

## **ANEXO VII**

# **Técnicas de tendido de Cable de F.O.**

# INDICE

## Técnicas de tendido de Cable

<b>1. Tendido en canalización exterior .....</b>	<b>4</b>
1.1 Tendido manual .....	5
1.2 Tendido mediante cabestrante automático .....	7
1.3 Tendido mediante “floating” .....	10
1.4 Tendido mediante “blowing” .....	11
<b>2. Tendido aéreo.....</b>	<b>13</b>
2.1 Tendido con tracción manual .....	14
2.2 Tendido con cabestrante .....	15
<b>3. Tendido por fachada .....</b>	<b>15</b>
<b>4. Tendido en interiores .....</b>	<b>17</b>
<b>5. Tendido en Microzanjas ( micro-trenching ). .....</b>	<b>18</b>

## **Técnicas de tendido de Cable**

El tendido del cable es la acción propia de desplegar el cable de fibra óptica entre los extremos a conectar, existiendo varios métodos de tendido según la zona en la que realizar el tendido del cable.

El criterio elegido para la realización del tendido depende del tramo en cuestión y del grado de ocupación de la canalización, quedando determinado el criterio de tendido en el replanteo anterior a la instalación.

Básicamente se diferencian dos tipos de tendidos: tendidos en exteriores y tendidos en interiores. Dentro de los tendidos en exteriores se diferencian en :

- Tendido en canalización exterior.
- Tendido aéreo.
- Tendido en fachada.
- Tendido en interiores.
- Tendido por microzanja .

Las propiedades de transmisión y la duración de las fibras pueden verse afectadas si se ve sometida a esfuerzos de tensión mayores de los permitidos, o si se le somete a un radio de curvatura demasiado pequeño. Además, el agua en cualquiera de sus estados ataca la fibra en un proceso llamado hidrogenación, que puede provocar una alteración de las propiedades de la misma.

Los requerimientos de instalación específicos del cable de fibra óptica están encaminados a evitar la alteración de las características de las fibras por esfuerzos radiales motivados por el efecto pinza de los dispositivos de tracción, o bien por sobrepasar las tensiones de tracción longitudinal admisibles.

## 1. Tendido en canalización exterior

Los tendidos de cable de fibra óptica por canalización exterior se realizan desplegando el cable por alguno de los conductos subconductos que conforman el prisma de la canalización disponible.

En cualquiera de las técnicas disponibles para los tendidos en canalización se ha de cumplir que los conductos a emplear para la instalación se encuentren mandrilados. La acción de mandrilar consiste en tener comprobada la continuidad del conducto, para lo que se pasa un hilo con una punta de una determinada longitud y diámetro para su comprobación.



**Figura 3 Mandril**



**Figura 4 Nudo giratorio**

Además es necesaria la utilización del hilo guía que ha de poseer el conducto elegido para el tendido. Esto es debido a que el cable está preparado para unirse al cable guía mediante el nudo giratorio. Con esto, la punta del cable preparada para el cable de tiro se engancha a un extremo del nudo giratorio, para lo cual hay que sacar el tornillo por medio de un destornillador. Así mismo, el cable guía se ata al otro extremo del nudo giratorio, asegurándose que el nudo realizado consigo mismo no desliza. Los nudos de la cuerda se encintan con cinta aislante plástica desde el extremo del nudo giratorio hasta unos 10 cm después del último nudo.

Explicados estos aspectos generales, se tiene cuatro tipos diferentes de tendido en canalización que son los más habituales:

- Tendido manual.
- Tendido mediante cabestrante automático.
- Tendido mediante “FLOATING”.
- Tendido mediante “BLOWING”.
- Tendido en microzanjas ( Micro-Trenching ).

## **1.1 Tendido manual**

Esta técnica se llama manual distribuida ya que la tracción es realizada manualmente. De este modo, la tensión total del tendido es distribuida independientemente por secciones de canalización entre arquetas de registro, esto es, en cada arqueta el operario sólo tiene que vencer la tensión generada por el peso del cable y el rozamiento de éste y el subconducto correspondiente a la sección de canalización comprendida entre la arqueta anterior y la suya.

Para el tendido manual, un encargado esta permanentemente en el lugar donde está ubicada la bobina del cable. Su misión es la de controlar el avance y parada de la operación de tendido, según la información recibida desde todas las arquetas. Otro encargado reconoce la ruta según avanza el cable para solucionar los problemas que se pueden presentar en cada una de las arquetas.

Como mínimo, el personal situado en punta y en la bobina de cable desde estar en contacto vía radio continuamente. El resto del personal que se encuentra en las arquetas intermedias se puede comunicar de viva voz consecutivamente.

En general, en aquellas arquetas con cambio de dirección en el recorrido del cable, hay un operario ejerciendo el tiro en el subconducto de entrada, y otro embocando el cable en el subconducto de salida para evitar que se produzcan cocas o cualquier deformación axial del cable.

