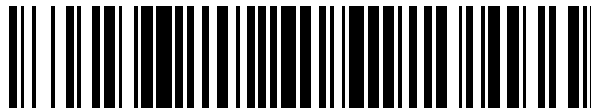


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 689 288**

51 Int. Cl.:

G02B 6/44

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.06.2006 PCT/GB2006/002303**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2007 WO07148032**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2006 E 06744277 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.05.2018 EP 2033033**

54 Título: **Un dispositivo formador de bucle de cable para sistemas ópticos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.11.2018

73 Titular/es:
**PRYSMIAN CABLES & SYSTEMS LIMITED
(100.0%)
Chickenhall Lane
Eastleigh, Hampshire SO50 6YU, GB**

72 Inventor/es:

**GRIFFITHS, IAN y
HUBBARD, PAUL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 689 288 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Un dispositivo formador de bucle de cable para sistemas ópticos

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un dispositivo formador de bucle de cable para su uso en sistemas ópticos. En particular, la presente invención se refiere al almacenamiento, manejo y distribución de cables ópticos y fibras ópticas dentro de redes ópticas, hardware óptico o sus conexiones ópticas.

Antecedentes

10 Los sistemas ópticos de comunicación requieren del tendido de numerosas fibras y cables ópticos. Estos se conectan entre sí usando varias formas de hardware de fibra óptica tal como conexiones ópticas, por ejemplo, cajas de fibra óptica o cajas de empalme. Las conexiones ópticas se usan para almacenar y manejar conexiones y proporcionar áreas de trabajo en las que se pueden manipular los cables y fibras ópticas, por ejemplo, acoplándolos, dividiéndolos, empalmándolos, dándoles terminación o similar. En adelante, se hace referencia a las operaciones que se realizan en cables ópticos y/o fibras ópticas (tales como acople, división, empalme, terminación) como manipulación de cables/fibras. En la conexión óptica, se pueden manipular, almacenar y luego aislar los cables/fibras del medio ambiente.

15 Habitualmente, las conexiones ópticas reciben una pluralidad de cables ópticos, cada uno a su vez con al menos una fibra óptica. Esto provoca, generalmente, una congestión de conexiones ópticas debido al entrelazado de los cables ópticos y/o fibras ópticas durante el almacenamiento y la instalación. Al conectar más cables y fibras ópticas a un sistema de comunicación óptica, se torna cada vez más difícil el almacenamiento de cables y fibras ópticas, por ejemplo, dentro de las conexiones ópticas.

20 Tradicionalmente, varios cables ópticos ingresan en una conexión óptica y se los maneja en sistemas de manejo de fibras que distribuyen la fibra por toda la caja. Los cables pueden asegurarse dentro de la conexión óptica y pueden manipularse más tarde, por ejemplo, uniéndolos entre sí por empalme a tope de acuerdo con lo cual se separan al menos algunas de las fibras ópticas de cada cable y se empalman entre sí dentro de las bandejas de empalme. Las fibras restantes no usadas se almacenan simplemente dentro de las bandejas de empalme o compartimentos de almacenamiento de la conexión óptica hasta requerirlas. Sin embargo, aunque esto puede organizar los cables/fibras, también colabora con la congestión total dentro de la conexión óptica y puede considerarse un derroche de recursos de cable/fibra óptica disponible en términos de espacio y fibra usada/no usada. Al instalarse más cables, hay una mayor probabilidad de dañar la fibra y el cable óptico dado que las fibras y el cable óptico al doblarse a su alrededor, corren el riesgo de doblarse más allá de su radio de curvatura mínimo.

25 Habitualmente, todas las fibras ópticas se separan de cada cable óptico al entrar a la caja, y el sistema de manejo de fibra trata con toda la fibra óptica almacenándola y manipulándola. Las fibras separadas pueden protegerse con tubos de transporte flexibles; sin embargo, aún se requiere almacenar los tubos para tiradas excesivamente largas de fibra. Como alternativa, solo se separan del cable óptico aquellas fibras que se requieren manipular, mientras que luego se almacena el resto del cable óptico dentro de la conexión óptica para su uso futuro. Sin embargo, el cable y la fibra óptica restante permanecen sin usar y simplemente ocupan un espacio valioso dentro de la conexión óptica.

30 Existen numerosos sistemas de manejo de fibra para almacenar y distribuir fibras dentro de una bandeja de empalme. El documento WO 0017693 desvela una bandeja de empalme con un área de trabajo, un área de almacenamiento de fibra y, en su periferia, un área de almacenamiento de cable. Por ejemplo el documento US 6.427.045 desvela una bandeja de empalme para su uso en el empalme de cables ópticos de fibra, bandeja de empalme que tiene una periferia externa y un área de empalme de cable hacia el interior de la periferia externa. Una guía principal de cables que recibe un par de cables paralelos a ser empalmados se extiende a lo largo de una porción de la periferia externa adyacente a ella. La guía principal de cables se divide en una primera y en una segunda guía de continuación, la primera de las cuales se curva hacia adentro desde la periferia externa hasta la intersección con el área de empalme desde una dirección. La segunda guía de continuación continúa a lo largo de otra porción de la periferia externa hasta la intersección con el área de empalme desde otra dirección. Los dos cables ópticos de fibra que se extienden a lo largo de la guía principal se separan hasta extenderse a través de la primera y de la segunda guía de continuación hasta el área de empalme para unirse entre sí en un empalme. Se proporciona un dispositivo formador de bucle de cable en el área de empalme para recibir bucles de cable para compensar la holgura, y se proporciona un rebaje de recepción de empalme en el área de empalme para sostener un empalme. Una carcasa para la bandeja de empalme incluye una caja vertical con una puerta articulada a su porción inferior que permite un movimiento de oscilación alrededor del eje horizontal de la bisagra entre una posición cerrada vertical y una posición abierta horizontal. La bandeja de empalme está unida al interior de la puerta para recibir un par de cables que se extienden desde la caja y pasa por la bisagra hacia la bandeja de empalme. Una longitud de la guía inclinada integral sobre la bandeja de empalme se extiende hacia el eje de la bisagra a lo largo de una pared inferior de la puerta inclinada para recibir los cables.

De acuerdo con el documento US 6.427.045, las guías actúan como canales para enrutar al área de empalme solo dos cables ópticos, con una sola fibra en cada uno. De hecho, dado que los cables se almacenan dentro de un

dispositivo formador de bucle de cable central, los cables no pueden contener más de una fibra óptica dado que ninguna otra fibra permitiría que los cables se doblen alrededor de la bobina central. Además, dado que los cables se almacenan dentro de un dispositivo formador de bucle de cable que se coloca en el centro respecto de la bandeja de empalme, el almacenamiento del cable no se realiza con eficacia principalmente por la razón de que no se usa una gran área de la bandeja de empalme. Además, la bandeja de empalme de acuerdo con el documento US 6.427.045 no hace posible un área de almacenamiento para poder manipular, por ejemplo empalmar, las fibras ópticas.

Soluciones alternativas intentan aliviar el daño y la congestión de cables y fibras ópticas almacenando y guiando cables y fibras ópticas desde en compartimentos de almacenamiento separados hasta en bandejas de fibra óptica para su uso en conexiones ópticas. Por ejemplo, los documentos US 6.501.898, US 6.539.160 y US 5.278.933 desvelan sistemas de manejo de fibras para guiar y almacenar cables ópticos/cables de cinta planos y fibras ópticas, respectivamente.

El documento US 6.501.898 se refiere a una disposición para manipular fibras ópticas en un espacio confinado o limitado, tal como para conectar, reorganizar y/o acoplar en forma cruzada fibras ópticas en un casete sin que dichas fibras se crucen entre sí. Al proporcionar un casete con canales formadores de bucle, los cables de fibra óptica pueden organizarse de una forma controlada sin necesidad de cruzarse. Esta disposición se proporciona con un medio para guiar y enrollar los cables de fibra óptica antes de desferrar cables respectivos y separar mutuamente las fibras ópticas insertadas en un casete de fibra óptica.

De acuerdo con este documento, los dispositivos de enrollado y guía de cable se colocan en la porción central de la parte inferior de la disposición de caja de conexión que comprende una pluralidad de casetes (bandejas de empalme) que se apilan para recibir y almacenar fibras ópticas separadas. Esto tiene como resultado un uso ineficaz e insatisfactorio del espacio disponible dentro de la conexión óptica.

El documento US 6.539.160 se refiere a una caja de fibra óptica que incluye un conjunto de paneles con al menos dos paneles articulados entre sí. El conjunto de paneles incluye un compartimento de almacenamiento emparedado entre un par de conjuntos de manejo y conexión de fibra. Cada conjunto de manejo y conexión de fibra incluye un panel conector de manguito que soporta al menos una serie de manguitos para establecer conexiones de fibra óptica. El panel de empalme con soportes de tubo de empalme también se proporciona para establecer empalmes. El compartimento de almacenamiento está dispuesto entre el panel de empalme superior y el inferior. Además, se usan sujetadores de retención y enrutamiento para mantener las fibras y/o cables de fibra óptica en su lugar y en su guía en la bandeja de empalme.

De acuerdo con este documento, el panel de empalme (bandeja) no contempla el almacenamiento tanto del cable óptico como de las fibras ópticas, cuyo almacenamiento se exige en un compartimento de almacenamiento interpuesto entre dos paneles de empalme de la caja de fibra óptica.

El documento US 5.278.933 desvela un organizador de empalmes de fibra óptica para almacenar empalmes de fibra óptica y la holgura asociada con ellos para permitir una separación fácil de las fibras ópticas. El organizador de empalmes incluye una base generalmente rectangular, ranuras de fijación de empalme sobre la base y guías de fibra óptica para guiar las porciones holgadas del primer y del segundo grupos de fibra óptica del primer extremo de la base, junto con porciones respectivas de la base adyacentes al primer y segundo lados del mismo, en una pluralidad de bucles de holgura superpuestos adyacentes al segundo extremo de la base, y de regreso al medio de fijación de empalme desde el primer y segundo lados respectivos de la base. Las fibras ópticas holgadas, incluyendo el bucle holgado respectivo superpuesto, del primer y del segundo grupos de fibra óptica, forman un patrón con forma de ocho sobre la base y así, pueden separarse con facilidad entre sí.

De acuerdo con este documento, se proporciona una solución de almacenamiento que guía y une entre sí, haces de fibras ópticas separadas, tendiéndolas sobre, alrededor y detrás de la bandeja de empalme. Esta solución proporciona un uso eficaz del almacenamiento y también dificulta el acceso a los compartimentos de empalme dado que se necesitará retirar y desenredar los haces de fibras. Esto aumenta inevitablemente el riesgo de que las fibras se doblen por accidente más allá de sus radios de curvatura mínimos.

Como se lo mencionó con anterioridad, se usan sujetacables y zunchos para fijar un cable o fibra óptica dentro de los compartimentos de almacenamiento del documento US 6.539.169 o los haces de fibras en la bandeja de empalme del documento US 5.278.933. Los sujetacables y zunchos necesitan ser aflojados o cortados cuando se vuelven a enrutar los cables ópticos o haces de fibras en los compartimentos de empalme o en otro lugar. El uso de sujetacables y zunchos puede provocar la fatiga del material del cable óptico en puntos específicos a lo largo del cable. De forma similar, pueden dañarse las fibras ópticas frágiles en esos puntos. Puede provocarse un daño mayor durante la instalación y el mantenimiento dado que los sujetacables o zunchos son ajustados/aflojados/retirados o las tapas articuladas son retiradas y reemplazadas cuando se instalan/accede/vuelven a enrutar los cables ópticos y los haces de fibras.

Además, los sujetacables o zunchos no soportan por completo los cables o fibras ópticas, que solo son soportados en puntos específicos alrededor de los compartimentos de almacenamiento o de las bandejas de empalme. Esto

5 significa que las longitudes espaciadas de cable y fibra quedan completamente sin soporte, posiblemente curvando dichas longitudes sin soporte hacia el centro de los compartimentos de almacenamiento o de la bandeja de empalme y posiblemente ejerciéndose una tensión sobre estas longitudes sin soporte mientras se las instala, mantiene y retiene dentro del compartimento de almacenamiento. Por lo tanto, este aspecto puede contribuir, además, a dañar y cortar los cables/fibras.

Los problemas de almacenamiento y congestión de cables ópticos dentro de las conexiones ópticas continúan multiplicándose al aumentar progresivamente el número de bandejas de empalme y/o cables ópticos para hacer frente a la demanda de capacidad y equipos de comunicaciones de alta velocidad.

10 La Solicitante percibió la necesidad de organizar eficazmente el espacio dentro de una caja de uniones, y en particular dentro de una bandeja de empalme, con el fin de minimizar el tamaño y la congestión de las uniones ópticas, mientras se evita cualquier daño o corte de los cables ópticos y/o fibras cuando se abre/cierra la caja o se mueven las bandejas durante su instalación y mantenimiento.

Sumario de la invención

15 La Solicitante ha descubierto que puede lograrse una distribución eficaz, y posiblemente un ahorro de espacio dentro de una caja de uniones incorporando en una sola unidad (es decir, un dispositivo formador de bucle de cable, por ejemplo una bandeja de empalme), tanto un sistema de manejo de fibra (es decir, los compartimentos de empalme y el área de almacenamiento de fibra) como un sistema de almacenamiento de bucle de los cables ópticos que se introducen en la caja de uniones.

20 En particular, la Solicitante ha descubierto que, con el fin de ahorrar espacio dentro de un sistema de hardware óptico (por ejemplo, en una conexión óptica dentro de una red óptica), debe colocarse el área de almacenamiento de cables ventajosamente en la periferia de la unidad simple mencionada con anterioridad. Preferentemente, se almacena el cable y se lo mantiene en su lugar mediante carriles de guía que se colocan a lo largo de sustancialmente toda la periferia de dicha unidad simple.

