

# Instalación terrestre de un cable de fibra óptica

Octava entrega de la serie de artículos que la revista dedica a la historia, características y aplicación de la fibra óptica.

Por Ing. Jorge Bocalandro Rivero  
Especialista en Planta Exterior, Centro de Formación Nacional, ETECSA  
jorge.boca@etecsa.cu

## Instalación enterrada

Los cables de fibra óptica pueden instalarse en ambientes exteriores e interiores. Dentro de las formas de instalaciones exteriores tenemos la enterrada, aérea y soterrada. Acerca de esta primera, la instalación enterrada, tratará el siguiente artículo.

Antes de entrar en el análisis de la instalación enterrada, se pondrá a consideración de los lectores, en particular al personal de Planta Exterior, que es el que realiza estos trabajos, algunos aspectos comunes a cualquier tipo de instalación terrestre.

### Consideraciones generales para la instalación de un cable de fibra óptica

1. Conocer la información técnica de los planos del proyecto; así como sus modificaciones.

2. Todo el personal —jefes de agrupación, de brigada, linieros, supervisor y especialistas involucrados en la actividad— debe estar bien familiarizado con la operación de los equipos y materiales y herramientas a utilizar; además, inspeccionar su estado con anterioridad.

3. Confeccionar la hoja de tiro —selección de la bobina para cada tramo del enlace según: longitud para el tramo adecuado, tipo de cable, capacidad del cable por bobinas—.

4. Si el número de fibras no está señalado en la cubierta del cable, debe verificarse físicamente que la capacidad del cable corresponde a la que debe instalarse—.

5. Comprobar que existen equipos de comunicación en los puntos de alimentación —donde se encuentra el tambor de cable—, tiro y posiciones de monitoreo y, además, verificar que funcionen correctamente.

6. Colocar aparatos de seguridad y señales de advertencias —vallas, placas de indicación, luz intermitente— para la protección del personal.

7. Antes de instalar la bobina de cable, comprobar la potencia retrodifusa —coeficiente de atenuación a en dB/km—.

8. Se recomienda planificar la ubicación de la bobina de cable en curvas, mitad del tramo, cambios de desniveles de ductos, de acuerdo con las condiciones del terreno.

9. Mantener la punta del cable fijada al tambor hasta el momento de iniciar la instalación; si la misma hubiese sido liberada asegurarla antes de mover el carrete.

10. La bobina de cable no debe caerse, ni permanecer acostada, ni debe rodarse para su transportación, únicamente pequeños movimientos en el sitio de instalación.

11. No retirar las tabletas de protección del tambor hasta el momento de su instalación.

12. Cuando se desenrolla el cable, este no debe tocar el suelo o los elementos próximos al tendido para evitar daños; no debe desenrollarse una cantidad excesiva de cable.

13. Si el cable tuviera que ser removido del tambor previo a su instalación, usar la configuración de “figura en ocho”, para evitar anudamientos y torceduras.

14. En caso de instalación manual, utilizar para la tracción, cepo universal y el quitavuelta.

15. La manipulación de la bobina de cable debe ser realizada por dos hombres.

16. La instalación del cable debe hacerse, de forma continua y sincronizada, para evitar paradas y jalones bruscos.

17. La cubierta protectora de las puntas del cable deben quitarse solamente cuando se inicie la etapa de empalme para evitar la penetración de humedad en el cable.

18. Los cables ópticos tienen generalmente un límite de resistencia mecánica algo menor que los cables convencionales. En consecuencia, en determinadas circunstancias pueden necesitarse precauciones y equipos

especiales para asegurar su instalación.

19. El índice de carga del cable de fibra tiene en cuenta las cargas a corto plazo, como son las cargas de tracción durante la instalación y las cargas a largo plazo, como son las cargas residuales producidas por tracción o amarre del cable en los soportes.

20. Las cargas que exceden el índice del cable pueden hacerlo fallar inmediatamente o más tarde durante su vida en servicio. Los signos externos de deterioro no serán necesariamente evidentes en ninguno de los dos casos. Por lo tanto, el índice de carga de tracción de una fibra óptica no debe excederse en ninguna aplicación.

21. Los cables comerciales soportan normalmente una tensión máxima equivalente al peso de 1 km de su longitud y radios de curvaturas mínimos de 30 a 40 cm.