Los operarios que intervienen en la embocadura del cable en los subbconductos de salida y en la operación de tiro, controlan la longitud de cable almacenado ("valona"), para disminuir, si fuese necesario, la presión del tendido en la arqueta adyacente y regular así la velocidad, de modo que se garantice que no se cierra el lazo, y que se mantiene ampliamente el radio mínimo de curvatura y la independencia de tensiones entre secciones.

El operario de la primera arqueta intermedia (arqueta 2) tira del hilo guía del subconducto de entrada del cable hasta que éste llegue, momento en el que lo comunica a la arqueta donde se inició el tendido (arqueta 1) para que paren la bobina.

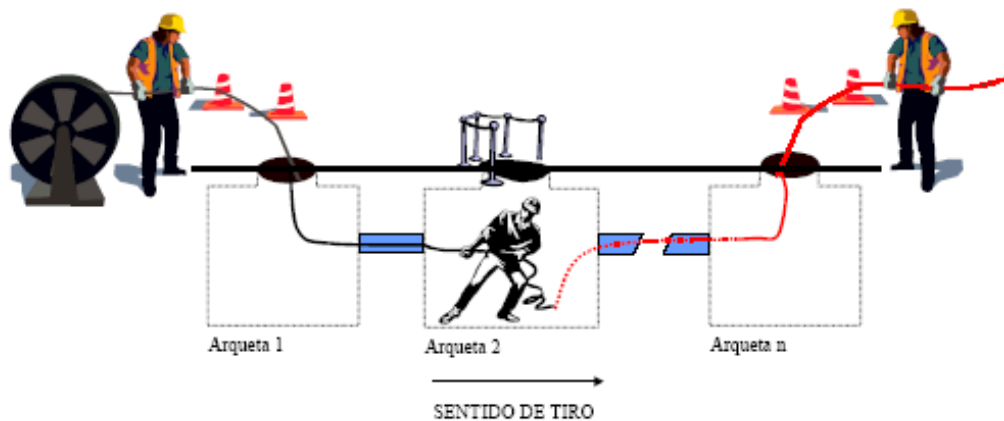
Una vez parada la bobina, el operario desata el hilo guía utilizado en esa sección y ata el nudo giratorio al hilo guía situado en el subconducto de salida del cable hacia la arqueta 3, comprobando que la atadura sea resistente. Se comunica a la arqueta 1 que continúe el tendido.

En el caso de que la arqueta corresponda a un cambio de dirección, el operario desatará el hilo guía utilizado en esa sección y creando previamente un lazo, con un radio tan amplio como le permita el lugar donde esté ubicada la arqueta, atará igualmente al nudo giratorio el hilo guía situado en el subconductor de salida del cable hacia la arqueta 3, tal y como se ha explicado anteriormente.

Reanudado el trabajo, el operario de la siguiente arqueta (arqueta 3) realiza las mismas operaciones que realizaba el operario de la arqueta anterior (arqueta 2). Mientras, este tira del cable paralelamente al eje del mismo, sin retorcerlo, y dejando suficientemente longitud de formación de lazo para que la operación se realice como se ha indicado.

El ritmo de tendido lo establece el operario que tira del hilo guía, es decir el más alejado de la bobina.

Si un operario intermedio no pudiera mantener el ritmo establecido, el cable irá perdiendo la “valona” almacenada o, en el caso de una arqueta de cambio de dirección, irá reduciéndose el radio de curvatura del lazo. Antes de que esto ocurra, se debe dar la orden de parada del proceso en la arqueta siguiente hasta que el operario recupere el suficiente cable para proseguir normalmente.



**Figura 5 Tendido manual**

Terminado el tendido se procede a instalar el cable en su recorrido por las arquetas. Debido a que en el proceso anterior es probable que no haya quedado justamente el cable que se necesita para instalación definitiva, no se procede a realizar ésta simultáneamente en todas ellas, sino que se comienza por la penúltima, de forma que si sobra o falta cable, éste debe ser cogido o recogido de la arqueta anterior. De esta forma se va instalando el cable en las arquetas, empezando por la penúltima y terminando en la segunda. Este proceso debe realizarse con especial cuidado, puesto que se debe colocar el sobrante de cable dentro de la arqueta, manteniéndose siempre por encima del radio mínimo de curvatura establecido.

Finalmente se corta la bobina dejando almacenada y debidamente “peinada” en la estructura dispuesta a tal efecto, la longitud suficiente de cable para enlazar holgadamente la zona donde se realiza el empalme.

En el caso en que el tendido, por su gran longitud u otro motivo, se realiza dividiendo el tendido en dos subtramos, es decir que el punto de entrada es una arqueta intermedia, el tendido del primer tramo se realiza de la forma descrita anteriormente, realizándose el tendido del segundo tramo del modo expuesto a continuación:

- El cable restante de la bobina se dispone, formando “ochos” sobre el suelo, y se tiende también de la forma descrita anteriormente, cuidando que el cable almacenado se recupera correctamente, sin crear deformaciones axiales, y siempre manteniendo el radio mínimo de curvatura establecido.
- Si esto no fuese así, se avisaría, de forma que se interrumpiese inmediatamente la tracción, para permitir solucionar el problema manualmente.

