

Manual de Fibra Óptica



Índice

Introducción	6
¿Qué es la "fibra óptica"?	6
¿Qué tipo de fibra óptica?	7
¿Redes de cable de cobre, fibra o inalámbricas?	9
Los estándares facilitan las instalaciones de fibra	11
Jerga del sector de la fibra óptica	14
¿Qué es la fibra óptica?	14
El sistema métrico	14
Fibra	15
Cable de fibra óptica	16
Terminación y empalme	17
Especificaciones del rendimiento de la fibra	18
Comunicaciones con fibra óptica.....	21
¿Por qué utilizar fibra?	21
Redes de comunicación de fibra óptica	22
Diseño de redes de fibra óptica	27
Sistemas de transmisión por fibra óptica y sus componentes.....	28
Enlaces de datos de fibra óptica	28
Fuentes para transmisores ópticos.....	30
Detectores para receptores ópticos	32
Componentes para transmisión óptica para aplicaciones especiales	33
Rendimiento del enlace de datos y presupuesto de potencia óptica del enlace	34
Presupuesto de potencia óptica del enlace.....	35
Fibra óptica	37
¿Qué es la fibra óptica?	37
Tipos de fibra	38
Tipos de fibra y especificaciones estándar	42
Especificaciones de la fibra.....	43
Efectos modales en fibra multimodo.....	46
Cable de fibra óptica.....	49

Diseño de los cables de fibra óptica	49
Tipos de cables de fibra óptica	52
Criterios para la elección del diseño del cable.....	57
Elección de los cables	61
Conectores y empalmes	63
¿Conectores o empalmes?	63
Especificaciones acerca del rendimiento.....	64
Conectores	68
Proceso de terminación.....	73
El proceso de terminación	76
Empalmes	80
El proceso del empalme por fusión	81
Empalmes mecánicos	82
El proceso del empalme mecánico	82
Prueba de Fibra Óptica	85
Comprobación de Fibra Óptica	85
Inspección visual.....	86
Potencia óptica	89
Pérdida óptica o pérdida por inserción	95
Prueba con OTDR.....	105
Diseño de la red de fibra óptica.....	114
¿Qué es el diseño de la red de fibra óptica?.....	114
¿Cobre, fibra o red inalámbrica?	118
Larga distancia y planta externa	118
Planta interna	119
Utilización de estándares de cableado	120
Elección del equipamiento de transmisión.....	122
Planificar el trazado	124
Visitas al área de instalación.....	125
Elección de los componentes	127
Análisis de la pérdida óptica estimada de enlaces de la red de cables.....	133
Documentación del proyecto	137

El proceso de documentación	138
Protección de los registros	139
Planificación para la instalación.....	139
Problemas de potencia/puesta a tierra e instalaciones	142
Elaboración de un plan de pruebas	143
Pruebas obligatorias vs. pruebas opcionales.....	144
Coordinación de las pruebas y la documentación	144
Planificación de la restauración	145
Equipo para la restauración.....	146
Herramientas y componentes	146
Gestión de un proyecto de fibra óptica	147
Supervisión y gestión en el lugar	148
Contacto con las autoridades locales	149
Instalación de la red de fibra óptica	151
Preparación para la instalación	151
La planificación del proyecto	153
Lista de verificación para la instalación	155
Preparación para la instalación de la fibra óptica en planta interna	158
Eliminación de cables abandonados.....	161
Preparación para la instalación en planta externa	161
Hardware y equipamiento.....	163
Empalmado de cables.....	163
Provisión de equipos para el personal de instalación.....	164
Provisión de equipos de prueba para el instalador	167
Capacitación y seguridad	168
Obtener más capacitación	169
Instalación del cable de fibra óptica	178
Terminación y empalme	185
Prueba del cableado de fibra óptica instalado	188
Verificación de continuidad	188
Pruebas con OTDR	189
Administración, dirección y documentación	190

Definiciones de términos 191

Introducción



Objetivos: En este capítulo, usted aprenderá:

Qué significa "fibra óptica".

El desarrollo de la fibra óptica y su utilización en las comunicaciones.

La diferencia entre la fibra óptica de "planta externa" y la de "planta interna".

Algunas ventajas de la fibra óptica.

Los estándares de la fibra óptica.

Cómo trabajar de forma segura con la fibra.

¿Qué es la "fibra óptica"?

La fibra óptica es una tecnología de transmisión de luz a través de finos hilos de fibras ópticas sumamente transparentes, generalmente son fibras de vidrio pero a veces lo son de plástico. La fibra óptica se utiliza en las comunicaciones, la iluminación, la medicina, los controles ópticos y en la fabricación de sensores. La Asociación de Fibra Óptica (FOA, por sus siglas en inglés) tiene como principal interés la utilización de la fibra óptica en las comunicaciones, por lo que el presente libro se centrará en tal aplicación.