22. La cantidad de operarios —cuando se realiza una tracción manual— que pueden tirar del cable viene dada por:

Tensión máxima permitida por el cable / 50

Una vez visto dichos aspectos, se analizará la instalación enterrada de un cable de fibra óptica. Para este tipo de instalación, además de los aspectos generales antes mencionados debe tenerse en cuenta:

1. Las condiciones del suelo a lo largo de la ruta —blando, mixto, duro, rocoso— para seleccionar la maquinaria y equipos adecuados.

2. Analizar la posibilidad real del proyecto; así como rutas alternativas.

3. Realizar un estudio de las zonas por donde se realizará el tendido del cable-trabajo cartográfico.

4. Realizar los permisos y trámites legales.

5. Se debe verificar con exactitud en el terreno todos los obstáculos —puentes, curvas, instalaciones eléctricas, de gas, agua, y otros—, las profundida-

des de los mismos y los puntos de intersección.

6. Como principio nunca ocupar el tritubo completo, dejar al menos un ducto del mismo libre, bien para una nueva instalación o para labores de mantenimiento.

#### Ventajas de la instalación enterrada

1. El cable se encuentra menos expuesto a daños físicos, naturales o intencionales.

2. Es conveniente en áreas de alta incidencia de descargas eléctricas, tormentas y fuertes vientos.

3. Mejora la confiabilidad de la red —posibilidad de menos interrupciones y, por lo tanto, menos tiempo sin servicios—.

4. Se preservan valores estéticos y naturales.

5. Los períodos largos de operación sin reclamos, ofrecen mayor calidad del servicio.

6. La posibilidad de tramos de mayores distancias —menos empalmes—, disminuye los costos.

La instalación soterrada ofrece también las ventajas de 1 a la 5; sin embargo, normalmente un soterrado no se construye sólo para cables de fibra óptica, sino también para cables de cobre. La fibra se encuentra más expuesta a sufrir daños provocados por otro personal que no es el que trabaja el cable. El costo de un soterrado es mucho mayor que del enterrado, por lo que no es conveniente para distancias largas —de zonas periféricas a la ciudad y zonas rurales—; sino, más bien para la ciudad.

#### Ambientes de instalación

Una instalación enterrada puede tener como ambiente de instalación zonas densamente pobladas (urbanas), zonas menos pobladas o periféricas a las ciudades y las zonas rurales. Bajo este tipo de instalación el cable pudiera quedar tendido de varias formas como puede verse en la figura 1.



Figura 1 Formas de tendido del cable de fibra óptica

#### Instalación directamente enterrada

Es la instalación más económica cuando no hay infraestructura. El cable de fibra queda directamente enterrado en el terreno, por lo que debe tener elementos metálicos (armadura) para ser localizado. Hoy se emplea en técnicas de microzanjas, en instalaciones para redes de acceso, fundamentalmente, en la conexión del cable entre la caja de empalme y el cliente, y se realiza por los bordes de las aceras. Como inconveniente de este tipo de instalación puede señalarse su rigidez, al no permitir modificaciones, ni ampliaciones.

#### Instalación enterrada del cable de fibra en monotubos

Se utiliza principalmente en técnicas de minizanjás en la red de acceso, por las aceras y bordes de las calles; aunque puede usarse en otros tipos de redes.

Pueden emplearse 1, 2 ó 3 monotubos y su colocación depende del ancho de la minizanja como se muestra en la figura 2.

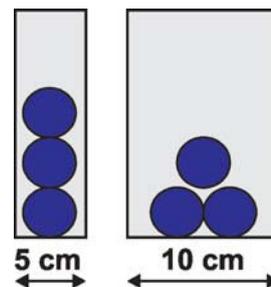


Figura 2 Instalación de los monoductos en minizanjás



Figura 3 Máquina de colocación de los monotubos

Algunas dimensiones de las minizanjas pudieran ser las que se muestran en la tabla siguiente:

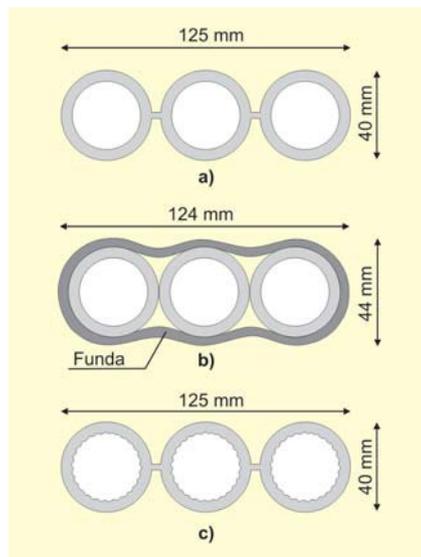
Cantidad de monotubos (diámetro 40 mm)	Dimensiones nominales de la sección de excavación	
	Anchura (cm)	Profundidad (cm)
3	10	30
3	5	35
2	5	30