## **1.2 Tendido mediante cabestrante automático**

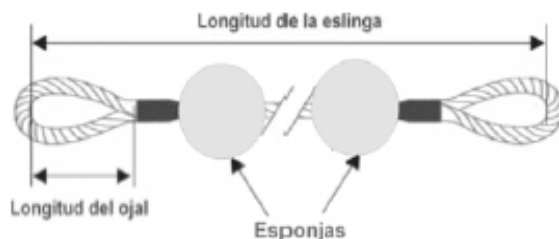
Para el tendido de cable mediante cabestrante automático, es necesario un cabestrante automático con control de tensión. El cabestrante automático, que se sitúa en la arqueta de salida, es el que se utiliza para tirar del cable de F.O.

Para traer el cable de tiro del cabestrante automático desde la arqueta de salida hasta la arqueta de entrada, se utilizan medios manuales o un cabestrante autónomo.

Para el tendido de cable de fibra óptica es necesario el uso de poleas de tamaño adecuado, para que el cable no se vea sometido a curvaturas por debajo del radio mínimo de curvatura. Además se añade lubricante al alimentador del cable y a cualquier posición intermedia.

El paso del cable de tiro del cabestrante automático se realiza de la siguiente manera:

- Se coloca la eslinga lubricadora entre el cable de tiro y el hilo guía, unido a este último por medio del nudo giratorio y protegido por un guardacabos.



**Figura 6 Eslinga lubricante**

- Seguidamente se vierten en el conducto 4 litros del lubricante delante de la primera esponja y 1 litro entre esponjas.
- Iniciado el proceso de tiro, se procura que la velocidad se ajuste a la del bobinado del cabestrante automático, para que no haya tirones sobre el hilo guía.
- Cuando faltan aproximadamente 50 metros para que el extremo del cable alcance las zonas de lubricación intermedias, si las hubiera, el operario situado en dicha zona vierte en el conducto 2 litros del lubricante que arrastran las esponjas de la eslinga lubricadora.

El tendido del cable de F.O. se realizará de la siguiente manera:

- El cabestrante debe estar lo suficientemente alejado de la arqueta de salida como para permitir la salida de la longitud necesaria de cable sin que la fibra llegue al tambor derecogida del cable de tiro.
- Una vez pasado el cable de tiro del cabestrante, se suelta el hilo guía, dejando instalada la eslinga lubricadora y el nudo giratorio.
- Se une la manga de tiro del cable de fibra óptica a la eslinga lubricadora a través del nudo giratorio, y se colocan rodillos para que el cable no roce el suelo.
- Previamente al inicio del tiro, se deben verter 3 litros de lubricante delante de la eslinga, pudiendo introducir en ese momento el extremo del cable en el conducto.
- Se acopla el elemento de lubricación para entrada del cable al extremo del conducto, vertiendo suficiente lubricante como para cubrirlo por completo. A medida que avanza el cable, un operario regula la cantidad de lubricante.
- Con el cabestrante automático se debe controlar en cada momento la tensión y velocidad de tendido. Se pone en marcha programándolo a una tensión inicial del 80 % de la tracción máxima del cable. Si estas tensiones se sobrepasaran, se pararía automáticamente.

- Durante los primeros 20 ó 30m el tendido se realiza a una velocidad baja y progresiva, hasta alcanzar una velocidad de 20m/min., la cual no debe superarse en ningún momento.
- Simultáneamente se vierte lubricante, unos 50m antes de que llegue el cable a las zonas intermedias de lubricación, para que las esponjas arrastren parte de él.
- Cuando, además de la manga de tiro, sobresalen los metros necesarios de cable fuera del conducto del punto de salida, el tendido ha terminado.
- Si se parara el cabestrante por alcanzar los valores máximos programados, se reprograma al 100% de la tracción máxima establecida y se continua el tendido a 20m/min.
- De alcanzar dicho límite, se pararía el cabestrante, y se abriría el conducto en un punto intermedio, procediendo a recuperar el cable a mano. Una vez realizado esto, se continuaría el tendido normalmente.
- Una vez finalizado el tendido, se restituye el conducto con el trozo retirado anteriormente, sujetándolo en los extremos con dos trozos de conducto de 100mm de longitud, abiertos por una generatriz y superpuestos a modo de grapa, encintando finalmente el conjunto con cinta scotch-fill o similar, recubierta de cinta aislante.
- En el caso en que el tendido, por su gran longitud u otro motivo, se realizase dividiéndolo en dos subtramos, es decir que el punto de entrada fuese una arqueta intermedia, el tendido del primer tramo se realizaría de la forma descrita anteriormente, realizándose el tendido del segundo tramo del modo expuesto a continuación:
  - Se suelta el cable restante de la bobina, formando “ochos” sobre el suelo, y se tiende también de la forma descrita anteriormente, cuidando que el cable almacenado se recupera correctamente, sin crear deformaciones axiales, y siempre manteniendo el radio mínimo establecido. Si esto no fuese así, se avisa, de forma que se interrumpa inmediatamente la tracción, para permitir solucionar el problema manualmente.
  - Cuando en el punto de tendido sólo queden 20m de cable, se reduce la velocidad de tendido, se desmonta el elemento de lubricación y se continua lubricando directamente con el tubo del recipiente. Debe facilitarse la entrada de los últimos metros de cable, cuidando de no sobrepasar el radio de curvatura mínimo, y dejando siempre la longitud de coca correspondiente almacenada en las arquetas.