Breve historia

En las comunicaciones, la fibra óptica opera enviando señales de luz a través de finos hilos de fibra de vidrio (y en algunas oportunidades, de fibra de plástico). La fibra óptica comenzó a desarrollarse durante la década de 1970 en laboratorios de investigación y desarrollo en todo el mundo (Corning, Laboratorios Bell, ITT del Reino Unido) y en Dorset, Inglaterra fue instalada comercialmente por primera vez en 1976 por SCT y en Chicago, Illinois en Estados Unidos por AT&T. A principios de la década de 1980, las redes de comunicaciones con fibra conectaban las principales ciudades en cada costa.

A mediados de 1980, la fibra comenzó a reemplazar a todos los enlaces de cobre, de microondas y de satélites de larga distancia utilizados por las empresas de telecomunicaciones. En los 90, los cables de fibra óptica transoceánicos

reemplazaron a los satélites utilizados entre la mayoría de los continentes. En la actualidad, la fibra es rentable para la conexión directa al hogar.

La televisión por cable (CATV) descubrió la fibra a mediados de 1990 y, en principio, la utilizó para mejorar la confiabilidad de sus redes, un gran problema en ese entonces. Luego, descubrió que podía ofrecer servicios de telefonía e internet a través de la misma fibra y así ampliaron enormemente sus mercados. A medida que los teléfonos celulares comenzaron a dominar el mercado, sus redes troncales (*backbones*) se construyeron con fibra.

Las redes informáticas (LAN) comenzaron a utilizar fibra al mismo tiempo que las empresas de telecomunicaciones, a finales de 1970. Entre las primeras aplicaciones que se le dieron a la fibra, se encuentran los enlaces industriales, ya que la inmunidad al ruido como propiedad de la fibra, así como su capacidad en la distancia, hicieron que sea ideal para su uso en la fábrica. Luego, comenzó a utilizarse en centros de datos, en la conexión de visores gráficos y de enlaces de almacenamiento en servidores centrales (*mainframes*), lo que la hizo ser la predecesora de la actual SAN (red de área de almacenamiento, por sus siglas en inglés). Actualmente, la fibra se utiliza en la mayoría de las redes LAN, ya sea en las redes troncales (*backbones*), en las conexiones al escritorio para ingenierías, así como en estaciones de trabajo gráficas y puntos de acceso inalámbricos.

También se desarrollaron otras aplicaciones: conexiones con antena a redes de telefonía móvil; canales de datos en automóviles, buques y aeronaves; televisión en circuito cerrado (CCTV) para sistemas de seguridad, e incluso enlaces para sonido estéreo digital destinados al consumo. Entre los mayores usuarios de fibra óptica en la actualidad, se encuentran las municipalidades, que la utilizan para la conexión en escuelas, departamentos, semáforos inteligentes y sistemas de seguridad de CCTV. También incluso se ofrecen conexiones directas de fibra al hogar o a la empresa.

Hoy en día, la fibra óptica es el medio dominante o bien una elección lógica para todo sistema de comunicación. Los costos se han reducido tan notablemente que en la actualidad la fibra hasta el hogar es rentable, especialmente porque puede ofrecer servicios (entretenimiento y comunicaciones) que ningún otro medio ofrece.

¿Qué tipo de fibra óptica?

Al leer un artículo o al conversar con alguien acerca de fibra óptica es importante saber a qué fibra óptica están refiriéndose. No todos los cables de fibra óptica son iguales. En este libro nos centraremos en la fibra óptica utilizada en las comunicaciones; sin embargo, también puede utilizarse en la iluminación, en los controles médicos, en ensayos no destructivos y en la fabricación de sensores para medidas físicas.

En el campo de las comunicaciones, existe la fibra óptica para "planta externa", la que se utiliza para redes telefónicas, televisión por cable (CATV), redes metropolitanas, servicios, etc., y la fibra que se utiliza para la planta interna, es decir, la que se encuentra en edificios y en diversas instalaciones. De la misma forma en que "cable" puede tener muchos significados – la fibra óptica que se utiliza para la energía eléctrica, la seguridad, la ventilación, la calefacción y el aire acondicionado (HVAC), la televisión en circuito cerrado (CCTV), las redes de área local (LAN) o la telefonía no es la misma, lo que puede generar una gran confusión al principiante. Definamos algunos términos.

Planta externa

Las empresas de telefonía, de televisión por cable y de internet utilizan fibra óptica, la que casi en su totalidad se encuentra afuera de edificios y a la que se hace referencia como planta externa (OSP, por sus siglas en inglés), ya que cuelga de postes, está bajo la tierra, atraviesa conductos subterráneos o incluso puede estar sumergida bajo el agua. La mayoría atraviesa largas distancias, que van desde unos pocos metros hasta unos cientos de kilómetros.