Tabla 1 Configuraciones posibles de las minizanjas

### Instalación enterrada en tritubos

El empleo de tritubos en una instalación enterrada le proporciona mayor flexibilidad, debido a que, una vez tendido el cable de fibra, quedarían dos ductos libres, a disposición de la empresa operadora que bien pudieran ser utilizados en una futura instalación y para operaciones de mantenimiento ante una interrupción.

Existen diferentes estructuras de tritubos posibles a emplear en la red, algunas de los cuales se muestran a continuación:



**Liso:** el lubricante se aloja en la parte inferior del ducto.

**Mecánicamente es más resistente que el estriado**

**Estriado:** permite mejor lubricación en toda la pared interior del ducto

Figura 4 Estructuras de tritubos

Antes de abordar a la instalación de un cable de fibra óptica enterrada en tritubos, tanto en zonas urbanas como en la periferia y zonas rurales, se verán algunos aspectos generales de la instalación en tritubos.

### Instalación del tritubo dentro del registro para fibra óptica

Deben evitarse los ingresos bruscos del ducto al registro, cada 10 cm de diferencia entre la profundidad de instalación del ducto y la profundidad de ubicación de la gatera. La gatera, en caso de los registros de hormigón y fibra de vidrio puede elaborarse al centro o desplazada hacia el lado carretera y a una altura del piso que puede variar de 20 cm a 35 cm. En el caso del tritubo, se toman las puntas y se separa la membrana que los une apróximamente 1,0 m, se fijan en la gatera con una separación entre ellos de 5 cm, quedando en el interior del registro 30 cm. Se verifica que los ductos que entran y salen queden enfrentados lo más recto posible. Si el registro es de hormigón, en su interior se resana la gatera con una mezcla de arena con cemento y se dejan los ductos con los tapones colocados. Si el registro es de fibra de vidrio, se sella la gatera con silicona y se dejan los ductos con los tapones colocados. En la parte exterior de los registros —en su entrada y salida— se protegen los ductos con un bloque de hormigón de 0,30x1,00x0,20 m hasta que se alcance una profundidad de la zanja de 60 cm, para fortalecer esta parte de la instalación, porque al abrirse longitudinalmente los tritubos se debilitan. Los ductos del tritubo que no se utilizarán deben quedar sellados con tapones y los huecos de entrada de los tritubos al registro con silicona, si el hueco es muy grande, debe usarse espuma de sellado o yeso.

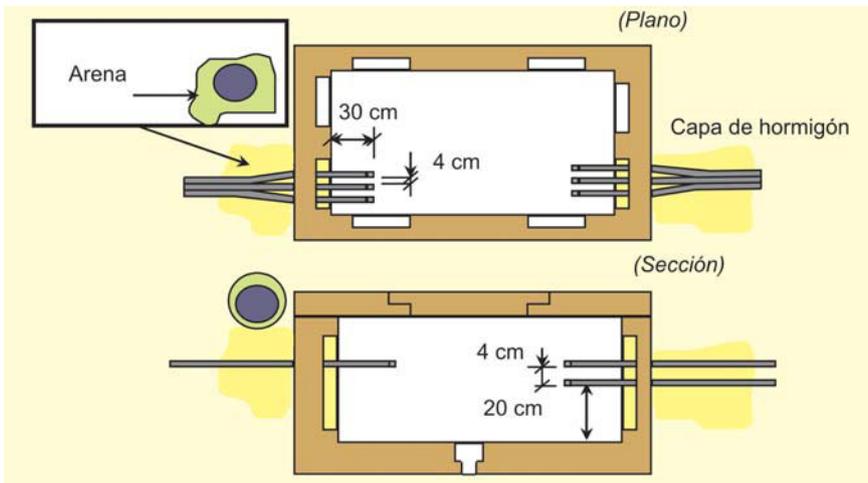


Figura 5 Entrada de los tritubos al registro

### Tendido en ambiente urbano

El tendido enterrado en ambientes urbanos puede realizarse por aceras, calles o ciclovías. Su implementación es más factible por las aceras, teniendo en cuenta el mayor costo en la excavación y restablecimiento de una calle o avenida y la afectación al tráfico que ocasionaría. La implementación de este tipo de instalación se puede ver afectada por la presencia de diferentes obstáculos como son: redes de suministro de agua, gas, alcantarillado, redes eléctricas, otras redes de comunicaciones, etc; por lo que se requiere tener bien identificado su recorrido para tomar las medidas necesarias cuando se requieran, por ejemplo:

- ♦ prever amplias curvas en el recorrido del tritubo para reducir al mínimo la fricción del cable durante su instalación,
- ♦ variar la profundidad de excavación. Si la profundidad resulta inferior a 40 cm, debe protegerse ese tramo con una capa de hormigón de 15 a 20 cm. Si la infraestructura de la red es sólo para cables de fibra óptica, la misma puede verse de la forma que se muestra en la figura 6

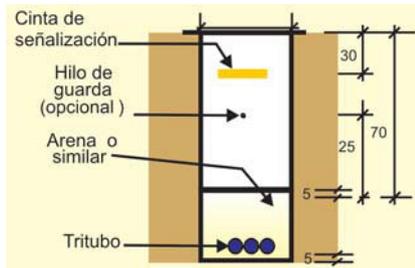


Figura 6 Instalación enterrada sólo para fibra óptica con empleo de tritubo

Ahora, si la red que se está instalando es en ambiente urbano y se necesita dejarla lista tanto para fibra como para cobre, pueden emplearse las siguientes variantes:

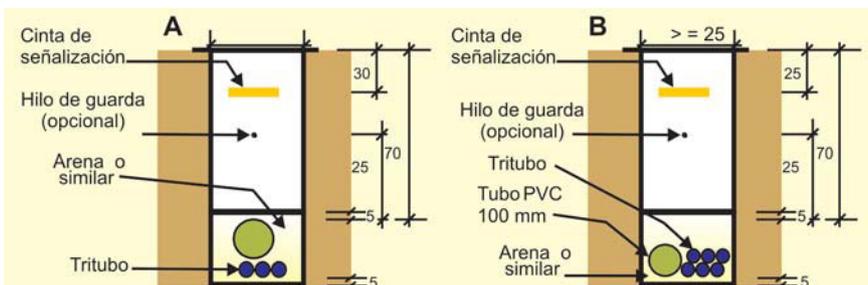


Figura 7 Forma de los tritubos y ductos de PVC en una instalación de fibra-cobre en un enterrado urbano. A) un tritubo, B) dos tritubos

Con la configuración de la figura 7A se logra que la red de fibra esté más protegida contra una perforación y el personal que trabaja el cobre, tendrá menos acceso al cable de fibra al quedar este debajo. En la configuración de la figura 7B, pueden dejarse varios tritubos —en este caso dos— dispuestos en la forma que se muestra, en caso de necesidad de varios cables según los requisitos del proyecto.

### Los registros

Los registros se colocarán normalmente en las aceras por las causas mencionadas anteriormente sobre una capa de gravilla de unos 15 cm de espesor para el drenaje. Los mismos quedarán a nivel del terreno con tapas de hierro fundido. Debe verificarse que el registro posea el orificio del drenaje, en caso contrario hacérselo.

### Instalación en la periferia de las ciudades y zonas rurales

La instalación enterrada de un cable de fibra óptica por la periferia de la ciudad y en zonas rurales debe realizarse por el borde de las carreteras para evitar interrupciones del tráfico, operaciones más costosas, como la rotura y restablecimiento del pavimento. La instalación por el campo implica más profundidad de la excavación para evitar daños por las maquinarias agrícolas; así como indemnización por posibles pérdidas de cosechas, entre otros inconvenientes.

En este tipo de instalación la entrada de los tritubos a los registros es igual que en la instalación urbana como se muestra en la figura 5.

### La zanja

El ancho de la zanja puede variar de 15 a 30 cm, teniendo en cuenta el tipo de máquina a utilizar, la cual depende del tipo de suelo al igual que su profundidad (ver Tabla 2).