### **1.3 Tendido mediante “floating”**

Para el tendido de cable utilizando el método “floating”, es necesaria la utilización de un fluido líquido, agua o similar, que actúa como medio principal de transporte del cable en el interior del tubo.

Los pasos a seguir para realizar este tipo de tendido se describen a continuación:

- El fluido es introducido en el subconducto existente desde el mismo lado en el cual se sitúa la bobina de cable y desde el cual se inicia el tendido del mismo.
- Se dispone de una bomba de presión que suministra la energía suficiente para vencer la presión piezométrica del extremo de salida del subconducto, suministrando el caudal necesario para producir una cantidad de movimiento de fluido suficiente, que permita el arrastre del cable. De tal modo que el cable es tendido mediante la acción combinada de las fuerzas de flotamiento y de arrastre, debidas ambas al flujo de líquido que es desplazado en la misma dirección que la del tendido del cable.
- La máquina de “floating” debe disponer de un sistema hidráulico de control o empujado dispuesto al principio del tubo, que actúa sobre el cable para uniformar las variaciones de la velocidad de tendido, y que en sincronía con el sistema acelera o frena la velocidad de penetración para evitar “golpes de ariete”.
- El mismo sistema dispone de un sistema hidráulico para hacer girar la bobina que suministra el cable con la velocidad requerida por el tendido, regulándose por la misma fuerza de tracción que el arrastre del agua ejerce sobre el propio cable. Para el tendido mediante este sistema deben seguirse las especificaciones técnicas del fabricante de la maquinaria.
- Es necesario desaguar los puntos bajos punzando el subconducto, de forma que éste quede completamente vacío.
- Para facilitar el proceso deben instalarse ventosas en los puntos altos para permitir la entrada de aire y el vaciado completo del agua del subconducto. Pero ha de tenerse en cuenta que en el tendido mediante “floating” los subconductos no se obturan al acabar el tendido.

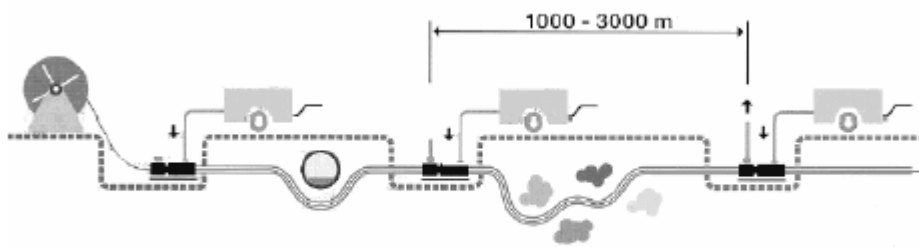
Las principales ventajas de esta técnica son:

- No es necesaria la aplicación de ningún tipo de lubricante.
- Se evita el tendido del hilo guía y del cable de tiro así como la aplicación de tensiones excesivas al cable que pudieran dañar a las fibras.

## **1.4 Tendido mediante "blowing"**

El método de tendido de cable denominado "blowing" se describe como un tendido neumático utilizado para instalaciones canalizadas de cables de telecomunicación, que consiste en insertar los cables directamente a presión (insuflación), pudiendo ser colocado el cable en una sola operación.

Para este tipo de tendido es necesaria la utilización de una oruga de cable para aumentar el empuje (utilizada para apoyar la fuerza de empuje durante la insuflación de cables de fibra óptica de 10-27mm de diámetro), así como un compresor, siendo necesario que los conductos o tubos para cables no presenten ninguna deformación.



**Figura 7 Tendido mediante Blowing**

Los procedimientos a seguir en este tipo de tendido se describen a continuación:

- Los cables deben ser calibrados antes de ser insuflados, con el fin de que los conductos deformados no interrumpen el proceso de insuflación.
- Para ensayar el trazado de conductos se pasa un émbolo medidor a presión por el conducto de material sintético. La sonda incorporada emite impulsos de alta frecuencia localizables hasta una profundidad de 4 metros. En caso de que el émbolo medidor se atasque debido a las deformaciones del conducto, los impulsos emitidos se convierten en una señal óptica y acústica permanente al acercarse el aparato de localización a la sonda. La señal alcanza el máximo cuando el aparato de localización se encuentra directamente encima de la sonda. Hay que tener en cuenta que si se producen fuertes ruidos ambientales, se deben acoplar unos auriculares.



**Figura 8 Émbolo medidor con sonda**

- El soplado se realiza por medio de un sistema de insuflación que se utiliza para colocar los cables de fibra óptica en los tubos de protección para cables.