Generalmente los cables de la planta externa tienen una cantidad muy elevada de fibras, hasta 288 o más. Los diseños de los cables se han optimizado según su aplicación: los cables para conductos están optimizados para estar sometidos a tracción y ser resistentes a la humedad; los cables subterráneos están optimizados para resistir la humedad y los daños causados por roedores; los cables aéreos, lo están frente a la tracción continua y condiciones meteorológicas extremas; y los cables submarinos están optimizados para resistir la penetración de humedad. La instalación requiere equipamiento especial, como tiradores de cable, e incluso remolques para transportar enormes bobinas de cable.

Las largas distancias implican cables empalmados, ya que los cables no se fabrican de longitudes mayores a 4 - 5 km. (2.5 - 3 millas), y la mayoría de los empalmes se realizan mediante empalmes por fusión. Se empalman conectores (generalmente SC o LC) al final del cable convirtiéndolos en cables de fibra conectorizados (*pigtails*). Luego de la instalación, se prueban todas las fibras y los empalmes con un OTDR (reflectómetro óptico en el dominio de tiempo).

Si esto le parece costoso, ¡está en lo cierto! Generalmente, el instalador cuenta con un vehículo con temperatura controlada, ya sea una camioneta, un remolque y/o un camión con grúa. Invertir en fusionadoras de fibra óptica, OTDR y otros equipos puede ser bastante costoso. La mayoría de las instalaciones de telefonía en planta externa las realizan las mismas empresas de telefonía, mientras que una pequeña cantidad de un gran número de instaladores especializados realizan trabajos de instalación de televisión por cable, servicios públicos y municipales.

Cableado en la planta interna

Por el contrario, el cableado en planta interna (cableado en edificios y otras instalaciones) implica distancias más cortas, pocas veces mayores a unos cientos de metros, generalmente con menor cantidad de fibras por cable. Mayormente se utiliza fibra multimodo, excepto en caso del usuario informado que instala cable híbrido con fibra multimodo y monomodo para futuras aplicaciones de gran ancho de banda.

Prácticamente no se utilizan empalmes por fusión en las este tipo de instalaciones. Los cables para la conexión entre edificios pueden ser con doble revestimiento, uno de polietileno para planta externa sobre otro de PVC, para instalaciones en edificios que requieran revestimientos de cable con propiedades ignífugas. Hoy en día, los conectores tienen generalmente menor pérdida que los empalmes, y los paneles de conexión otorgan mayor flexibilidad para movimientos, adiciones y modificaciones.

Los conectores más utilizados son los de tipo SC o ST, y los de tipo LC están comenzando a ser más populares. Las terminaciones se realizan instalando conectores directamente en los extremos de la fibra, principalmente mediante el uso de técnicas de empalme con adhesivos o conectores prepulidos. Las pruebas se realizan con una fuente y un medidor, pero cada instalador debería tener un indicador por destellos de luz para verificar la continuidad de la fibra y la conexión.

A diferencia del técnico que trabaja en planta externa, el instalador de cable que trabaja en planta interna (que generalmente también instala el cable de alimentación y el cable cat. 5/6 para redes LAN) probablemente realice una inversión relativamente menor en herramientas y equipamiento. Existen miles de instaladores de cableado que realizan trabajos de fibra óptica; descubrieron que no es "una ciencia", y que su pequeña inversión inicial en capacitación, herramientas y equipos de comprobación se recupera rápidamente.

Los instaladores

No muchos instaladores realizan ambos tipos de cableado: en planta externa y en planta interna. Las empresas que lo hacen, generalmente son grandes y tienen departamentos separados que realizan cada tipo de cableado con personal diferente. La mayoría de los contratistas sólo realizan cableado en planta interna.

¿Redes de cable de cobre, fibra o inalámbricas?

La mayor ventaja de la fibra óptica es que es el medio de transporte de información más rentable. La fibra óptica puede transportar más información en mayores distancias y en menos tiempo que cualquier otro medio de comunicación.

El ancho de banda de la fibra y su capacidad en la distancia implica que se utilicen menos cables, menos repetidores, menos energía y que se realice menos mantenimiento. Además, la fibra no se ve afectada por la interferencia de radiación electromagnética, lo que hace posible transmitir información y datos con menos ruido y con menos errores. La fibra es más liviana que los cables de cobre, lo que la hace popular para su utilización en aeronaves y en el campo automotriz.