Tipos de suelos	Profundidad de instalación del tritubo
Agrícola	120
Blandos	100
Mixtos	80
Duros	60
Rocosos	40

Tabla 2 Profundidades de instalación del tritubo enterrado según tipo de suelo

Una vez abierta la zanja según corresponda, es necesario dejarla limpia de piedras —perfilado— para evitar que estas dañen el tritubo. Posteriormente, se depositará una capa de arena fina —u otro material bien cernido— de 5 cm aproximadamente, se tenderá el tritubo y se cubrirá con otra capa del mismo material. Después se procederá a realizar el rehincho de la zanja con una capa de 15 a 20 cm de material —puede ser tierra— que no contenga una granulometría mayor de 5 cm y luego se compactará. Sobre la misma se recomienda instalar un cable de acero zincado de diámetro 8, 9 ó 12 mm conocido como hilo de guarda, este quedaría a unos 20-25 cm por encima de la corona del ducto central del tritubo, como se muestra en la figura 8. El hilo de guarda debe interrumpirse cada 2-3 km, así como en los cruces de líneas de ferrocarriles, zonas urbanas y puentes. La unión de los mismos se realizará con mordaza mecánica dejando una separación entre ambas puntas de 3 a 5 cm. El hilo de guarda no entra dentro de los registros. La colocación del hilo de guarda está exenta en adosados, topeados y tuneleo. La punta del hilo, en estos casos, se coloca contrario al cable y perpendicular al mismo.

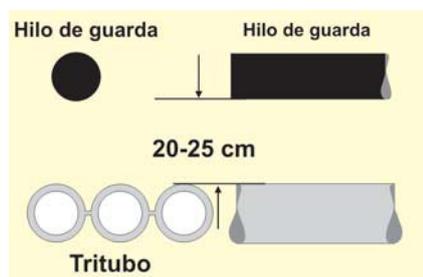


Figura 8 Instalación del hilo de guarda

Según la recomendación K.25 de la UIT-T, la longitud de un tramo de hilo de guarda viene dada por:

$$Y \geq 5 \cdot (\rho)^{1/2} \text{ [m] donde: } \rho = \text{resistividad del suelo en } \Omega \text{ m}$$

Este hilo de guarda se encarga de proteger el cable de la diferencia entre el potencial eléctrico en el suelo y los efectos de descargas atmosféricas sobre el mismo que pueden afectarlo, es decir, recoge las corrientes circulantes del terreno. Como función adicional a través de este hilo con un localizador puede rastrearse la traza.

Una vez tendido el hilo se depositará una capa de material (tierra) con granulometría no mayor de 5 cm para rehincho. Hasta aquí todavía no se ha cubierto totalmente la zanja; sin embargo, es necesario antes de concluir los trabajos de obra civil, realizar las pruebas de presión y libre paso a los tritubos.

### Prueba de presión

Esta prueba se realiza para comprobar la sección de conductos entre dos registros consecutivos, se colocan tapones sellando una cara de los conductos en la gatera de uno de ellos, se conecta la manguera del compresor

con aire a presión manteniendo 8 atmósferas durante 3 minutos. Si se observa una pérdida de presión mayor a 0,5 atm por un minuto, se deberá encontrar y reparar la pérdida o fuga de aire, con la repetición de la prueba desde su inicio. Si la tubería soporta la presión de ensayo durante el tiempo establecido sin estallar, se da por **ACEPTADO** el tramo de tubería ensayada. En caso de estallar el tramo de tubería, se cortan 2 m de tuberías estalladas, que debe ser identificado e indicar el lugar de la rotura, se cambia la sección de tritubo defectuoso, repitiéndose la prueba desde el principio. De ser satisfactoria la prueba, se da apto el tramo.

### Prueba de Libre Paso

Esta prueba se realiza para comprobar que los conductos estén listo para instalar la fibra. Se procede a quitar los tapones del paso anterior y se coloca una esponja en cada conducto, se conecta la manguera con aire a presión, para comprobar que salgan al otro extremo en el registro siguiente. Luego se introduce un mandril en dependencia del tritubo o monoducto a utilizar, se conecta la manguera con aire a presión, se verifica que el mandril salga al otro extremo del registro siguiente. Este paso permite calidad de instalación del tritubo, que los ductos no estén cruzados, se comprueba la limpieza total del ducto.

Se revisa que el tritubo instalado cumpla con las especificaciones técnicas, por ejemplo: 40 mm  $\phi$  exterior, 30 mm  $\phi$  interior, 3 mm espesor.