- El cable puede instalarse soplando en cascada o recuperando el cable en determinados puntos y volviendo a soplar en ese punto. Esto también se hace para instalar el cable en la otra dirección, cuando la bobina inicial se ha colocado en el medio de la semi-sección a tender. La elección de la colocación de la bobina y el sistema de tendido cascada o no, debe hacerse considerando todas las posibles curvaturas de la canalización e intentando cuando sea posible que la máquina sople secciones en cuesta abajo para facilitar el tendido. Se puede decir que se puede instalar una bobina en 2, 3 o 4 fases dependiendo de la longitud de la misma, y de los factores descritos anteriormente. Hay que tener en cuenta que en las arquetas intermedias que no se emplean para el soplado se ha de dar continuidad el conducto empleado para el soplado, teniendo especial cuidado con las curvaturas del subconducto y la estanqueidad de las uniones para evitar pérdidas de presión.
- Para el tendido ya del cable, se puede emplear un émbolo convencional o un émbolo medidor con sonda.



**Figura 9 Émbolos convencionales**

El sistema trabaja en un campo de velocidad comprendido entre 8 - 80 m/min, con el fin de colocar los cables sensibles a la tracción con el mayor cuidado posible en los conductos.

El sistema de insuflación dispone de un aparato de medición que indica constantemente la velocidad así como la longitud de cable colocada y que desconecta automáticamente el proceso de insuflación al alcanzar los valores límites. Además, a través de una unidad de regulación se ajusta la entrada de aire comprimido y con ello la velocidad del émbolo de manguito en el campo prefijado.

- Durante el proceso de insuflación, el cable de fibra óptica pasará por la oruga de cable con la pieza de empalme de aire comprimido integrada, que estará equipada con discos de junta especiales.
- En caso de que el aire comprimido suministrado por el compresor no fuera suficiente para impulsar el émbolo de manguito al que está acoplado el cable, se conectaría la oruga de cable neumático para apoyar el empuje.
- Se dotará al émbolo de un dispositivo de retención, con el fin de que en caso de quedar detenido el cable, desde el otro lado del tubo se pueda empujar una guía de inserción plástica con aparato de retención, o disparar el aparato de retención mediante un cable auxiliar y acoplarlo al émbolo.

- Durante la realización de los trabajos se han de tener en cuenta las siguientes condiciones:
  - La maquinaria sólo puede ser utilizada en el momento en que esté en las condiciones técnicas debidas y vaya a ser manejada por personal cualificado, plenamente consciente de los riesgos que pueden derivarse de la operatividad de las máquinas.
  - Se debe proceder a rectificar inmediatamente cualquier desorden funcional, en especial todo lo que pueda afectar a la seguridad del equipo.
  - La maquinaria debe operar dentro de los límites de utilización adecuados y con la debida observación de las instrucciones del manual operativo y otras directrices de inspección y mantenimiento.

## **2. Tendido aéreo**

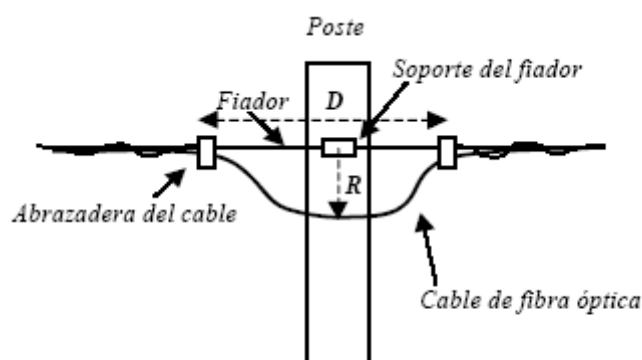
Para realizar lo tendidos de cable de fibra óptica por trazado aéreo, hay que tener en cuenta las siguientes precauciones:

- En general, la bobina se sitúa junto al poste desde el que se va a iniciar el tendido, suspendida de una grúa, sobre remolque o sobre gatos, de manera que pueda girar libremente y el cable salga siempre por la parte superior. Se procura que esté nivelada con la sección de postes donde se pretende tender el cable.
- Se realiza la instalación aérea entre postes, atando el cable de fibra óptica a un fiador existente de acero. El cable de fibra óptica se coloca junto al fiador mediante camiones y trailers de bobinas de cable. Para asegurar el cable al fiador se utiliza una guía y un fijador de cables. Mientras un camión sigue al fijador con objeto de asegurar que está actuando correctamente y que el cable se está ajustando adecuadamente a las posiciones de la línea.
- En el extremo preparado del cable se pone un nudo giratorio y se ata una cuerda de cáñamo.
- El modo de realizar la tracción sobre el cable para llevar a cabo el tendido, diferencia dos formas de tendido aéreo. Que son tendido manual o tendido mediante cabestrante.
- Finalizado el tendido, se realiza el cosido del cable al fiador. Se amarra al fiador mediante cosido con hilo de acero de 2 mm. Este cosido se realiza con la máquina ligadora que va cosiendo el cable según va avanzando a lo largo del cable de suspensión.
- En cada poste, el cable formará una vuelta de expansión para permitir la dilatación del fiador. Debido a las propiedades de la fibra óptica, el cable se dilata o contrae muy

poco cuando varía la temperatura. Por tanto, para reducir la tensión de un cable de fibra óptica que se haya unido a un fiador de acero, se añadirá una pequeña vuelta de expansión.