25 En un aspecto, la presente invención se refiere a un dispositivo de almacenamiento de bucles de cable (para su uso en sistemas ópticos), según la reivindicación 1. La presente invención evita, o al menos reduce significativamente, los requerimientos de almacenamiento y congestión de bandejas de empalme y compartimentos de almacenamiento separados conocidos en la técnica. Así, según la presente invención, se almacenan los cables ópticos y la periferia del dispositivo formador de bucle de cable los soporta, resultando de esta manera en un uso eficaz del espacio (que generalmente se desperdicia en unidades separadas) y en la guía y distribución de fibras ópticas dentro de cables directamente al interior de las áreas de trabajo y almacenamiento de fibras del dispositivo formador de bucle de cable. Una ventaja adicional de la presente invención es que, a diferencia de la técnica previa conocida, el dispositivo formador de bucle de cable puede fabricarse en una sola pieza, es decir que puede extrudarse o moldearse como una sola unidad, simplificando así la fabricación y proporcionando un ahorro de material y costes de fabricación.

35 Como se lo mencionó con anterioridad, según la presente invención, la reducción del almacenamiento y congestión del cable óptico dentro de un sistema de hardware óptico, como una conexión óptica, se logra a través del posicionamiento único del área de almacenamiento de cable con relación al almacenamiento de fibra y áreas de trabajo en el dispositivo formador de bucle de cable. Esto da lugar a un uso eficaz del espacio de almacenamiento disponible y de la distribución de fibra óptica en las áreas de trabajo y de almacenamiento de fibra. A saber, la presente invención permite almacenar los cables ópticos, soportados por el área de almacenamiento de cable y fijos dentro del área de almacenamiento de cable, en donde la fibra óptica dentro del cable óptico puede separarse y distribuirse directamente a las áreas de trabajo y almacenamiento de fibra usando los carriles de guía mencionados con anterioridad sin dejar el dispositivo formador de bucle de cable, o siendo vueltos a enrutar o distribuidos desde el dispositivo formador de bucle de cable. Esto aporta la ventaja de proteger la fibra óptica de daños debido a un posible pliegue más allá de su radio de curvatura mínimo, cuando las fibras ópticas son guiadas a las áreas de trabajo y almacenamiento de fibra.

50 Preferentemente, el dispositivo de almacenamiento de bucle de cable incluye, además, una pluralidad de carriles de guía, en los que una primera porción de los carriles de guía conecta al menos una de las áreas de almacenamiento de fibra con al menos una de las áreas de trabajo. Preferentemente, una segunda porción de los carriles de guía conecta el área de almacenamiento de cable con al menos una primera porción de los carriles de guía. Los carriles de guía soportan y protegen la fibra óptica que es guiada desde las áreas de almacenamiento de fibra o áreas de almacenamiento de cable hasta las áreas de trabajo u otros lugares. Los carriles de guía se diseñaron para soportar la fibra óptica de manera de evitar que la fibra óptica se curve más allá de su radio de curvatura mínimo.

55 En vez de almacenarse en el ingreso o de almacenarse y enrutarse a través de un sistema de hardware óptico en un área de almacenamiento separada del dispositivo formador de bucle de cable, se dispone el dispositivo formador de bucle de cable según un aspecto de la presente invención de manera tal que los cables ópticos se distribuyen y almacenan en un bucle continuo en el dispositivo formador de bucle de cable desde su punto de entrada/salida/desde el sistema de hardware óptico.

- 5 Según un aspecto de la presente invención, se enrutan uno o más cables ópticos a través de al menos una entrada de cable común y se forman bucles en el área de almacenamiento de cable que está dispuesta en la periferia del dispositivo formador de bucle de cable. Este aspecto mejora el manejo de los cables ópticos, por ejemplo, dentro de una conexión óptica, dado que, durante la instalación, se forma un bucle con los cables ópticos y se los soporta sobre y con la periferia del dispositivo formador de bucle de cable, en el que se separa al menos una fibra óptica del cable óptico dentro del área de almacenamiento de cable y se la enruta (es decir, se la tiende en los carriles de guía) en las áreas de almacenamiento de fibra o en las áreas de trabajo que preferentemente se ubican en el centro del dispositivo formador de bucle de cable.
- 10 Preferentemente, se dispone al menos una de las áreas de almacenamiento de cable alrededor de la periferia del dispositivo formador de bucle de cable. Preferentemente, el área de almacenamiento de cable incluye una periferia interna que encierra las áreas de trabajo y almacenamiento de fibra. Esto posibilita un mejor almacenamiento del cable óptico en el dispositivo formador de bucle de cable y permite que se forme un bucle con el cable óptico y se lo soporte con la periferia interna, durante su instalación, almacenamiento y mantenimiento.
- 15 Preferentemente, el área de almacenamiento de cable, en particular su periferia interna, incluye secciones internas curvadas con forma de arco que se curvan alrededor de la periferia del dispositivo formador de bucle de cable para asegurar que los cables ópticos (y así, las fibras contenidas en él), no se curven más allá de sus radios de curvatura mínimos.
- 20 Preferentemente, la periferia interna del área de almacenamiento de cable forma un mandril o cuello alrededor del dispositivo formador de bucle de cable, es decir, alrededor de las áreas de trabajo y almacenamiento de fibra. Esto proporciona un soporte continuo alrededor de cada bucle de un cable óptico que forma un bucle dentro del área de almacenamiento de cable, evitando así que el cable óptico se dañe, por ejemplo, por una curvatura localizada del mismo.
- 25 Preferentemente, los cables ópticos quedan retenidos y se soportan dentro de las áreas de almacenamiento de cable por una pared periférica interna que actúa como un mandril, evitando un daño localizado al cable óptico (es decir, comparado con la técnica anterior), que a su vez protege las fibras ópticas de su interior de un daño localizado similar.
- 30 El resultado es la maximización del uso del área de almacenamiento en el dispositivo formador de bucle de cable y una reducción del número de fallas en las fibras y cables ópticos debido a un soporte mejorado y una congestión reducida de los cables ópticos dentro del sistema de hardware óptico. Esto da lugar a un sistema mejorado de manejo de cable y fibra para enrutar, distribuir y organizar las fibras y cables ópticos dentro de una conexión óptica, por ejemplo.
- 35 Preferentemente, se disponen una o más vías de guía alrededor de la periferia del área de almacenamiento de cable. Preferentemente, la una o más vías de guía incluyen secciones de guía curvadas en forma de arco que se curvan hacia la periferia interna del área de almacenamiento de cable. Esto proporciona un soporte adicional para cualquier cable en bucle dentro del área de almacenamiento de cable. Además, la naturaleza curva de las vías de guía evita que los bucles de cable óptico salgan del área de almacenamiento de cable, mientras que al mismo tiempo proporciona un soporte para la mayor parte de la longitud de cada bucle de un cable óptico almacenado dentro del área de almacenamiento de cable. Como se lo destacó con anterioridad, esto evita un daño localizado a los cables ópticos durante su instalación, mantenimiento y almacenamiento.
- 40 Preferentemente, se dispone al menos un orificio de cable a través de la periferia del área de almacenamiento de cable. Esto proporciona una mejor instalación de los bucles de cable óptico almacenados dentro del área de almacenamiento de cable. Preferentemente, se dispone al menos un orificio de cable a través de la periferia externa del área de almacenamiento de cable. Como alternativa, se dispone al menos un orificio de cable entre dos o más vías de guía dispuestas alrededor de la periferia externa del área de almacenamiento de cable. Esto proporciona una instalación más fácil de los bucles de cables ópticos dentro del área de almacenamiento de cable. Además, solo necesita colocarse una porción de un cable óptico continuo en el orificio de cable, mientras que se forme un bucle con una porción del cable restante en el área de almacenamiento de cable.
- 45
- 50 Aunque los orificios de cable posibilitan el ingreso de un cable óptico, también puede contemplar el egreso del cable óptico después de formar un bucle con una porción del cable en el área de almacenamiento de cable. Esto permite que el cable óptico, así como también las fibras restantes contenidas en él, se distribuya o enrute en otro lugar dentro de un sistema de hardware óptico, por ejemplo, otro dispositivo formador de bucle de cable ubicado en otro lugar dentro del sistema o conexión óptica. Así, el dispositivo formador de bucle de cable según la presente invención proporciona un medio eficaz para asegurar que los recursos se redistribuyan y reutilicen en donde sea necesario.
- 55 Preferentemente, el área de almacenamiento de cable del dispositivo formador de bucle de cable según la presente invención comprende, además, un primer grupo de porciones de soporte dispuestas o espaciadas alrededor del área de almacenamiento de cable. Preferentemente, los carriles de guía incluyen, además, un segundo grupo de porciones de soporte dispuestas o espaciadas a lo largo de los carriles de guía o sobre ellos. Las porciones de

soporte soportan y retienen, además, las fibras y cables ópticos dentro del dispositivo formador de bucle de cable. Esto evita, una vez instalados, que las fibras y los cables ópticos salgan de sus respectivas áreas de almacenamiento o carriles de guía durante su instalación, uso y mantenimiento.

5 Preferentemente, las porciones de soporte incluyen, además, una o más lengüetas para sostener las fibras y cables ópticos dentro de sus respectivas áreas o carriles de guía. Esto proporciona la ventaja de una rápida instalación de las fibras y cables ópticos dentro de un sistema de hardware óptico dado que los cables ópticos y las fibras pueden ser guiados simplemente alrededor y por debajo de las lengüetas al interior de sus respectivas áreas de almacenamiento o carriles de guía, respectivamente. A medida que se endereza la fibra, las lengüetas evitan que las fibras salgan del dispositivo de enrutamiento.

10 Como alternativa, las porciones de soporte pueden ser cubiertas o tapas ajustadas al dispositivo formador de bucle de cable para cubrir las áreas de almacenamiento de cables y fibras o áreas de trabajo o para tapar uno o más carriles de guía. Como alternativa, el área de almacenamiento de cable y/o carriles de guía o el primer o segundo grupo de porciones de soporte están conformados por tubos partidos o sus porciones, que se aseguran apropiadamente sobre el dispositivo formador de bucle de cable. Los tubos partidos pueden fabricarse de un material elastomérico con una costura, que puede ser entrecruzada, que puede estar partida y abierta de manera de permitir la inserción de fibras o cables ópticos y cuando se libera, la costura se cierra (o se trava) sosteniendo así las fibras o cables ópticos en su interior. De forma similar, la porción de soporte puede incluir una costura, dispuesta sobre una o más de las áreas de almacenamiento de cable o carriles de guía, que puede abrirse o cerrarse a medida que las fibras y cables ópticos se insertan en los carriles de guía y/o las áreas de almacenamiento de cable, respectivamente.

15 Preferentemente, la pluralidad de carriles de guía incluyen secciones de carriles curvos en forma de arco que se curvan más que un primer radio de curvatura mínimo predeterminado. Esto proporciona protección a las fibras ópticas que son tendidas en los carriles de guía contra un daño mayor. Preferentemente, la periferia interna del área de almacenamiento de cable incluye, además, secciones internas curvas en forma de arco que se curvan más que un segundo radio de curvatura mínimo predeterminado. Esto proporciona protección a cables ópticos y a las fibras contenidas en ellos contra un daño mayor por curvarse en las esquinas del área de almacenamiento de cable o alrededor de ellas.

20 Preferentemente, una tapa cierra el área de almacenamiento de fibra y una o más áreas de trabajo. Esto proporciona una protección agregada a las fibras ópticas, evitando así que las fibras se salgan de los carriles de guía, y que se dañen las áreas de trabajo y almacenamiento de fibra durante su instalación, mantenimiento y almacenamiento prolongado. Preferentemente, la tapa cierra, además, el área de almacenamiento de cable. Esto proporciona una protección agregada para que los cables ópticos que forman bucles en el área de almacenamiento de cable no se deslicen/salgan del área de almacenamiento de cable.

25 Preferentemente, una tercera porción de los carriles de guía se conecta a la primer o segunda porción de los carriles de guía y están dispuestos a través de un lado del dispositivo formador de bucle de cable opuesto a las áreas de empalme o almacenamiento de fibra. Una ventaja que proporcionan estos carriles de guía es el enrutamiento de la fibra óptica desde otros dispositivos dentro del sistema de hardware óptico hacia las áreas de trabajo y almacenamiento de fibra del dispositivo formador de bucle de cable. Preferentemente, la tercera porción de los carriles de guía forma una rampa de guía que se extiende a través del lado opuesto del dispositivo formador de bucle de cable. Preferentemente, la rampa de guía incluye secciones de carril curvadas en forma de arco o porciones que tienen una curvatura mayor que el primer radio de curvatura predeterminado, proporcionando una transición fluida para que las fibras ópticas ingresen y/o egresen del dispositivo formador de bucle de cable.

30 En otro aspecto, la invención se refiere a un dispositivo de enrutamiento para su uso con el dispositivo formador de bucle de cable como se lo describió con anterioridad. El dispositivo de enrutamiento incluye una pluralidad de orificios de entrada, una pluralidad de carriles de guía de fibra, en el que los carriles de guía de fibra conectan uno o más de los orificios de entrada. Hay al menos un carril de guía de salida, en el que al menos dos de los carriles de guía de fibra se unen en al menos uno de los carriles de guía de salida, y un medio de montaje para montar el dispositivo formador de bucle de cable, en el que al menos uno de los carriles de guía de salida se corresponde con al menos un extremo de la tercera porción de carriles de guía y el al menos un extremo no está conectado a una primera porción de los carriles de guía.

Según la presente invención, se aseguran uno o más fibras y/o cables ópticos a uno o más orificios de entrada, en los que las fibras se enrutan a través de los carriles de guía de fibra en al menos un carril de guía de salida, desde el que se distribuyen las fibras ópticas en el dispositivo formador de bucle de cable a través de la tercera porción de carriles de guía del dispositivo formador de bucle de cable.