Una vez realizadas estas pruebas y comprobado que no existe ningún problema, se compactará el material depositado sobre el hilo de guarda y se colocará una cinta de señalización —color naranja— la cual quedará a una profundidad de 25 cm aproximadamente de la corona del suelo, independientemente de la profundidad de la zanja. Por encima de la cinta hasta el nivel de la rasante, se utiliza para el rehincho y compactación el

mismo material producto de la excavación.

Los pasos explicados se representan en la figura 9.

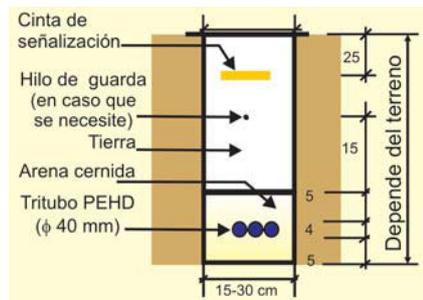


Figura 9 Instalación enterrada en tritubo en la periferia y zonas urbanas

### Instalación para registro de hormigón o fibra de vidrio

Se debe evitar su colocación en cruces de camino, curvas pronunciadas, zonas pantanosas, talud, cunetas y al menos de 0,5 m entre la cara del registro y el paseo asfaltado. Durante su instalación debe verificarse: la profundidad, que posea el orificio para el drenaje, la nivelación del fondo de la excavación y colocación de un lecho de 10 cm de gravilla que garantice un drenaje efectivo. En el caso de los registros de fibra de vidrio, deben estar libre de rocas. En los registros de hormigón, el rehinchado en los laterales debe realizarse con materiales con granulometría  $\leq$  de 10 cm, y en los registros de fibra de vidrio, debe rehincharse en los laterales y sobre la tapa con material —exento de piedra—. Su colocación se realizará siempre que sea posible a una distancia no menor de 60-80 cm del borde de la carretera. Los mismos pueden quedar al nivel del terreno, en este caso con tapas de hierro fundido al igual que en el urbano; pero pudieran también enterrarse a una profundidad de 30 a 40 cm según decisiones del proyecto. En este caso se necesita un *marker* o *minimarker* para poder localizar el registro (ver Figura 10).

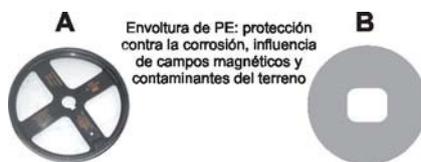


Figura 10 A) *minimarker* y B) *marker*

Si el registro posee tapa de hierro fundido, el *minimarker* se instalará a una distancia aproximada de 50 cm de la pared del registro teniendo en cuenta la dirección de instalación —se toma como referencia la central origen—, sobre una capa de material fino, que cubre el bloque de hormigón que ocupa un tramo a ambos lados de los registros. Si el registro es de fibra de vidrio —se incluye la tapa—, el *minimarker* puede fijarse en la misma tapa del registro. En todos los casos los registros deben enumerarse, señalizándose si son registros de paso, empalme, derivación, o de empalme-derivación. Después de instalado el *minimarker* debe verificarse su funcionamiento.

### Otros momentos en la instalación

#### Cruces de ríos

Cuando se requiere cruzar un río el tendido puede realizarse adosándose al puente o atravesando el cauce del río. En el caso del adosado, la instalación debe protegerse con tubos preferentemente de zinc galvanizado o canaletas que se fijan con presillas al puente. Debe evitarse empalmes de los ductos en los cabezales del puente y se protegen con una capa de hormigón hasta que se alcance una profundidad de 60 cm.

#### Vadeos

Es una forma de ejecutar los cruces de alcantarillas, puentes y obstáculos que intercepten el trazado y se hace como indica el proyecto. Durante la supervisión deben evitarse las inflexiones bruscas —no mayores del 10 %— que puedan perjudicar la calidad del tendido del cable de FO, además debe verificarse la aplicación de una solución correcta durante el rehinchado y la

reposición que evite el lavado de la traza. Señalizar en el terreno las inflexiones del vadeo.

#### Topeado

Se ejecuta según el proyecto en cruces de autopistas, accesos, carreteras y vías férreas, en las cuales no se autoriza realizar la excavación a cielo abierto. En este caso el supervisor debe revisar que la distancia de separación del pozo de ataque a la vía sea  $\geq 1,0$  m y  $\geq 2,0$  m a la del FCC, la tolerancia en la ejecución del topeado para el curso vertical 5 % y el curso horizontal 10 %, el encañado del tubo PVC de 100 mm debe penetrar 0,50 m en el pozo. Se recomienda realizar el topeado antes de la ejecución del resto de la obra civil.