- Debe tenerse en cuenta el radio de curvatura del cable, de modo que la longitud de la vuelta del lazo  $D$  debe ser dos veces mayor que su profundidad  $R$  y la longitud  $D$  también debe ser dos veces mayor que el radio de curvatura mínimo del cable.

Alrededor de la vuelta de expansión del cable y con objeto de identificarla, se coloca una cubierta brillante.



**Figura 10 Fijación del cable.**

## **2.1 Tendido con tracción manual**

Debido al poco peso de los cables de fibra óptica y cuando las condiciones del trazado de la línea lo aconsejen puede utilizarse este método que se describe a continuación:

- En el primer poste se hace pasar la cuerda de cáñamo por la polea guía y los ganchosdeslizantes. Se ata el extremo libre de la cuerda que une los ganchos a la cabeza de tiro del cable, a objeto de que al ir progresando el cable los ganchos se vayan extendiendo.
- Siguiendo la línea de postes, y en el sentido de alejarse de la bobina, se hace la tracción sobre la cuerda de cáñamo por los operarios necesarios, a la velocidad normal del paso de un hombre, hasta que el cable llegue al poste siguiente donde se detiene para pasar de nuevo la cuerda por la polea y ganchos y repetir la operación anterior.

## **2.2 Tendido con cabestrante**

En este método se utiliza un cabestrante que permite controlar la velocidad de tendido y la fuerza de tracción, con parada automática cuando se supere un valor prefijado.

Las operaciones a realizar son las siguientes:

- Se sitúa el cabestrante en el extremo de la línea y se extiende manualmente el cable de tiro haciéndolo pasar por los ganchos deslizantes y las poleas guía de cada poste hasta llegar a la bobina.
- El cabestrante se ajusta para la tensión máxima del cable y una velocidad determinada.
- Se inicia la tracción lentamente hasta que el cable llegue a los ganchos deslizantes, donde se detiene el tiro para atar la cuerda que une los ganchos al extremo del cable.
- Se reanuda la tracción hasta alcanzar progresivamente la velocidad correspondiente y se detiene en el poste siguiente para soltar la cuerda de los ganchos, vigilar el paso del cable por la polea y atar la cuerda del siguiente grupo de ganchos.

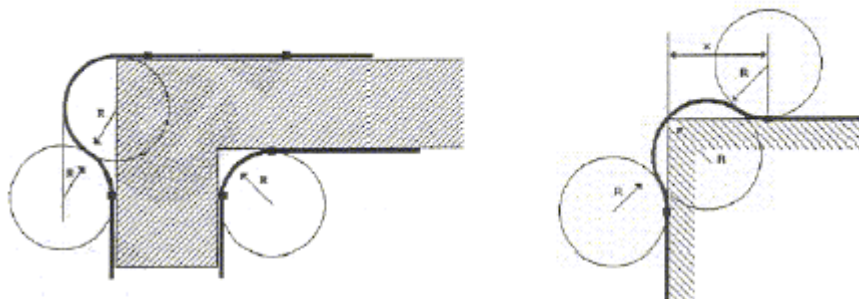
## **3. Tendido por fachada**

Los tendidos de cable de fibra óptica por fachada se deben minimizar por el riesgo que suponen para el cable una vez instalado.

A continuación se enumeran algunas de las precauciones que hay que considerar al realizar los tendidos de cable por fachada:

- El tendido se debe mantener a una altura constante, sin cambios de nivel, siendo la altura mínima de 2,5m sobre el suelo, yendo el cable en todo momento paralelo al suelo o perpendicular.
- Con objeto de minimizar el impacto estético, se utilizan elementos arquitectónicos como molduras, canaletas, etc. Es importante que el cable de fibra sea de difícil accesibilidad.
- El recorrido del cable se realiza siempre que sea posible de forma que esté lo menos expuesto al deterioro por las inclemencias atmosféricas.
- El tendido se realiza de forma que se emplee la menor cantidad de materiales, con el menor número de ángulos e intentando salvar todos los obstáculos posibles.
- Los trazados verticales, se separan al menos 30 cm. de las aristas salientes de los edificios.

- Se tiene especial cuidado con el radio de curvatura del cable y las aristas propias de la fachada, de modo que no se realicen curvaturas con radios menores a las indicadas en las instrucciones técnicas del cable a instalar, debiendo disponer para la instalación de cable de una plantilla de radio de curvatura mínimo, para evitar dañarlo.