35 Preferentemente, la pluralidad de orificios de entrada se separa entre sí y una porción de los orificios de entrada se disponen en línea con al menos uno de los carriles de guía de fibra. Esto proporciona la ventaja de que las fibras ópticas se mantengan sustancialmente rectas mientras son enrutadas a lo largo de los carriles de guía de fibra, evitando así cualquier daño provocado por una curvatura que supere sus radios predeterminados.

Preferentemente, los carriles de guía de fibra incluyen, además, porciones de soporte o lengüetas separadas en al menos un borde superior de los carriles de guía de fibra. Estos elementos contribuyen a proporcionar un sistema y un procedimiento eficaces para asegurar la fibra óptica dentro de los carriles de guía de fibra. Las modificaciones y otros aspectos del primer y del segundo grupo de porciones de soporte, como se lo describió con anterioridad con relación a los carriles de guía del dispositivo formador de bucle de cable y la periferia interna del área de almacenamiento de cable, también se aplican a las porciones de soporte o lengüetas del dispositivo de enrutamiento.

En otro aspecto, la invención se refiere a una conexión óptica para su uso en sistemas ópticos, conexión óptica que incluye uno o más orificios de base (que se disponen a través de la base de la conexión óptica) y al menos un dispositivo formador de bucle de cable, como se describió con anterioridad, dentro de la conexión óptica.

Preferentemente, se dispone al menos un dispositivo formador de bucle de cable según la presente invención dentro de la conexión óptica de manera tal que uno o más cables ópticos forman bucles, se aseguran y se almacenan dentro de al menos un área de almacenamiento de cable. Esto proporciona un uso eficaz de espacio, lo que reduce el desgaste por el uso en los cables ópticos y en las fibras ópticas contenidas en ellos.

Preferentemente, la conexión óptica incluye al menos un dispositivo de enrutamiento como se describió con anterioridad. Esto proporciona un medio para enrutar aún más (en forma adicional) las fibras ópticas de otro lugar dentro del sistema de hardware óptico en el dispositivo formador de bucle de cable. Preferentemente, se dispone al menos uno de los dispositivos de enrutamiento y/o se lo monta en al menos uno de los dispositivos formadores de bucle de cable. Los orificios de entrada del dispositivo de enrutamiento se orientan para recibir uno o más fibras o cables ópticos dentro/o en el interior de la conexión óptica. Preferentemente, las fibras o cables ópticos adicionales se enrutan directamente en el dispositivo de enrutamiento, minimizando así la congestión del cable óptico o de las fibras dentro de la conexión óptica. Estas fibras o cables adicionales pueden ser fibras o cables de salida, cuyo extremo debe empalmarse a las fibras ópticas desde los cables en forma de bucle dentro del dispositivo formador de bucle de cable. Las fibras y los cables de salida salen de la conexión óptica a través de uno o más orificios de base.

Según la presente invención, puede lograrse un manejo de fibra y cable óptico mejorado en términos de uso eficaz de espacio de almacenamiento disponible y un soporte mejorado de los cables ópticos dentro de la conexión óptica gracias al área de almacenamiento de cable en la periferia del dispositivo formador de bucle de cable. De hecho, pueden diseñarse conexiones ópticas más pequeñas debido a esta disposición única de ahorro de espacio. Esto protege aún más las fibras y cables ópticos del daño causado por el entrelazado de cables o fibras o la curvatura de los cables y de las fibras más allá de su radio de curvatura mínimo cuando se los instala dentro de la conexión óptica.

Preferentemente, la conexión óptica es impermeabilizada proporcionando una cubierta o tapa de la conexión óptica, que puede tener forma de domo u otra forma para alojar los dispositivos formadores de bucle de cable y dispositivos de enrutamiento, una porción de fibras y cables ópticos y los componentes adicionales de la conexión óptica. Puede usarse una tapa como esta para sellar los dispositivos formadores de bucle de cable, dispositivos de enrutamiento, cables ópticos y fibras ópticas del medio ambiente, particularmente del agua. La tapa de la conexión óptica puede asegurarse en la conexión óptica con un mecanismo de fijación, por ejemplo, un paso de rosca, aldabas o sujetadores, en el que la conexión óptica y/o tapa se sellan con un sellador impermeable como ser un sellador a base de silicio.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a una red óptica que incluye uno o más cables y al menos una conexión óptica como se describió con anterioridad, en la que al menos uno de los cables ópticos entra en al menos uno de los orificios de base de la conexión óptica y entra al menos una de las áreas de almacenamiento de cable de al menos un dispositivo formador de bucle de cable como se describió con anterioridad.

Preferentemente, una longitud restante del cable óptico que entró en al menos una de las áreas de almacenamiento de cable sale del área de almacenamiento de cable. Preferentemente, la longitud restante del cable óptico sale por al menos uno de los orificios de base de la conexión óptica.

Preferentemente, se retira una sección del cable óptico dentro de al menos una de las áreas de almacenamiento de cable y se retira una porción de fibras ópticas y se las guía por la segunda porción de carriles de guía del al menos un dispositivo formador de bucle de cable según la presente invención. La sección eliminada del cable óptico (también conocida como ventana) permite separar una selección de fibras del cable óptico y enrutarla a las áreas de almacenamiento de fibras o áreas de trabajo del dispositivo formador de bucle de cable. Estas fibras pueden luego manipularse, es decir, empalmarse entre sí o con otras fibras que ingresan al dispositivo formador de bucle de cable desde el dispositivo de enrutamiento y la tercera porción de carriles de guía. Preferentemente, la sección eliminada de cable óptico puede ser una porción de la cubierta protectora del cable óptico. Preferentemente, la sección eliminada del cable óptico se encuentra ubicada adyacente a al menos una de la segunda porción de carriles de guía del dispositivo formador de bucle de cable con el fin de minimizar la longitud de fibra óptica que no está protegida por un carril de guía. Como alternativa, los elementos de tubo pueden instalarse sobre la fibra óptica separada para proteger aún más la fibra óptica dentro del área de almacenamiento de cable de cualquier daño posible.

Preferentemente, la porción restante de fibras ópticas se deja dentro de la longitud restante de cable óptico. Esto permite que el cable óptico y que la porción restante de fibras ópticas salgan del dispositivo formador de bucle de cable para su enrutamiento o distribución en otro lugar dentro de la red óptica, que de hecho da como resultado positivo una asignación eficiente de recursos de red.

5 En otro aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para usar un dispositivo formador de bucle de cable como se describió con anterioridad con al menos un cable óptico, en donde el al menos un cable óptico incluye una o más fibras ópticas. El procedimiento incluye los pasos de formación de bucle de un primer cable óptico alrededor de al menos un área de almacenamiento de cable, la selección de al menos una selección del primer cable óptico para su retirada, la retirada de dicha al menos una sección del primer cable óptico para dejar expuesta
10 una primera porción de fibras ópticas, la retirada de la primera porción de fibras ópticas del primer cable óptico y la colocación en la guía de la primera porción de fibras ópticas a través de al menos una de la segunda porción de carriles de guía dentro de una o más áreas de empalme o dentro de una o más áreas de almacenamiento de fibra.

Preferentemente, el procedimiento incluye los pasos de fijación de un segundo cable óptico en un dispositivo de enrutamiento como se describió con anterioridad. Preferentemente, se elimina al menos una fibra óptica del segundo cable óptico y se coloca en la guía al menos una de las fibras ópticas del segundo cable óptico a través de al menos uno de los carriles de guía de fibra en el orificio de salida del dispositivo de enrutamiento para una distribución
15 adicional. Esto proporciona una protección agregada para cualquiera de las fibras ópticas que se necesite enrutar dentro de la conexión óptica.

Preferentemente, se proporcionan pasos adicionales para montar el dispositivo de enrutamiento, como se describió en el presente documento, en el dispositivo formador de bucle de cable, como se describió en el presente documento. Preferentemente, se guía al menos una de las fibras ópticas del segundo cable óptico desde un orificio de salida del dispositivo de enrutamiento a la tercera porción de los carriles de guía en línea con el orificio de salida. Preferentemente, la al menos una de las fibras ópticas del segundo cable óptico se enruta al área de trabajo para su manipulación (por ejemplo, empalme o acoplamiento) con al menos una de la primera porción de fibras ópticas del
20 primer cable óptico. Como alternativa, las fibras ópticas del segundo cable óptico pueden almacenarse dentro de una o más de las áreas de almacenamiento de fibra.

Preferentemente, el paso de formación de bucle incluye el primer cable óptico con el que se forma un bucle alrededor de la periferia interna del área de almacenamiento de cable. Según la presente invención, la periferia interna del área de almacenamiento de cable actúa como un mandril que soporta adicionalmente los bucles del primer cable óptico sin necesidad de un medio de soporte, como abrazaderas, sujetadores o sujetacables, que se distribuyen localmente a intervalos predeterminados en el área de almacenamiento de cable. Así, la presente invención evita ventajosamente que puedan producirse daños localizados en las fibras o cable óptico, daños causados por la presencia de dicho medio de soporte. Preferentemente, el paso de formación de bucle comprende, además, guiar una longitud restante del primer cable óptico del dispositivo formador de bucle de cable para su almacenamiento o empalme en otro lugar. Esto permite la reasignación de recursos de fibra y cable óptico que no se han usado.
30

Preferentemente, el paso de selección incluye, además, seleccionar la posición de al menos una de las secciones en proximidad con al menos uno de los segundos carriles de guía. Esto asegura que las fibras ópticas que fueron separadas del primer cable óptico se guíen y almacenen directamente dentro del dispositivo formador de bucle de cable. Pueden usarse otros elementos de tubo para proteger las fibras entre la salida del cable óptico y el ingreso de la segunda porción de carriles de guía del dispositivo formador de bucle de cable.
40

Los dispositivos formadores de bucle de cable y los dispositivos de enrutamiento como se describió con anterioridad, pueden montarse entre sí o en una conexión óptica usando, por ejemplo, juntas a presión, juntas deslizantes, aldabas, una combinación de estas o cualquier otro medio de fijación que sea ventajoso para permitir una instalación rápida y segura de dispositivos formadores de bucle de cable o dispositivos de enrutamiento adicionales entre sí o en la conexión óptica, de ser necesario. Como alternativa, puede requerirse un mecanismo de montaje más seguro, por ejemplo, con tornillos o pernos, que pueda evitar una retirada accidental de los dispositivos formadores de bucle de cable o dispositivos de enrutamiento debido a posibles tensiones en los cables ópticos y sus fibras.
45

Preferentemente, la presente invención es adecuada para pequeñas cantidades de fibras. Más preferentemente, la presente invención es adecuada para cantidades de hasta 24 fibras.
50

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describirán características preferidas de la invención, simplemente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que acompañan, en los que:

La Figura 1a ilustra una vista en perspectiva de una realización de la invención para su uso en sistemas ópticos.

55 La Figura 1b ilustra una vista invertida en perspectiva de la realización de la invención como se ilustra en la Figura 1a.

La Figura 1c ilustra una elevación en planta de la realización de la invención ilustrada en la Figura 1a.

La Figura 1d ilustra una vista lateral izquierda en elevación de la realización de la invención como se ilustra en la Figura 1b.

5 La Figura 2a ilustra una vista en perspectiva de una realización de la invención como se ilustra en las Figuras 1a a 1b con un cable óptico instalado.

La Figura 2b ilustra una sección ampliada de la invención como se ilustra en la Figura 2a.

La Figura 3a ilustra una vista en perspectiva de una realización de un dispositivo de enrutamiento para su uso junto con las realizaciones de la invención ilustrada en las Figuras 1a a 1d y 2.

10 La Figura 3b ilustra una vista en perspectiva invertida de la realización del dispositivo de enrutamiento para su uso junto con las realizaciones de la invención ilustrada en las Figuras 1a a 1d y 2.

La Figura 4a ilustra una vista en perspectiva frontal de una realización de una conexión óptica que usa la realización de la invención como se ilustró en las Figuras 1a a 1d y 2 junto con la realización del dispositivo de enrutamiento como se ilustró en las Figuras 3a y 3b.

La Figura 4b ilustra una vista en perspectiva invertida de una realización de la conexión óptica de la Figura 4a.

15 La Figura 4c ilustra una vista en perspectiva de una realización de la base de la conexión óptica de las Figuras 4a y 4b.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

20 En las Figuras 1a y 1b se muestran dos vistas en perspectiva de un dispositivo formador de bucle de cable 100 para almacenar, enrutar y distribuir cables ópticos y fibras ópticas en un sistema óptico. Las Figuras 1c y 1d muestran elevaciones en planta y lateral izquierda del dispositivo formador de bucle de cable 100.

A continuación, con referencia a las Figuras 1a a 1d, se da una breve descripción general del dispositivo formador de bucle de cable 100 seguida de una descripción detallada de sus componentes y uso. El dispositivo formador de bucle de cable 100 incluye un área de almacenamiento de fibra 102, un mandril 104 ubicado en el centro dentro del área de almacenamiento de fibra 102 y un área de trabajo 106.

25 Según la realización mostrada en las figuras, el área de trabajo 106 incluye cuatro compartimentos de empalme. Sin embargo, las áreas de trabajo 106 podrían incluir otros tipos de compartimentos para manipular una fibra óptica tal como acople, empalme, terminación o similares. El área de almacenamiento de fibra 102 y el área de trabajo 106 están cerradas por la periferia 108 del dispositivo formador de bucle de cable 100. Las áreas de almacenamiento de cable 110 están dispuestas en la periferia 108 del dispositivo formador de bucle de cable 100. La periferia 108 del dispositivo formador de bucle de cable 100 forma vías de guía internas 112 del área de almacenamiento de cable 110. Según la presente invención, el área de almacenamiento de cable 110 está dispuesta alrededor de la periferia 108 del dispositivo formador de bucle de cable 100. Esto permite que la periferia 108 del dispositivo formador de bucle de cable 100 proporcione soporte a los bucles del o de los cables ópticos almacenados en el área de almacenamiento de cable 110.

