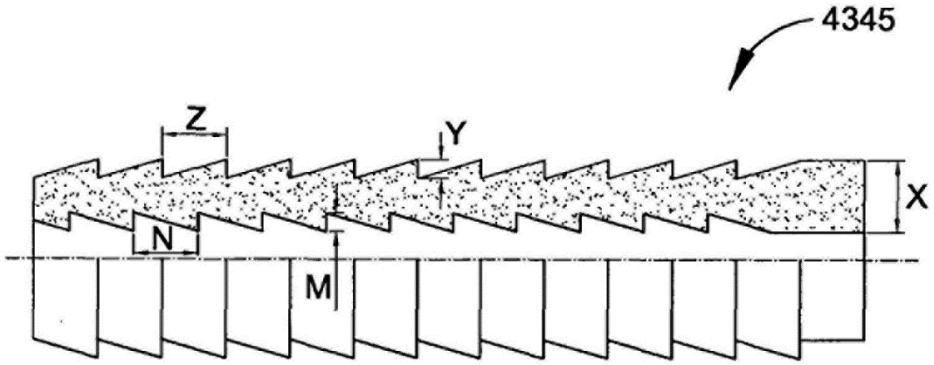

FIGURA 43B

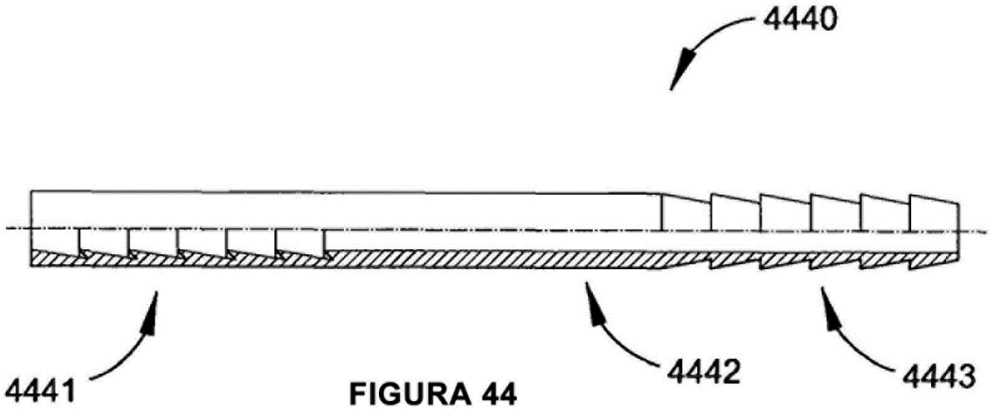

FIGURA 44