#### Tuneleo

Se ejecuta según proyecto específico, para cruzar obras de ingeniería, las cuales no se pueden realizar mediante vadeo con la calidad y confiabilidad requerida, y realizar el tuneleo antes de la ejecución del resto de la obra civil. El emplazamiento de la máquina debe evitar los lugares críticos tales como cunetas y zonas pantanosas. Antes de retirar la máquina, se debe realizar la prueba de presión y la prueba de libre paso comprobando que el tuneleo ejecutado esté bien.

#### Empalme de ductos

Deben evitarse empalmes de tritubo en zonas —pantanosas permanentes o temporales— cruces de camino, cauces de los vadeos o próximos a los mismos y zonas donde los ductos estén protegidos con hormigón.

Para realizar las uniones de manguitos se realizarán según las especificaciones de instalación de manguitos mecánicos para empalmes de tubos múltiples para fibra óptica. El supervisor revisa que el constructor señalice los empates de manguitos en el terreno, durante la ejecución, con pintura y refleja estos en la documentación para el Asbuilt.

Es importante destacar en este tipo de instalación, la necesidad de pro-

teger con una capa de hormigón ciertos tramos tales como: cruce de caminos, paradas de ómnibus, cuando la profundidad de la instalación se hace igual o menor que 40 cm, a ambos lados de los registros, o no autorizan a quitar árboles cuyas raíces pueden dañar la instalación, o se adosa el cable a un puente, entrada de garajes, cruces de ríos y otras situaciones que lo requieran de acuerdo con la solución de proyecto.

Los valores de resistencia del hormigón a considerar se definen en la tabla 3, tomada de la Norma Cubana 53-99/1983 referida a “Resistencia Característica y Consistencia para Estructuras de Hormigón”.

Elemento estructural	Resistencia recomendada
Hormigón de protección sobre tritubo en zanja	100 Kg/cm <sup>2</sup>
Hormigón de protección sobre tritubo en cabezal de puente	140-150 Kg/cm <sup>2</sup>
Hormigón de reposición de acera	100-140 Kg/cm <sup>2</sup>
Hormigón de reposición en pavimento	200 Kg/cm <sup>2</sup>
Hormigón en paredes y pisos de regitro	175 Kg/cm
Hormigón en losa de techo de registro	210 Kg/cm <sup>2</sup>

**Tabla 3** Valores de resistencia del hormigón

## Conclusiones

Como puede apreciarse la instalación de un cable de fibra óptica, usando la variante enterrada, requiere de decisiones de proyecto muy bien definidas por la cantidad de obstáculos que se presentan durante su ejecución. Encierra una obra civil compleja, costosa, con empleo de gran cantidad de materiales y diferentes tipos de maquinarias según el tipo de terreno. Sin embargo, proporciona mayor seguridad al cable instalado ante catástrofes naturales, no queda expuesto a actos vandálicos, no se afecta la instalación por accidentes del tránsito, quema de caña y maleza. Todo ello se traduce en menos interrupciones y, por lo tanto, se garantiza un servicio más fiable y con menos costos por concepto de operación y mantenimiento de esta red. 

## Bibliografía

- Ejecución de la obra civil para la instalación del cable de fibra óptica enterrado.
- Procedimientos para ejecutores y supervisores, ETECSA.
- Norma Cubana 53-99/1983 referida a “Resistencia Característica y Consistencia para Estructuras de Hormigón.
- Rec. UIT-T K25. Protección de los cables de fibra óptica, febrero del 2000.
- Rec. UIT-T L10. Cables de fibra óptica para aplicaciones en conductos y en galerías.
- Rec. UIT-T L34. Instalación de cables de fibra óptica de hilo de guarda, octubre de 1998.
- Rec. UIT-T L35. Instalación de cables de fibra óptica en la red de acceso, octubre de 1998.
- Rec. UIT-T L43. Cables de fibra óptica para aplicaciones enterradas.
- Rec. UIT-T L48. Técnica de instalación con mini-zanjas.
- Rec. UIT-T L49. Técnica de instalación con micro-zanjas.
- Rec. UIT-T L56. Instalación de cables de fibra óptica a lo largo de las vías ferroviarias.

**Nota del autor:** una gran parte del contenido de este artículo está basada en documentos y procedimientos rectores implementados durante la instalación del cable de fibra óptica nacional.