35 La periferia externa 108 del dispositivo formador de bucle de cable 100 forma la periferia interna 112 del área de almacenamiento de cable 110. A continuación, se referirá a la periferia interna 112 del área de almacenamiento de cable 110 como las vías de guía internas 112. Ubicadas y espaciadas alrededor de la periferia externa 114 del área de almacenamiento de cable 110 se encuentra una o más vías de guía externas 116 a través de las cuales se ubica uno o más orificios de cable 118. En la realización mostrada en las figuras, se ilustran cuatro orificios de cable 118 (se referencia solo uno) que están dispuestos alrededor del dispositivo formador de bucle de cable 100.

45 El dispositivo formador de bucle de cable 100 de la presente invención comprende una pluralidad de carriles de guía 120a a 120d, en los que una primera porción de los carriles de guía 120a conecta el área de almacenamiento de fibra 102 con el área de trabajo 106. Una segunda porción de carriles de guía 120b conecta el área de almacenamiento de cable 110 con el área de almacenamiento de fibra 102 y/o el área de trabajo 106. Como se lo muestra claramente en las Figuras 1a, 1b y 1c, se dispone una longitud de la segunda porción de carriles de guía 120b a través del dispositivo formador de bucle de cable 100 a la parte posterior del dispositivo formador de bucle de cable 100. Esto permite que las fibras sean enrutadas desde la parte posterior del dispositivo formador de bucle de cable 100 a la parte frontal del dispositivo formador de bucle de cable 100.

50 Se dispone una tercera porción de carriles de guía 120c a través del dispositivo formador de bucle de cable 100 mediante una rampa de guía 122 (que se ve con mayor claridad en las Figuras 1b a 1d) que conecta la tercera porción de los carriles de guía 120c desde la primera porción de los carriles de guía 120a en un extremo de la tercera porción de los carriles de guía 120c y sale en la parte posterior del dispositivo formador de bucle de cable 100 (como lo muestra la Figura 1d) en el extremo opuesto de la tercera porción de los carriles de guía 120c. Una cuarta porción de carriles de guía 120d cruza por el mandril 104 del área de almacenamiento de fibra 102. La cuarta

porción de los carriles de guía 120d permite cambios de dirección de la fibra almacenada dentro del área de almacenamiento de fibra 102 o enrutada desde el área de almacenamiento de fibra 102 al área de trabajo 106.

5 Una pluralidad de porciones de soporte 124 y 126 está ubicada en los carriles de guía y dentro del área de almacenamiento de fibra 102, respectivamente. Ubicados sobre la vía de guía interna 112 y espaciados alrededor de ella hay otras porciones de soporte 124. Las vías de guía externas 116 también comprenden secciones de guía curvadas en forma de arco o porciones 116a que se curvan hacia las vías de guía internas 112 y/o el centro del dispositivo formador de bucle de cable 100.

10 A continuación, con referencia a las Figuras 2a y 2b, un cable óptico 200 ingresa al dispositivo formador de bucle de cable 100 a través de un orificio de cable 118 del área de almacenamiento de cable 110. La Figura 2b proporciona una ilustración más detallada de la vista 100a cuando las fibras ópticas 204 son separadas del cable óptico 200. Se forma un bucle con el cable óptico 100 sobre el dispositivo formador de bucle de cable 100 para el almacenamiento, separación, enrutamiento y distribución de una o más fibras ópticas 204 dentro del cable óptico 200 hasta dentro de las áreas de almacenamiento de fibra 102 y/o áreas de trabajo 106.

15 El cable óptico 200 se coloca a través del orificio de cable 118 y se forma un bucle con él alrededor de las vías de guía internas 112 del área de almacenamiento de cable 110. Las vías de guía internas 112 del área de almacenamiento de cable 110 actúan como un mandril para formar un bucle/rollo y almacenar el cable óptico. Las Figuras 2a y 2b muestran el cable óptico en bucle 200a formando varios bucles dentro del área de almacenamiento de cable 110. Las vías de guía internas 112 incluyen secciones internas curvadas que se curvan para asegurar que el cable óptico 200 no se doble más allá de un radio de curvatura mínimo predeterminado. Dicho radio puede diferir en varios cables ópticos y habrá numerosas realizaciones posibles del dispositivo formador de bucle de cable 100 para atender la amplia gama de cables ópticos y fibras disponibles y su amplio intervalo de radios de curvatura mínimos.

20 Las vías de guía internas 112 comprenden porciones de soporte 128 que proporcionan soporte al cable óptico 200 sosteniéndolo dentro del área de almacenamiento de cable 110. De forma similar, las vías de guía externas 116 también proporcionan soporte para retener el cable óptico en bucle 200a dentro del área de almacenamiento de cable 110. Esto evita que el cable óptico 200 se desenrolle o salga del área de almacenamiento de cable 110 del dispositivo formador de bucle de cable 100.

25 Una vez formado un bucle con el cable óptico 200 alrededor de la periferia 108 del dispositivo formador de bucle de cable 100, es decir, alrededor de la vía de guía interna 112 del área de almacenamiento de cable 110, se separan una o más fibras ópticas 204 (dos fibras ópticas 204 de la Figura 2b) del cable óptico 200. Las fibras ópticas 206 restantes permanecen protegidas dentro del cable óptico 200 hasta que se las requiera. Las fibras ópticas 204 separadas son guiadas desde el área de almacenamiento de cable 110 a través de la segunda porción de carriles de guía 120b y son enrutadas al área de almacenamiento de fibra 102 para su almacenamiento o al área de trabajo 106 (que no se muestra en la Figura 2).

30 Como lo muestra la Figura 2b, se retira una sección de la cubierta protectora externa 202 del cable óptico 200 para dejar expuesta una porción de las fibras ópticas de adentro (esta porción puede referirse como una ventana). La sección retirada de la cubierta protectora 202 del cable óptico 200 está ubicada, preferentemente, adyacente, es decir, próxima a la segunda porción de los carriles de guía 120b del dispositivo formador de bucle de cable 100 para asegurar que las fibras ópticas separadas sean enrutadas al interior del dispositivo formador de bucle de cable 100 lo más directamente posible.

35 Si las fibras 204 son enrutadas al área de almacenamiento de fibra 102, entonces se forman bucles típicamente con ellas bajo porciones de soporte 126 y alrededor del mandril 104 hasta que se las necesite. Cuando se requiere manipular las fibras 204, por ejemplo para empalmarlas, estas son guiadas desde el área de almacenamiento de fibra 102 hasta el área de trabajo 106 a través de la primera porción de los carriles de guía 120a. Si se formaron bucles con las dos fibras a manipularse en la misma dirección dentro del área de almacenamiento de fibra 102, es decir, alrededor del mandril 104 en la misma dirección, entonces, puede usarse la cuarta porción de los carriles de guía 120d (vistos con mayor claridad en las Figuras 1a y 1c) dentro del mandril 104 (y la primera porción de los carriles de guía 120a) para invertir la dirección de una de las fibras ópticas 204 de manera tal que sean enrutadas a través de la primera porción de los carriles de guía 120a e ingresen al área de trabajo 106 de extremos opuestos del área de trabajo 106 para que puedan ser manipuladas.

40 Con referencia a las Figuras 1a a 1d anteriores, se usa la tercera porción de los carriles de guía 120c para enrutar fibra óptica desde el lado opuesto del dispositivo formador de bucle de cable 100 a través de una rampa de guía 122 al interior del área de almacenamiento de fibra 102 y/o área de trabajo 106. Tomando la Figura 1c como punto de referencia, puede enrutarse fibra óptica subiéndola por la rampa de guía 122 sobre la primer y/o segunda porción de los carriles de guía 120a y 120b, respectivamente.

45 Los carriles de guía 120a a 120d y la rampa de guía 122 incluyen secciones de carril de guía curvadas en forma de arco que son curvadas cuando es necesario asegurar que las fibras 204 no se doblen más allá de sus radios de curvatura mínimos. En detalle, la rampa de guía 122 tiene una base que incluye una sección de carril de guía

curvado den forma de arco que se curva desde la parte posterior del dispositivo formador de bucle de cable 100 (como lo muestra la Figura 1b) hasta la parte frontal del dispositivo formador de bucle de cable 100. Esto evita que la fibra óptica que es guiada sobre la rampa de guía 122 y luego, sobre otros carriles de guía 120a a 120d, se doblen más allá de un radio de curvatura mínimo predeterminado.

5 Con referencia a la Figura 2a, el cable óptico 200 puede ser una longitud continua de cable óptico 200 que se permite salir del dispositivo formador de bucle de cable 100 a través de un orificio de cable 118 diferente. Esto permite un enrutamiento y/o distribución adicional del cable óptico 200 a los dispositivos formadores de bucle de cable 100, puntos ópticos o hardware óptico dentro de una red óptica. Además, esto asegura que las fibras ópticas 206 restantes dentro de la longitud continua de cable óptico 200 sean reasignadas con eficacia.

10 Con referencia a las Figuras 1a a 1d y 2a y 2b, se muestra una pluralidad de carriles de guía 120a a 120d en los que una primera porción de los carriles de guía 120a guía, soporta y retiene la fibra óptica 204 para enrutar desde y hacia el área de almacenamiento de fibra 102 y el área de trabajo 106. Estos carriles de guía 120a a 120d permiten que el área de almacenamiento de fibra 102, el área de trabajo 106 y el área de almacenamiento de cable 110 se conecten entre sí. Una segunda porción de los carriles de guía 120b guía, soporta y retiene la fibra óptica 204 para enrutar desde y hacia el área de almacenamiento de cable 110, el área de almacenamiento de fibra 102 y/o el área de trabajo 106.

La segunda porción de carriles de guía 120b también puede guiar la fibra óptica 204 desde el lado inverso del dispositivo formador de bucle de cable 100 como lo muestra la Figura 1b en el área de almacenamiento de fibra 102 y/o área de trabajo 106 del lado frontal del dispositivo formador de bucle de cable 100 como lo muestran las Figuras 1a y 1c. Esto se logra con una porción de la segunda porción de los carriles de guía 120b dispuestos a través de la base del dispositivo formador de bucle de cable 100 hacia el lado inverso del dispositivo formador de bucle de cable 100, como lo muestran las Figuras 1a y 1c y la Figura 1b, respectivamente.

A continuación, con referencia a las Figuras 3a y 3b, se muestran vistas en perspectivas frontal e inversa de un dispositivo de enrutamiento 300. El dispositivo de enrutamiento proporciona un medio para enrutar y distribuir cables ópticos y fibras en un sistema óptico, como ser una conexión óptica. En el presente caso, el dispositivo de enrutamiento 300 se usa para enrutar y distribuir fibras ópticas en un dispositivo formador de bucle de cable 100.

A continuación, se da una breve descripción general del dispositivo de enrutamiento. El dispositivo de enrutamiento 300 proporciona un medio para controlar eficazmente el enrutamiento, la distribución y la protección de las fibras ópticas, por ejemplo, dentro de una conexión óptica 400. El dispositivo de enrutamiento 300 incluye una base enrutadora 302 sobre la que se monta uno o más orificios de entrada 304 (solo uno está etiquetado) que se disponen en línea con uno o más carriles de guía de fibra 306. Según la realización mostrada en la Figura 3a, se muestran cinco carriles de guía 306. Los carriles de guía de fibra 306 incluyen vías de guía de fibra 306a, cuatro de las cuales pueden observarse en la Figura 3a, para guiar la fibra óptica a través de los carriles de guía de fibra 306 y retener la fibra óptica dentro de ellos. Los carriles de guía de fibra 306 se unen para formar un carril de guía de salida 308 con uno o más orificios de salida 310. El carril de guía de salida 308 incluye vías de guía de salida 308a para guiar la fibra óptica a través del carril de guía de salida 308 y retener la fibra óptica dentro de él. Los carriles de guía de fibra y salida 306 y 308 incluyen secciones (curvadas) en forma de arco que enrutan las fibras ópticas hacia el orificio de salida 310.

Adyacente a los orificios de salida 310 hay un rebaje 312 coincidente que recibe una porción de la tercera porción de carriles de guía 120c (que no se muestran) y una rampa 122 (que no se muestra) del dispositivo formador de bucle de cable 100. Montados en el lado inverso de la base enrutadora 302 hay uno o más puntos de montaje 314, 316, 316a que están dispuestos para ser usados para montar el dispositivo de enrutamiento 300 sobre el dispositivo formador de bucle de cable 100. Los puntos de montaje 314 y 316 se corresponden con los puntos de montaje correspondientes (que no se muestran) del dispositivo formador de bucle de cable 100. Como se observarán en las Figuras 4a a 4c, el punto de montaje 316a puede usarse para montar el dispositivo de enrutamiento 300 sobre la base 404 de la conexión óptica 400.

Como se describirá en detalle más adelante, los cables ópticos y/o las fibras ópticas son recibidas y aseguradas dentro de los orificios de entrada 304. Si los cables ópticos son asegurados dentro de los orificios de salida 304, entonces, las fibras ópticas dentro de los cables ópticos son separadas del cable óptico. Por otro lado, si las fibras ópticas son aseguradas dentro de los orificios de entrada 304, estas pueden enviarse simplemente a través de los orificios de entrada 304 y ser tendidas en los carriles de guía de fibra 306. La fibra óptica es enrutada desde un orificio de entrada 304 que está en línea con un carril de guía de fibra 306, lo que asegura que las fibras ópticas se mantengan sustancialmente rectas entre el orificio de entrada y el comienzo del carril de guía de fibra 306, evitando así que la fibra óptica se doble innecesariamente más allá de su radio de curvatura mínimo.

55 La fibra óptica es enrutada (a través de los carriles de guía de fibra 306) hacia el carril de guía de fibra 308 de salida, que guía la fibra óptica a través del orificio de salida 310. Los carriles de guía de fibra y de salida 306 y 308 incluyen secciones (curvadas) en forma de arco que están diseñadas de manera tal que las fibras ópticas no se doblen más allá de sus radios de curvatura mínimos. Por ejemplo, en la práctica industrial actual, se prefiere que las fibras ópticas tengan un radio de curvatura mínimo de aproximadamente 30 mm.