**Figura 11 Criterios de curvatura para tendido en fachada (R = radio de curvatura del cable)**

El procedimiento para la instalación del cable en fachada sigue los siguientes pasos:

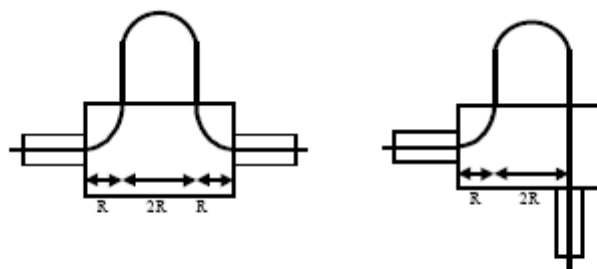
- Se comienza con el trazado de la marca en fachada del recorrido a seguir. Esta marca se realiza mediante un marcador de azúlete, que no es más que una cuerda fina bañada en polvos de azúlete. Las subidas y bajadas del cable para los pasos aéreos o subterráneos se realizan mediante plomada y marcado con azúlete.
- Realizada la tarea de marcado del recorrido del cable, un equipo de operarios realiza la tarea del taqueado, consistente en la realización de los taladros en la fachada, para una vez realizada, proceder a la introducción en los mismos de los tacos de fijación, y en su caso, de la inserción de las abrazaderas de plástico que sirven para la fijación del cable.
- Una vez concluida la operación de taqueado, se coloca la bobina de cable en posición y se comienza a la instalación del cable. Una vez tendido el cable en fachada se procede a su fijación definitiva, ajustando los sistemas de fijación simultáneamente a la perfecta alineación del cable sobre la fachada, para evitar una instalación con panzas.
- En caso de haber producido algún desperfecto sobre la fachada durante la instalación, se deben realizar la reposición y pintado necesarios.

## **4. Tendido en interiores**

La canalización y tendido interior de los cables se realizará de acuerdo a los replanteos realizados y bajo la supervisión de personal de la Dirección de Obra y/o de OPNATEL, en función de las características arquitectónicas de cada ubicación.

En la realización de los trabajos de tendido de cable en interiores, se han de tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- En ningún caso se instalan cables sin conductos.
- El Adjudicatario ha de suministrar todos los elementos necesarios para ayuda y fijación de los cables en su recorrido por el interior de las salas de comunicaciones de los centros: canaletas, bandejas, rejibánd o elementos de soporte seleccionados.
- Todos los equipos, armarios y estructuras metálicas deben estar conectados a tierra por seguridad.
- Todos los enlaces deben estar debidamente identificados, no debiendo existir ningún empalme en los cables, a excepción de los correspondientes latiguillos terminales de acceso a los equipos, cuando se precisen.
- Siempre se deben dejar unas vueltas de exceso de fibra en falso techo o en suelo técnico, de longitud suficiente para permitir movimientos futuros del rack o del panel repartidor, respetando en todo momento el radio mínimo de curvatura del cable.
- En caso de que la canalización se realice por canaletas, los cables de fibra se fijan en la base de la canaleta mediante bridas de poliamida cada 300mm como máximo, a lo largo de todo su recorrido.
- En las instalaciones por interiores se pueden encontrar conductos o conductos en bandejas. En ambos casos se puede aplicar la siguiente metodología general de tendido:
  - En primer lugar se sitúa un panel de conexiones en la entrada del cable, empalmando la fibra proveniente del cable del exterior con la del cable del interior.
  - Las rutas horizontales se pueden situar sobre techos suspendidos o bajo suelos elevados, mientras que las alzadas verticales se llevan a cabo en armarios elevadores. Si no se dispone de dichos armarios se taladran agujeros en el suelo para guiado de cable o conducto.
  - Para facilitar el arrastre del cable dentro del conducto se utilizan cajas de tracción o tendido, preferentemente en largos tramos rectos y en curvas. Se utiliza al menos una caja de tracción tras la segunda curva a 90 grados. Los dos tipos de cajas se observan en la siguiente figura, donde R representa el radio de curvatura mínimo de la fibra óptica.



**Figura 12** Caja de tracción en línea recta y caja de tracción en esquina

- Se identifican y abren todas las cajas de tracción, conductos y bandejas de cable, asegurándose de que no están obstruidas.
- Se sitúa en la ruta completa un tramo continuo de cinta de tracción y se ata al cable el orificio de tendido y el eslabón giratorio para luego atar al eslabón giratorio la cinta de tracción.
- Se tira del cable desde la primera caja de tracción, enrollando el cable sobre el suelo formando un “ocho”.
- Se va alimentando de cable la caja de tracción, continuando con el procedimiento hasta la siguiente caja.

## **5. Tendido en Microzanjas ( micro-trenching ).**

El microtrenching o microzanjado es una técnica para instalación de redes (cableado) de fibra óptica.

El método de microzanjado nació con el objetivo de reducir costes de instalación y facilitar derechos de paso. Este sistema proliferó gracias a su filosofía simple, consistente en minimizar el zanjado de la obra tradicionalmente usada para la instalación de fibra, consiguiendo reducir tanto los costes, como el tiempo de ejecución del tendido o las molestias a los usuarios de la vía pública, logrando así minimizar los esfuerzos antes destinados a conseguir derechos de paso.

La instalación en microzanjas es una alternativa que permite reducir el impacto de la obra civil en la instalación de nuevos cables. El coste puede ser 1/3 del de una canalización normal.