Al enrutar una fibra óptica a través de los carriles de guía de fibra 306, cada fibra óptica es tendida sobre los carriles de guía correspondientes 306 y a través del orificio de salida 310. Al realizar el tendido descendente de las fibras ópticas, se mueven las fibras alrededor y por debajo de los puntos de montaje 314 correspondientes en los carriles de guía de fibra 306 y los carriles de guía de salida 308. Según la realización mostrada en las Figuras, los puntos de montaje 314 se ubican en las vías de guía de fibra 306a de cada carril de guía de fibra 306 y en las vías de guía de salida 308a del carril de guía de salida 308. Los puntos de montaje 314 retienen las fibras ópticas dentro de los carriles de guía de fibra y de salida 306 y 308, respectivamente, y (una vez completa la instalación), aseguran que las fibras ópticas no se salgan de los carriles de guía.

Si el dispositivo de montaje 300 es montado sobre el dispositivo formador de bucle de cable 100, entonces la rampa de guía 122 del dispositivo formador de bucle de cable 100 (como se lo observa en las Figuras 1b a 1d) se corresponde con el rebaje 312 coincidente para recibir las fibras ópticas para un enrutamiento adicional (a través de la tercera porción de los carriles de guía 120c y la primera, segunda y cuarta porciones de los carriles de guía 120a, 120b y 120d, respectivamente) y una distribución a la salida del interior del área de almacenamiento de fibra 102 o del área de trabajo 106.

Con referencia a las Figuras 4a, 4b y 4c, se muestra una conexión óptica 400 sin su tapa (o cubierta) con un dispositivo formador de bucle de cable 100 y un dispositivo de enrutamiento 300 montados juntos. La conexión óptica 400 incluye una o más entradas 402 (que en adelante se denominan orificios de base 402) que se conectan a través de una base 404. La base 404 incluye un cuello de base 406 sobre el cual se fija una tapa o cubierta y se conecta a un montaje de dispositivo 408 (visto con mayor claridad en la Figura 4c) para montar varios dispositivos como uno o más dispositivos formadores de bucle de cable 100 y/o uno o más dispositivos de enrutamiento 300. Como puede observarse, se usa el punto de montaje 316a del dispositivo de enrutamiento 300 para montar el dispositivo de enrutamiento 300 sobre el montaje de dispositivo 408.

Un ejemplo del uso del montaje del dispositivo formador de bucle de cable 100 al dispositivo de enrutamiento 300 consiste en que el dispositivo formador de bucle de cable 100 puede recibir un cable óptico 200 en el que se requiere empalmar y conectar una porción de las fibras ópticas contenidas en él a las fibras de salida que están conectadas en otros lugares de una red óptica, por ejemplo, distribuyendo cada fibra óptica de un cable óptico a granel en la última milla a cada hogar. El dispositivo de enrutamiento 300 recibe los cables ópticos de salida 410, cuyas fibras se empalman a las fibras separadas del cable óptico 200 dentro del área de almacenamiento de cable 110 del dispositivo formador de bucle de cable 100.

Según la realización mostrada en las Figuras, se muestra un cable óptico 200 entrando y saliendo (como lo muestran las flechas de dirección) de la conexión óptica 400 a través de uno o más orificios de base 402. El dispositivo formador de bucle de cable 100 almacena el cable óptico 200 dentro del área de almacenamiento de cable 110 en la periferia del dispositivo formador de bucle de cable 100 y enruta fibras ópticas dentro de los bucles del cable óptico 200 a las áreas de almacenamiento de fibra y de trabajo 102 y 106 para almacenarlas y/o manipularlas, respectivamente.

Los cables ópticos 410 adicionales (también conocidos como cables ópticos de salida 410) se aseguran a uno o más orificios de base 402 usando adaptadores para cables 412. Se usa un tubo termocontraíble 414 para proporcionar un sello hermético y sin polvo entre el cable óptico de salida 410 y el adaptador de cable 412. El cable óptico de salida 410 y/o las fibras ópticas contenidas en él son asegurados a uno o más orificios de entrada 304 del dispositivo de enrutamiento 300. En este caso, se usa un adaptador 418 para conectar y asegurar el cable óptico de salida 410 al puerto de entrada 304. El dispositivo de enrutamiento 300 enruta las fibras ópticas del cable óptico de salida 410 a través de su orificio de salida 310. Según la realización mostrada en la Figura 4b, las fibras ópticas se distribuyen sobre la rampa 122 y a través de una tercera porción de los carriles de guía 120c sobre el dispositivo formador de bucle de cable 100, es decir, para almacenarlas o manipularlas en las áreas de almacenamiento de fibra o de trabajo 102 o 106, respectivamente.

Una vez insertados los cables ópticos 200 en la conexión óptica 400 y formados los bucles dentro del área de almacenamiento de cable 110, se retira una sección de la cubierta protectora externa 202, como se observa en la Figura 2b, del cable óptico 200 para dejar expuesta una porción de las fibras ópticas de su interior. La sección retirada de la cubierta protectora externa del cable óptico 200 está ubicada, preferentemente, adyacente, es decir, próxima a una segunda porción de los carriles de guía 120b del dispositivo formador de bucle de cable 100 para asegurar que las fibras ópticas separadas sean enrutadas al interior del dispositivo formador de bucle de cable 100 lo más directamente posible.

Los dispositivos formadores de bucle de cable 100 y/o los dispositivos de enrutamiento 300 se montan al montaje de dispositivo 408 mediante una junta a presión/deslizante o, de requerirse, pueden fijarse con mayor seguridad mediante tornillos que permitan sostener tensiones mayores en los cables ópticos 200 y 410 y en los dispositivos de cable y enrutamiento 100 y 300, respectivamente. Además, para evitar transmitir posibles tensiones en los cables ópticos 200 y 410 a los dispositivos formadores de bucle de cable y de enrutamiento 100 y 300, puede usarse un adaptador 412 o conectores de tensión (que no se muestran) o mecanismos de fijación (que no se muestran) para asegurar los cables ópticos 200 o 410 a la base 404 y a los orificios de base 402. En la realización mostrada en las Figuras, se usa un adaptador 412 para conectar el cable óptico 410 a uno de los orificios de base 402.

- La conexión óptica 400 es impermeabilizada proporcionando una tapa o cubierta de la conexión óptica (que no se muestra), que puede tener forma de domo u otra forma para alojar los dispositivos formadores de bucle de cable 100 y dispositivos de enrutamiento 300, una porción de fibras ópticas y cables ópticos 200 y 410 y cualquier otro componente adicional de la conexión óptica 400. La tapa se corresponde con la base 404 y con el cuello 406 de la base de la conexión óptica 400. La tapa encierra los componentes de la conexión óptica 400 y los protege del medio ambiente externo, particularmente del agua. La tapa de la conexión óptica puede asegurarse a la conexión óptica 400 a través de un mecanismo de fijación, por ejemplo, un paso de rosca, aldabas o sujetadores y/o selladores. La conexión óptica 400 y/o la tapa pueden sellarse en forma adicional con un sellador a prueba de agua como ser un sellador a base de silicio.
- 5
- 10 Puede advertirse que los cables ópticos 200 y 410 (y las fibras ópticas contenidas en ellos) son controlados desde el punto de entrada, es decir, desde los orificios de base 402 y la base 404 de la conexión óptica 400 hasta el dispositivo formador de bucle de cable 100 y/o el dispositivo de enrutamiento 300. El dispositivo formador de bucle de cable 100 está dispuesto dentro de la conexión óptica 400 de manera que se forman bucles con uno o más cables ópticos 200, sostenidos y soportados dentro del área de almacenamiento de cable 110 hasta que se los requiera. Además, el cable óptico 200 puede entrar y salir de la conexión óptica 400 de una forma controlada y las fibras ópticas restantes dentro del cable óptico 200 pueden usarse en otro lugar dentro de la red óptica. El dispositivo de enrutamiento 300 está dispuesto dentro de la conexión óptica 400 de manera que uno o más cables ópticos 410 se mantienen sustancialmente rectos entre al menos uno de los orificios de entrada 304 de al menos uno de los dispositivos de enrutamiento 300 dispuestos y de los orificios de base 402.
- 15
- 20 Los cables ópticos 410 vienen de la base 404 y son dirigidos sustancialmente rectos al interior de los orificios de entrada 304 del dispositivo de enrutamiento 300. Solo necesita usarse una longitud corta de tubo de transporte (que no se muestra) si se mantiene una fibra óptica sustancialmente recta entre los orificios de base 402 y los orificios de entrada 304. Esto asegura que las fibras ópticas se mantengan sustancialmente rectas y no se doblen más allá de su radio de curvatura mínimo.
- 25
- 30 El dispositivo formador de bucle de cable 100 proporciona un manejo de cables mejorado de los cables ópticos a través del uso eficiente de espacio disponible (área de almacenamiento de cable 110) en la periferia del dispositivo formador de bucle de cable 100 para almacenar bucles de cables ópticos 200. Esto protege aún más las fibras ópticas dentro del cable óptico 200 del daño causado por fibras y cables ópticos entrelazados o por la curvatura de cables ópticos más allá de su radio de curvatura mínimo mientras se los enruta directamente al área de almacenamiento de cable 110 del dispositivo formador de bucle de cable 100 cuando se los instala dentro de la conexión óptica 400.
- El dispositivo de enrutamiento 100 contempla un manejo de cables mejorado dado que los cables ópticos 410, los tubos de transporte (que no se muestran) y las fibras ópticas (que no se muestran) son controlados y dirigidos a través de la conexión óptica 400. El resultado es una minimización de la congestión de fibras/cables ópticos dentro de la conexión óptica 400 y una menor probabilidad de dañar las fibras ópticas durante la instalación y el mantenimiento.
- 35
- En otras variantes del dispositivo de enrutamiento o del dispositivo formador de bucle de cable, uno o más orificios de entrada u orificios de cable pueden tener una forma circular o alargada en la que sus diámetros (o anchos) son de un tamaño que pueda apretar una porción de la camisa externa de un cable óptico o de un tubo de transporte. El agarre del cable óptico/tubo de transporte puede lograrse mediante púas dirigidas hacia adentro de los carriles de guía de fibra. Como alternativa, pueden usarse pestañas o puntas y similares para apretar los cables ópticos/tubos de transporte.
- 40
- En dichas realizaciones, pueden enrutarse fibras ópticas dentro del dispositivo de enrutamiento dividiendo inicialmente las fibras ópticas de cada cable óptico. La longitud de la fibra óptica que se divide del cable óptico queda determinada por la longitud requerida para enrutar y distribuir la fibra óptica desde el dispositivo de enrutamiento hasta cualquier lugar dentro de la conexión óptica, es decir, hasta el dispositivo formador de bucle de cable. Se inserta o enchufa una porción del cable óptico en uno de los orificios de entrada. Los orificios de entrada pueden tener un tamaño y una forma que aprieten el cable óptico (esto puede implicar que se comprima el cable óptico).
- 45
- 50 La invención no se limita a las conexiones ópticas. De hecho, la invención puede aplicarse a otros sistemas de hardware de fibra óptica, como ser racks o gabinetes. Estas pueden ser cajas para paneles de interconexión y/o empalme. Los paneles de empalme conectan fibras individuales de cables y los paneles de interconexión proporcionan una ubicación centralizada para interconectar fibras, testear, monitorear y almacenar cables. Se requiere del almacenamiento y manejo de cables incluso en estas cajas para maximizar el uso del espacio de almacenamiento disponible y minimizar la congestión de los cables ópticos y fibras almacenadas, enrutadas y empalmadas en ellos y la posibilidad de dañarlos.
- 55

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo formador de bucle de cable (100) para su uso en sistemas ópticos, en el que dicho dispositivo formador de bucle de cable tiene un lado frontal y un lado inverso y comprende:
- 5 al menos un área de trabajo (106) y
al menos un área de almacenamiento de fibra (102) dispuesta en el lado frontal;
al menos un área de almacenamiento de cable (110) dispuesta en o alrededor de la periferia (108) del dispositivo formador de bucle de cable (100); **caracterizado por** un carril de guía (120b, 120c) para enrutar al menos una fibra óptica (204) entre el lado frontal del dispositivo formador de bucle de cable (100) y el lado inverso del dispositivo formador de bucle de cable (100).
- 10 2. El dispositivo formador de bucle de cable de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el área de almacenamiento de cable (110) comprende una periferia interna (112) que encierra las áreas de trabajo y almacenamiento de fibra (106, 102).
3. El dispositivo formador de bucle de cable de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la periferia interna (112) del área de almacenamiento de cable (110) forma una vía de guía interna.
- 15 4. El dispositivo formador de bucle de cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos un orificio para cable (118) está dispuesto a través de la periferia (114) del área de almacenamiento de cable (110).
5. El dispositivo formador de bucle de cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, una tapa para encerrar el área de almacenamiento de fibra (102) y el área de trabajo (106), en el que la tapa encierra, además, el área de almacenamiento de cable (110).
- 20 6. El dispositivo formador de bucle de cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, una pluralidad de carriles de guía (120a-120d), en el que una primera porción de los carriles de guía (120a) conecta la al menos una de las áreas de almacenamiento de fibra (102) con dicha al menos una de las áreas de trabajo (106), y, opcionalmente, una segunda porción de los carriles de guía (120b) que conecta el área de almacenamiento de cable (110) con al menos una de la primera porción de carriles de guía (120a).
- 25 7. El dispositivo formador de bucle de cable de acuerdo con la reivindicación 6, en el que una tercera porción de carriles de guía (120c) se conecta con la primer o segunda porción de carriles de guía (120a, 120b) y está dispuesta a través de un lado opuesto del dispositivo formador de bucle de cable (100) como el del área de trabajo (106) o área de almacenamiento de fibra (102).
- 30 8. El dispositivo formador de bucle de cable de acuerdo con la reivindicación 7, en el que un dispositivo de enrutamiento (300) para su uso con el dispositivo formador de bucle de cable (100) comprende:
- una pluralidad de orificios de entrada (304);
una pluralidad de carriles de guía de fibra (306), en la que los carriles de guía de fibra (306) se conectan con al menos un orificio de entrada (304);
35 al menos un carril de guía de salida (308), en el que al menos dos de los carriles de guía de fibra (306) se unen en al menos uno de los carriles de guía de salida (308); y
medios de montaje (316, 316a) para montar el dispositivo de enrutamiento (300) en el dispositivo formador de bucle de cable (100) de manera que al menos uno de los carriles de guía de salida (308) se corresponda con al menos la tercera porción de carriles de guía (120c).
- 40 9. Una conexión óptica para su uso en sistemas ópticos que comprende uno o más orificios de base (402) que se disponen a través de la base (404) de la conexión óptica (400), y al menos un dispositivo formador de bucle de cable (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 montado dentro de la conexión óptica (400).
10. Una red óptica que comprende:
- 45 uno o más cables ópticos (200); y
al menos una conexión óptica (400) de acuerdo con la reivindicación 9, en la que al menos uno de los cables ópticos (200) entra en al menos uno de los orificios de base (402) de la conexión óptica (400) y entra en al menos una de las áreas de almacenamiento de cable (110) de al menos uno de los dispositivos formadores de bucle de cable (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
- 50 11. La red óptica de acuerdo con la reivindicación 10, en la que una longitud restante del cable óptico (200) que entró en dicha al menos un área de almacenamiento de cable (110) sale del área de almacenamiento de cable (110).
12. La red óptica de acuerdo con la reivindicación 11, en la que la longitud restante del cable óptico (200) sale a través de dicho al menos un orificio de base (402) de la conexión óptica (400).

13. Un procedimiento de uso de un dispositivo formador de bucle de cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, con al menos un cable óptico (200, 410), en el que el al menos un cable óptico (200) comprende al menos una fibra óptica (204, 206), que comprende los pasos de:

- 5 formar un bucle con un primer cable óptico (200) alrededor de la al menos un área de almacenamiento de cable (110);
seleccionar al menos una sección del primer cable óptico (202) para su retirada;
retirar dicha al menos una sección del primer cable óptico (202) para dejar expuesta al menos una fibra óptica (204, 206);
10 separar dicha al menos una fibra óptica (204) del primer cable óptico (200); y
guiar al menos una fibra óptica (204) a través del interior del área de trabajo (106) o del área de almacenamiento de fibra (102) del dispositivo formador de bucle de cable (100).

14. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende, además, los pasos de:

- 15 montar el dispositivo de enrutamiento (300) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 al dispositivo formador de bucle de cable (100);
asegurar un segundo cable óptico (410) al dispositivo de enrutamiento (300);
retirar al menos una fibra óptica del segundo cable óptico (410); y
guiar al menos una de las fibras ópticas del segundo cable óptico (410) a través de al menos uno de los carriles de guía de fibra (306) al orificio de salida (310) del dispositivo de enrutamiento (300) para una distribución adicional.

- 20 15. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 o 14, en el que el paso de formación de bucle comprende, además, guiar una longitud restante del primer cable óptico (200) del dispositivo formador de bucle de cable (100).