Consiste en la realización de una zanja de tamaño muy reducido que varía entre 1 y 10 cm de ancho y 10 - 20 cm de profundidad dependiendo del diámetro del cable a instalar; una vez colocado el cable en su interior se colocan elementos protectores o conductos en los que se instale el cable después; que finalmente se sella con material bituminoso.

El trazado de la instalación será en línea recta para no inducir curvaturas en el cable, los cambios bruscos de dirección deberán ser evitados, y cuando sean inevitables se deberán realizar cortes en ángulo.

Como ventajas fundamentales:

- Reducción de costes de instalación.
- Menor afección a tráfico y usuarios que la obra civil tradicional.
- Rapidez.
- Poca producción de escombros.
- Baja penetración en el subsuelo.
- Facilidad de mantenimiento.

Desventajas:

- Exposición del cable a vibraciones por tráfico denso.
- Utilización de cables especiales o estudio del adecuado aislamiento para permitir una instalación correcta.
- Susceptible de ser dañado en tareas de mantenimiento de infraestructuras, ya que la instalación se realiza a poca profundidad.
  - Ampliaciones de red requerirán una nueva instalación.

El proceso de microzanjado se realiza en cuatro pasos:

- Realización de la microzanja.
- Limpieza mediante aire comprimido o agua a presión.
- Colocación del cable y rellenos de protección.
- Cerrado de la zanja mediante aplicación de material bituminoso especial.

La microzanja, de entre 1,5 y 3,5 cm. de ancho x 20 ó 25 cm. de largo, se realiza sobre asfalto empleando una máquina de zanjado provista de una sierra circular de diamante.

Una vez limpia la microzanja, mediante agua a presión o aire comprimido, se tenderá sobre la misma un cable de fibra óptica con una armadura de aluminio extrudido capaz de soportar las grandes presiones debidas a la dilatación del asfalto y al tráfico es depositado en el fondo de la microzanja.

Por último, la microzanja es sellada con el material adecuado, tipo resina epoxi.



Figura 13. a) Esquema de instalación de cable en microzanjas; b) realización de una microzanja; c) aspecto final tras proceso de rellenado

En general esta tecnología se resume en cuatro procesos: corte de la micro zanja, instalación de microductos, reposición de cubierta y soplado de fibra óptica por microductos. A continuación se detallan cada uno de los procesos.

#### *1. Corte de Micro Zanja*



Figura 14

2. *Instalación de Microducto*



Figura 15

3. *Sellado de la Microzanja*



Figura 16

4. *Soplado de Fibra*



Figura 17

El proceso descrito es muy sencillo y fácil de realizar hasta el punto de posibilitar la instalación de 2 kilómetros de cable de fibra óptica diarios y una alta reducción de costes, que puede ser de hasta un 40 por ciento comparado con los costes de instalación mediante métodos tradicionales.

El reducido tamaño de la microzanja permite realizar la instalación de fibra tanto en áreas urbanas como interurbanas sin necesidad de cortar el tráfico y ocasionar molestias a peatones y conductores.

Los cables utilizados para esta aplicación deben tener las siguientes características:

- Reducido diámetro
- Alta resistencia a aplastamiento y vibración
- Resistencia a altas temperaturas, el material de sellado puede alcanzar temperaturas entre 100° y 170° C.

Estos cables pueden tener una insuficiente resistencia mecánica en calzadas muy transitadas, siendo más recomendable su instalación en zonas residenciales.

Desde su invención, este método ha evolucionado hasta hacer posible el tendido de microductos vacíos (también con armadura de aluminio extrudido) por los que posteriormente es posible instalar fibra mediante el método de soplado a lo largo de grandes distancias.

Estos ductos de aluminio extrudido otorgan flexibilidad a la línea en términos de futuras ampliaciones o ramales.

La combinación de cables y ductos de aluminio extrudido conceden, además una muy alta capacidad a la línea de más de 400 fibras, capacidad suficiente para líneas de largas distancias.

Así, el microtrenching se perfila como una solución técnica para los actuales cambios de las redes pasivas.

La instalación puede verse afectada fácilmente por labores de mantenimiento de otros servicios subterráneos y labores de reasfaltado, ya que los cables se encuentran a poca profundidad.

La instalación en microzanjas permite reducir significativamente el coste del tendido de fibra. Se trata de una más entre las técnicas descritas anteriormente, para la que hace falta un análisis del lugar en que se va a instalar y de los costes asociados.

## **Soplado de Fibra Óptica por Microductos**

Para soplar los mini cables de fibra óptica (especialmente diseñados para esto), se requiere de una maquina sopladora, la cual en realidad empuja con dos rodillos el minicable, mientras que se le inyecta aire comprimido para eliminar la fricción entre el mini cable y el micro ducto, de tal manera que el minicable flota conforme se va introduciendo dentro del micro ducto.

Este sistema de soplado permite hacer recorridos infinitamente largos sin la necesidad de algún empalme, se puede soplar por ejemplo 1km, en el punto saliente se enrolla dentro de una caja, y se vuelve a soplar otro km, repitiendo el proceso las veces que sea necesario.



Figura 18. Proceso de soplado de la fibra óptica.