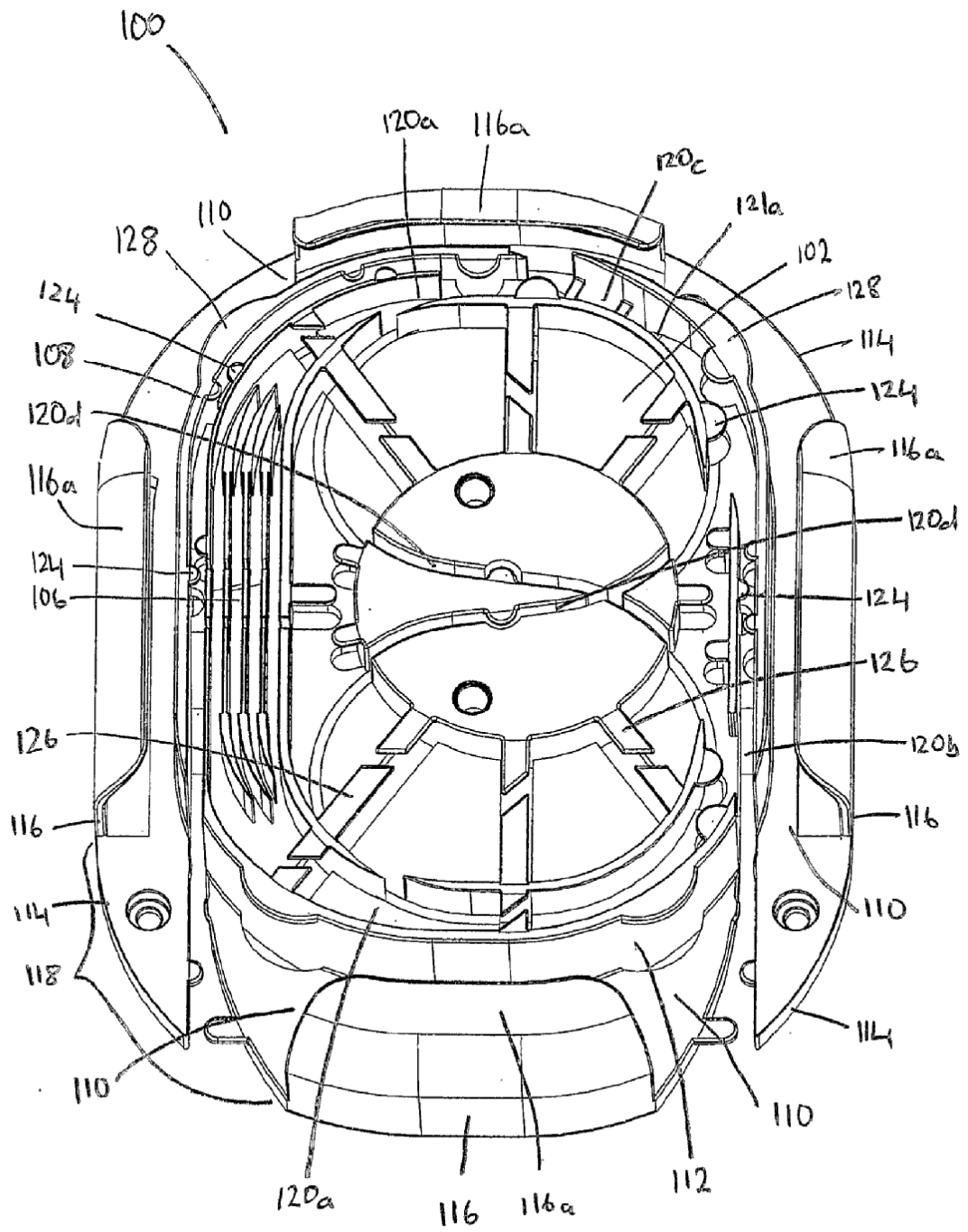


Fig. 1a

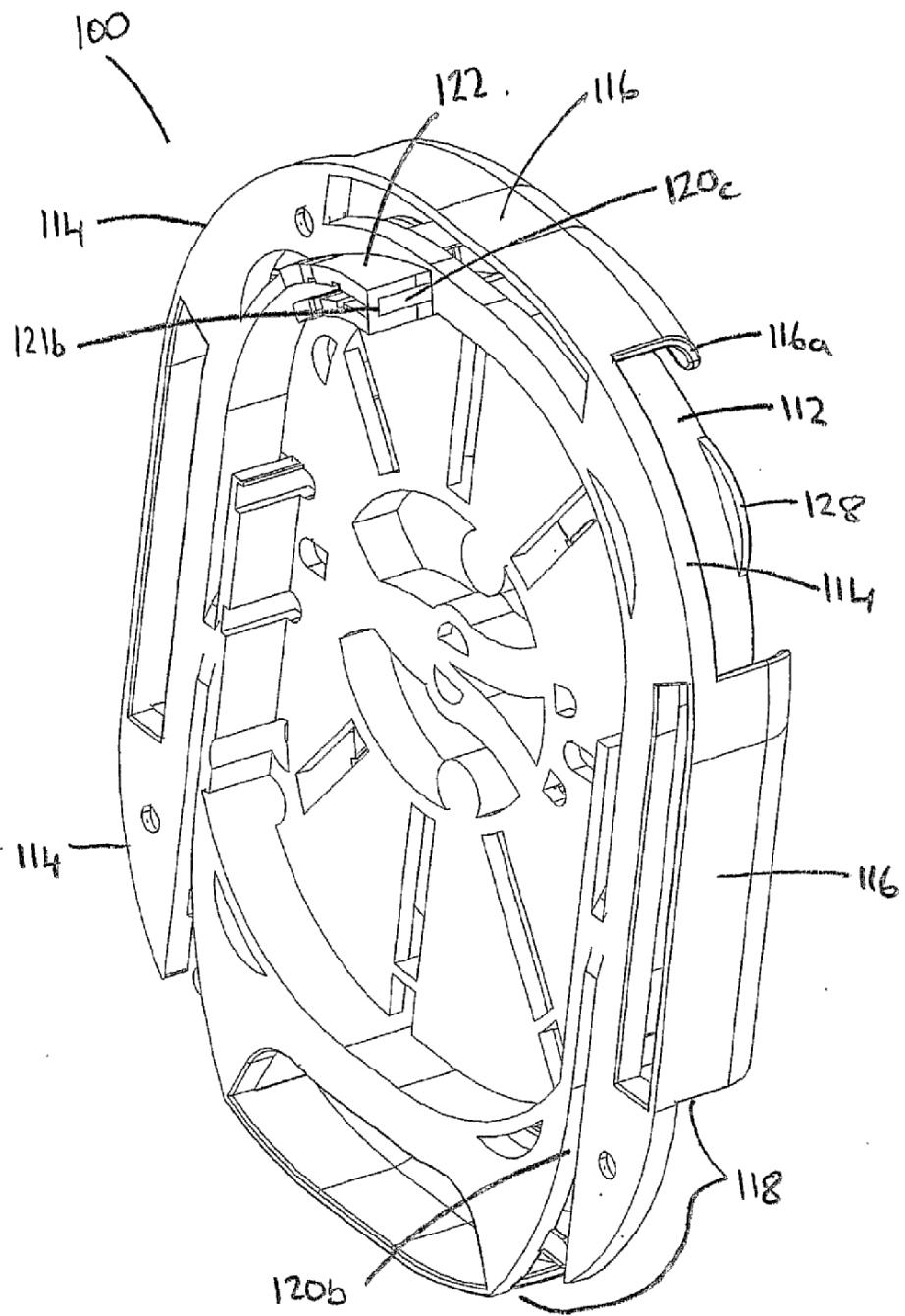


Fig. 1b

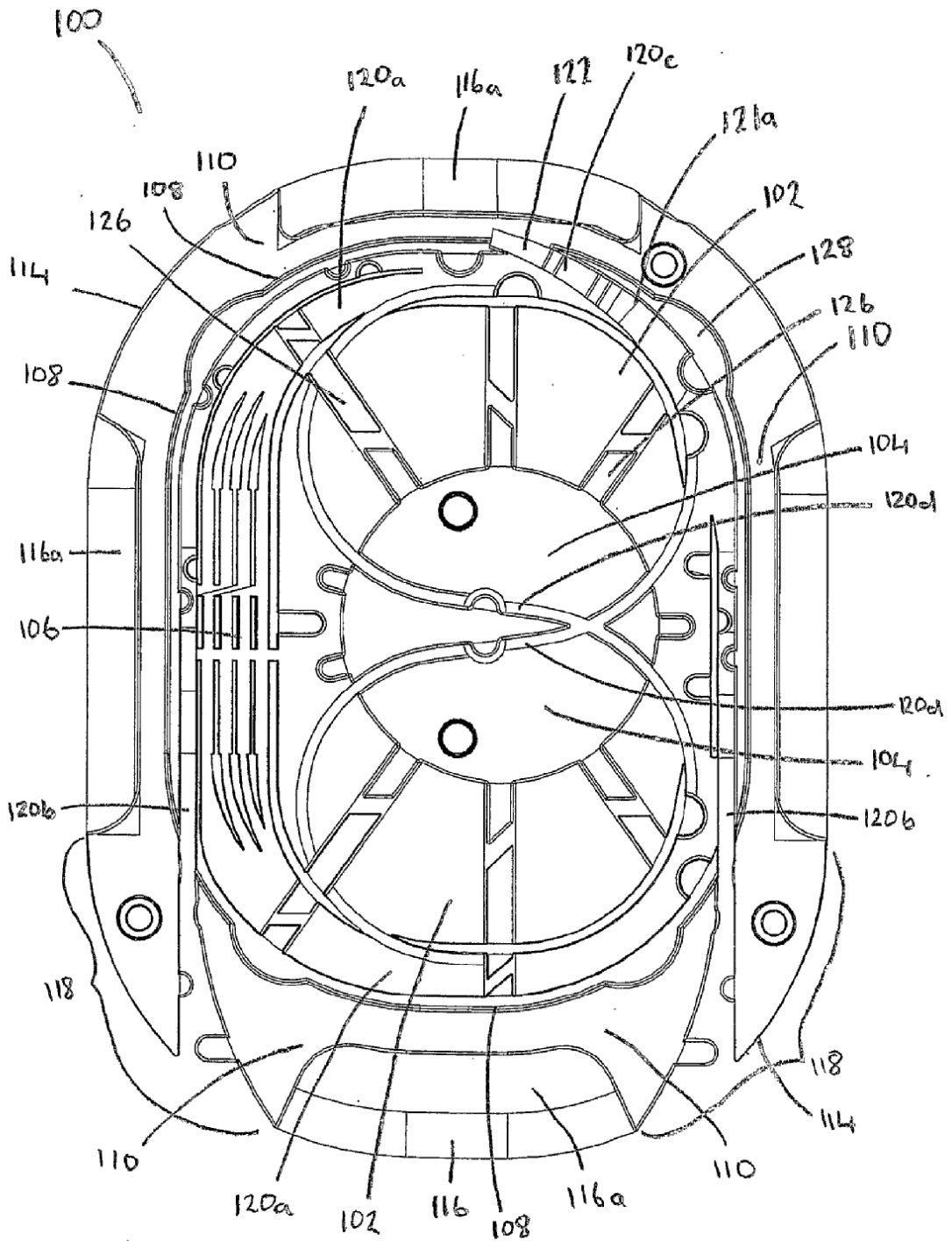


Fig. 1c

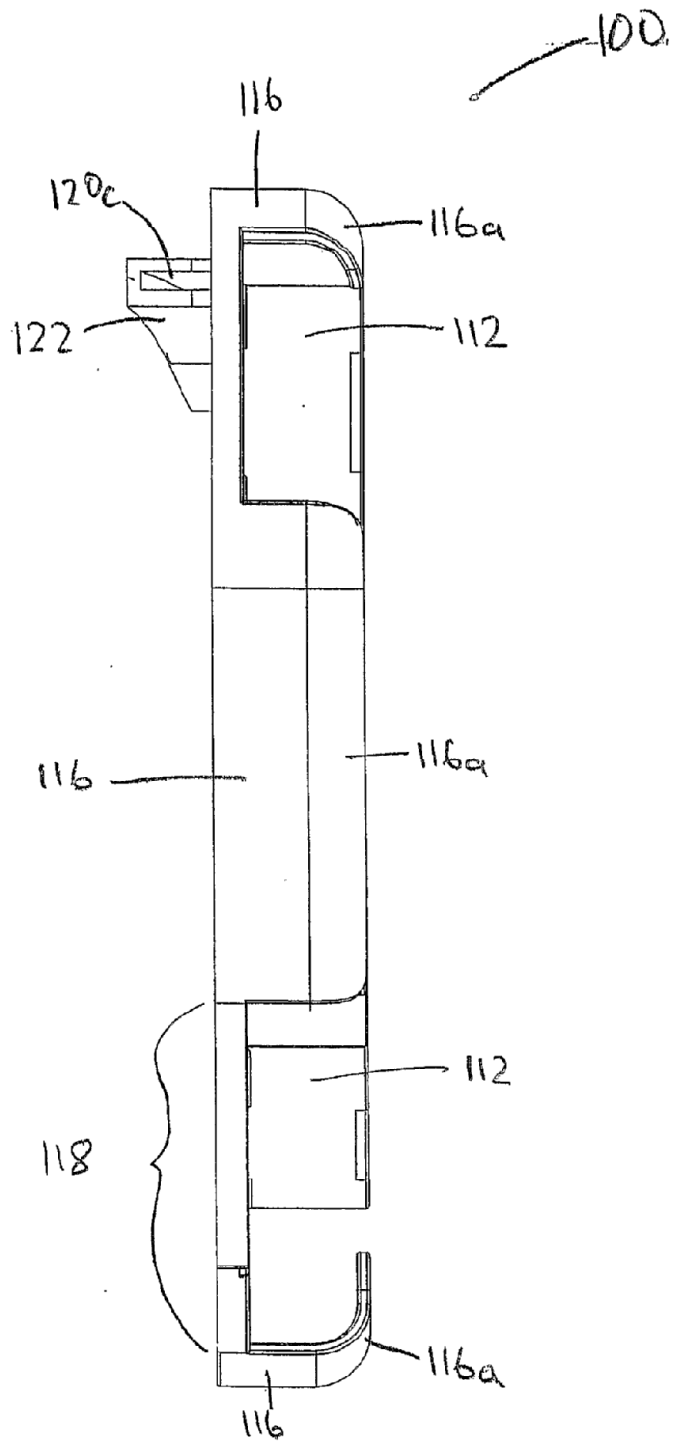


Fig. 1d

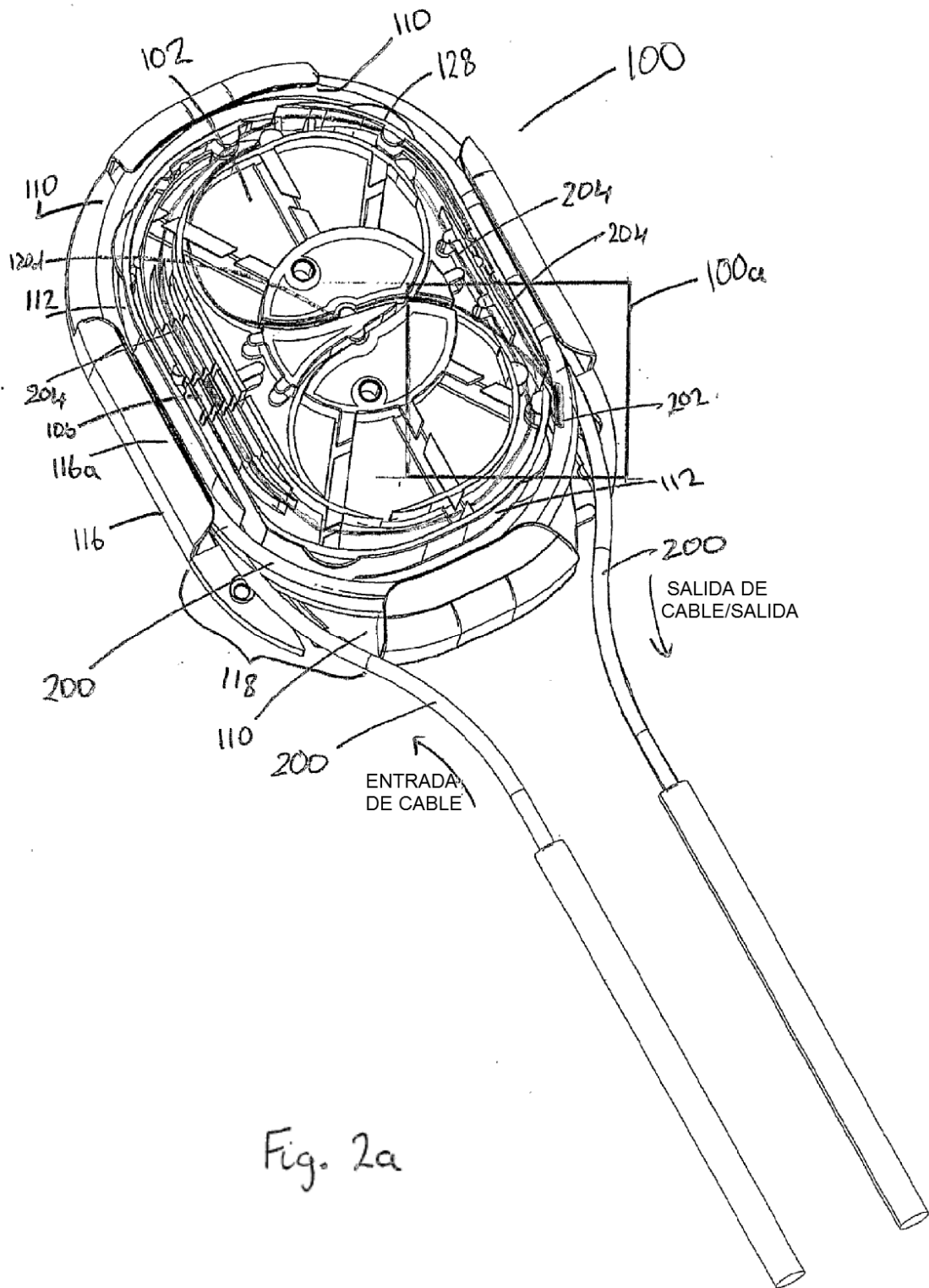


Fig. 2a

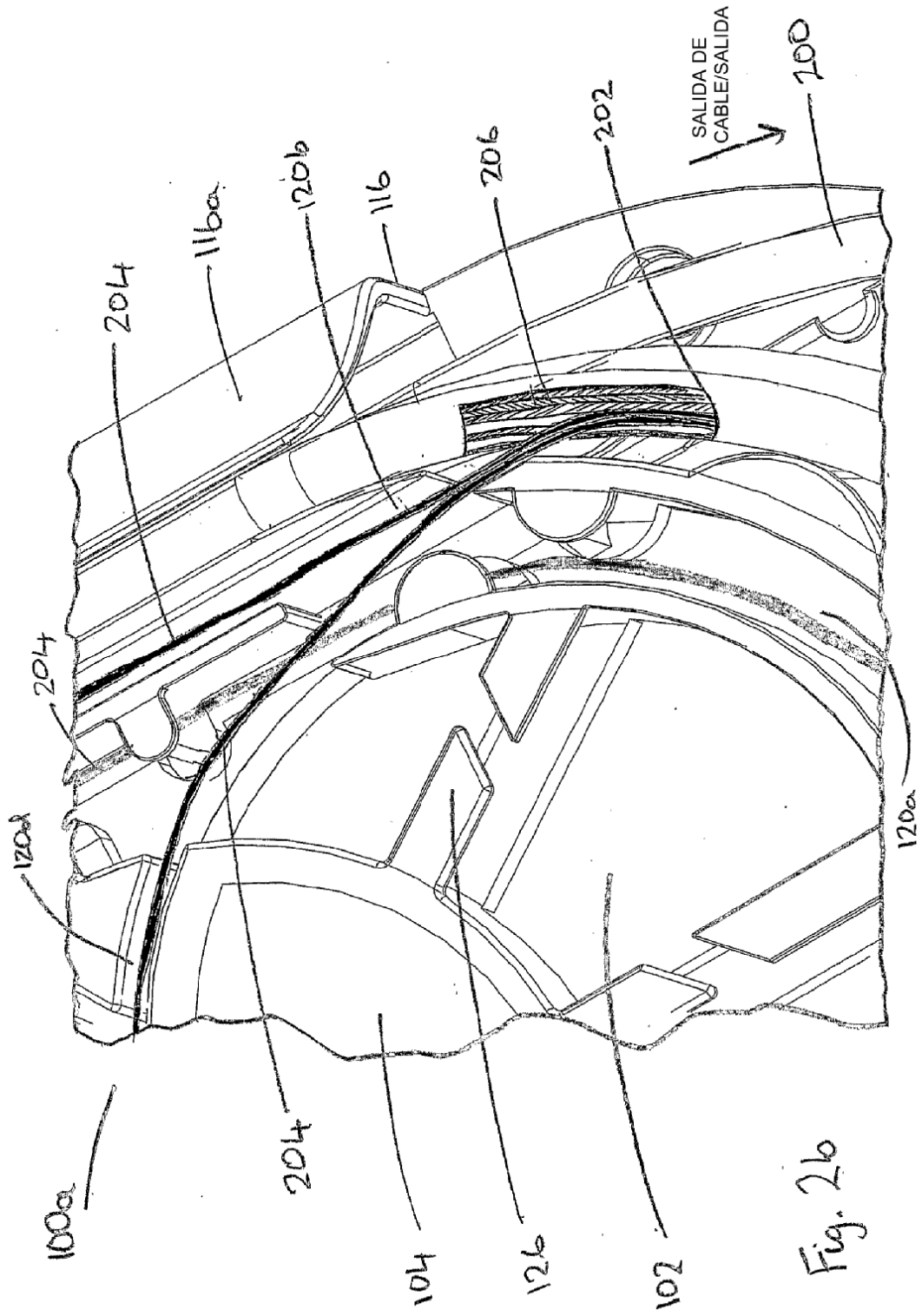


Fig. 2b

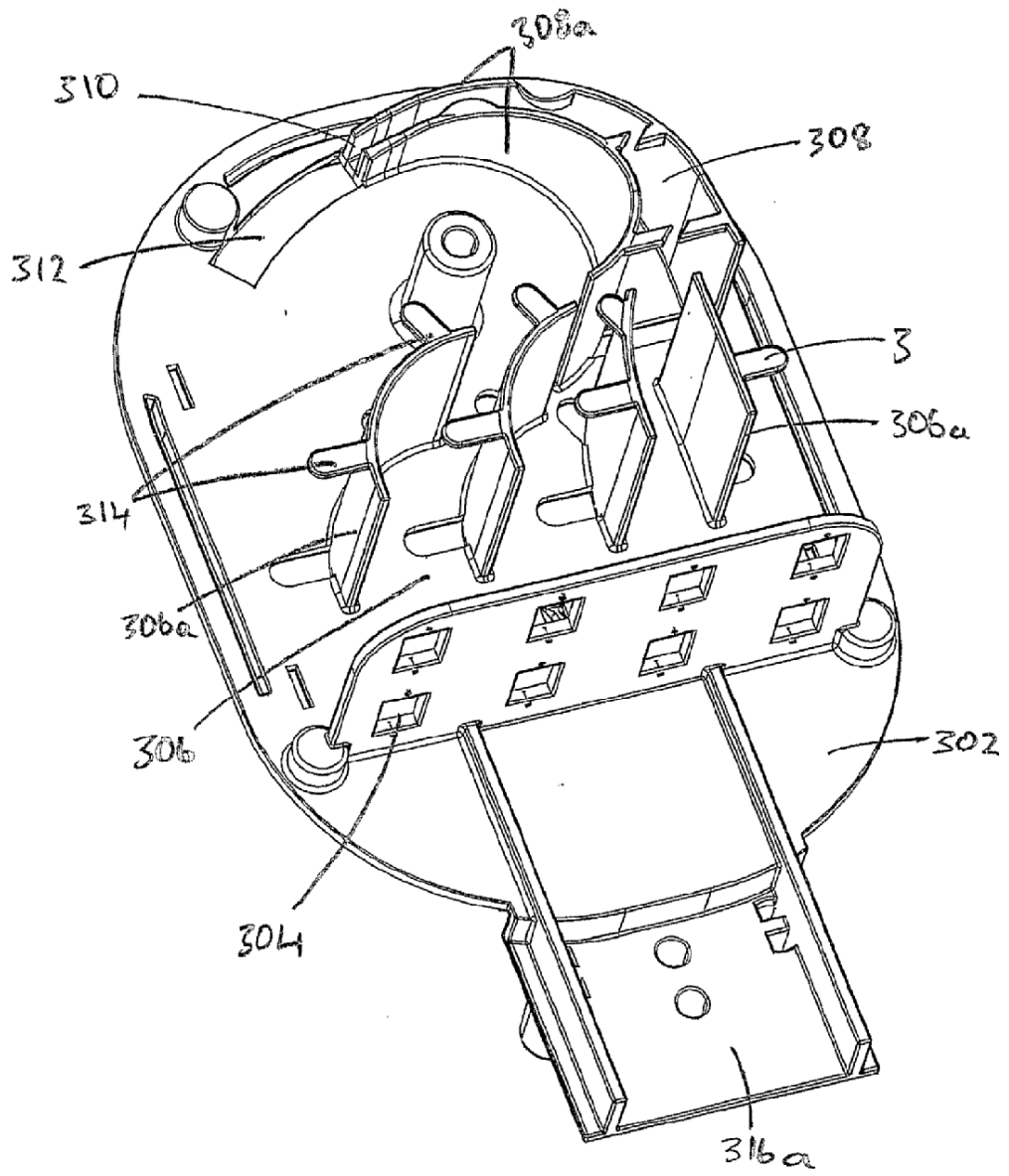


Fig. 3a

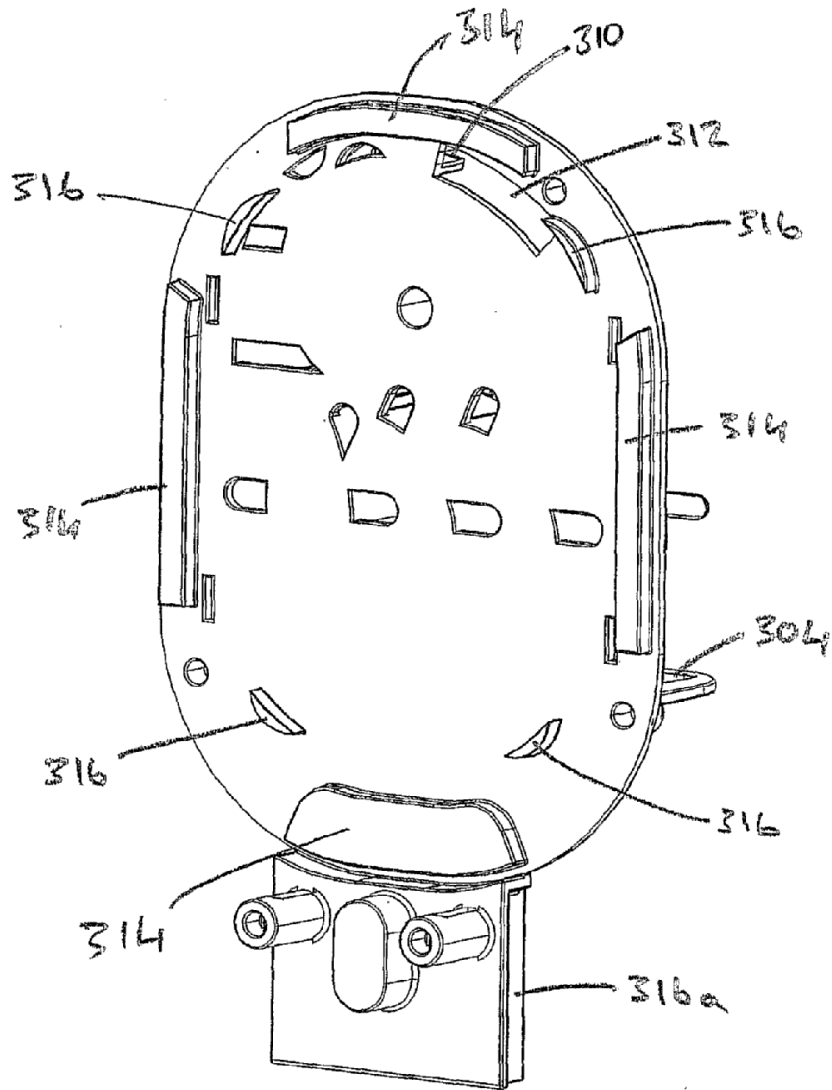
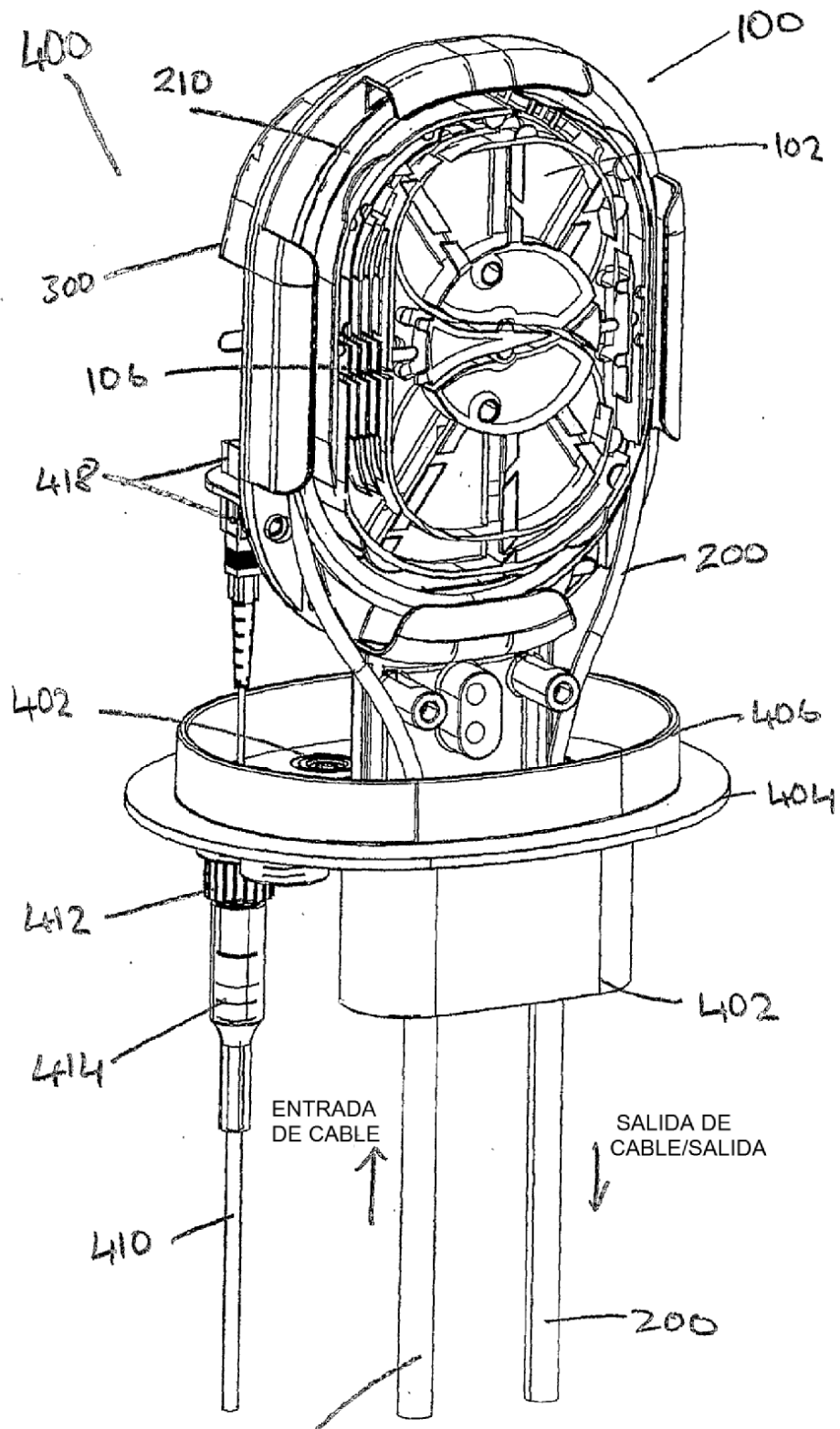


Fig. 3b



200 Fig. 4a

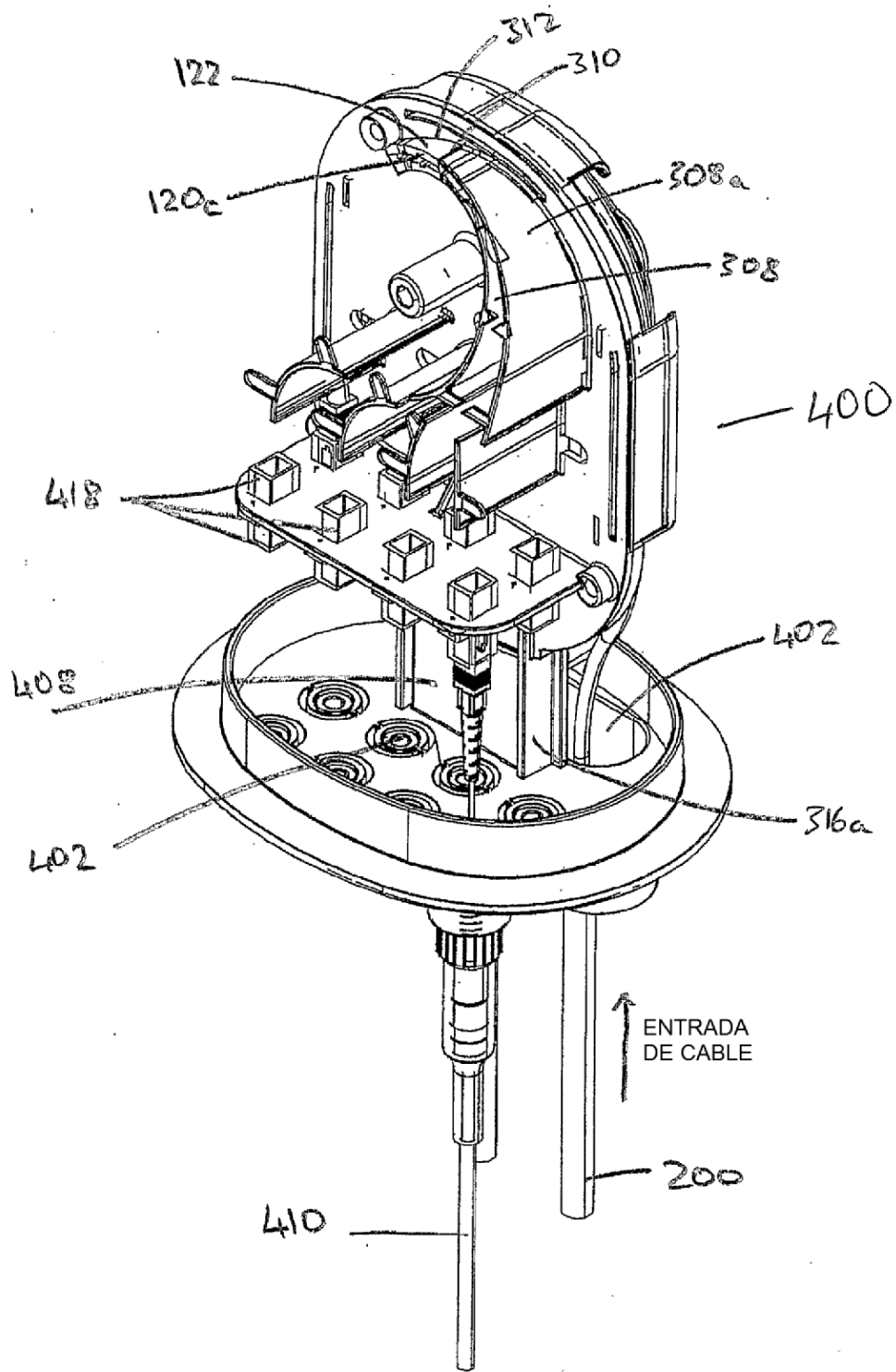


Fig. 4b

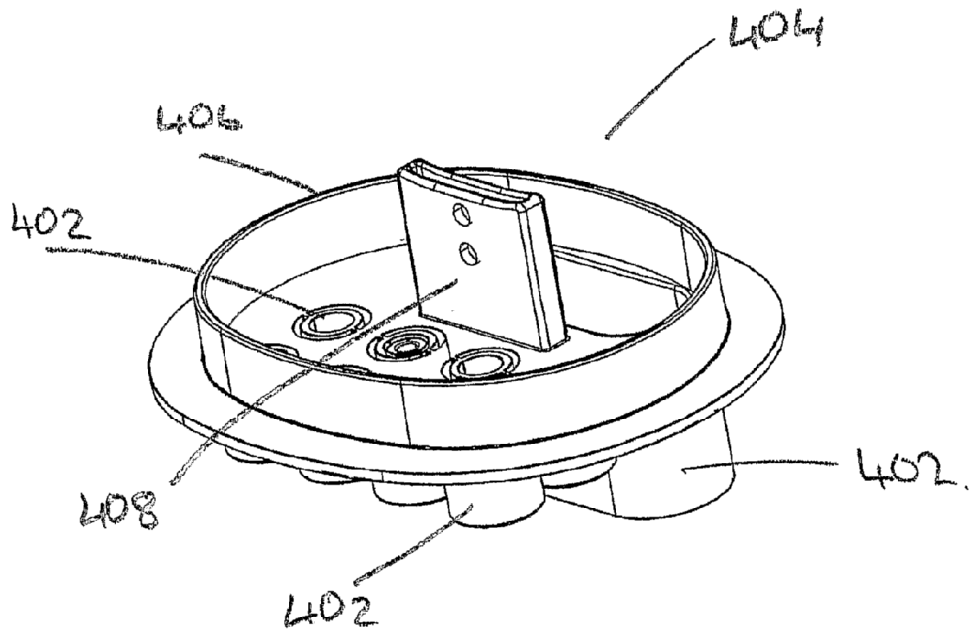


Fig. 4c