Las redes inalámbricas se utilizaban como medio de transmisión para largas distancias hasta que la fibra comenzó a estar disponible; sin embargo, las redes inalámbricas están limitadas por las frecuencias de transmisión disponibles, por lo que se descartaron este tipo de redes como medio para largas distancias. A pesar de que las redes locales inalámbricas hayan crecido exponencialmente, éstas utilizan fibra tanto en su red troncal (*backbone*) y como en la conexión al sistema internacional de telefonía.

Estas ventajas hacen que la utilización de la fibra sea la elección más lógica para la transmisión de datos.

Hace veinticinco años, recién comenzaba a aparecer la fibra, era costosa y requería de doctorados emitidos por *Bell Labs* para realizar instalaciones, mientras que el cable de cobre era fácil de instalar. Hoy en día, la mayoría de los instaladores de cableado realizan instalaciones de fibra y redes inalámbricas, así como de cobre.

Dado que la fibra es tan potente, a la velocidad de las redes de hoy en día, tiene mucho margen y los usuarios pueden proyectar con total confianza un futuro con una velocidad de diez a cien gigabits. Actualmente, las empresas de telecomunicaciones utilizan DSL sobre cobre, pero tal conexión tiene un ancho de banda muy limitado con respecto a las distancias típicas de conexión de un abonado, y muchos cables de cobre antiguos no soportan las velocidades del DSL, lo que conlleva a la adopción de fibra hasta el hogar. La tecnología Gigabit Ethernet sobre cobre funciona con cables cortos en redes LAN sólo si se instalan y prueban cuidadosamente.

¿Pero la fibra no es más costosa? Las empresas de telecomunicaciones y los operadores de televisión por cable utilizan la fibra porque la realidad es más económica, optimizan la arquitectura de su red para aprovechar la velocidad de la fibra y sus ventajas en la distancia. En las redes LAN, se debe cumplir con el estándar EIA/TIA 568 para "fibra centralizada" para así optimizar la utilización de la fibra, y que pueda ser más económica que el cobre. La instalación de la fibra adecuada en una red LAN en la actualidad le brindará la oportunidad de lograr nuevas velocidades en la red para los próximos años. ¡Una fibra FDDI de 62.5/125 de diámetro tiene una duración mayor que 9 generaciones de cobre!

Los estándares facilitan las instalaciones de fibra

La adopción de cualquier tecnología depende de contar con estándares viables para asegurar la compatibilidad de los productos. La mayoría de lo que llamamos estándares son estándares voluntarios creados por grupos del sector. Los estándares no son "códigos" o leyes vigentes que debemos seguir para cumplir con las normas locales, sino que son lineamientos razonables para asegurar la operación adecuada de los sistemas de comunicaciones. Generalmente, ciertos grupos en cada país, como la EIA/TIA (Asociación de las industrias electrónica y de telecomunicaciones) o el IEEE (Instituto de ingenieros eléctricos y de electrónica) en los Estados Unidos desarrollan los estándares, pero éstos están convirtiéndose en estándares internacionales por el auspicio de la ISO (Organización Internacional para la Estandarización) y de la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional).

Los estándares como EIA/TIA 568 (de la Asociación de Industrias Electrónicas/Asociación de Industrias de Telecomunicaciones) que cubren todo lo que se necesita saber para realizar instalaciones de redes de cableado estándar en planta interna son lineamientos adecuados para los diseños y deberían respetarse para asegurar la interoperabilidad.

Los estándares de medición principales, por ejemplo los estándares para mediciones de potencia, están establecidos por organizaciones de estandarización en cada país, como el NIST (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de los Estados Unidos) y coordinados a nivel mundial.

El único "estándar obligatorio" en los Estados Unidos - los llamamos códigos - es el NEC 770 (Código Eléctrico Nacional, por sus siglas en inglés). El NEC contiene estándares para la seguridad eléctrica y para la prevención de incendios que incluyen a los cables de fibra óptica. Otros países tienen códigos similares para la seguridad en la construcción. Si un cable para planta interna no tiene clasificación del NEC, no debe instalarse, ya que no aprobará la inspección.

En el sitio web de la Asociación de Fibra Óptica hay un listado de los estándares EIA/TIA e ISO/IEC. En la mayoría de los sitios web de los proveedores de materiales para cableado estructurado se puede encontrar información acerca de los estándares EIA/TIA.

Dos cuestiones importantes a tener en cuenta para trabajar con fibra

Seguridad al trabajar con fibra óptica

Algunas personas piensan que la gran preocupación en las instalaciones de fibra óptica es el daño ocular al trabajar con láser. La realidad es que los láser que realizan perforaciones sobre metal o remueven verrugas de los dedos tienen poca

relación con la instalación típica de fibra óptica. Las fuentes ópticas que se utilizan en la fibra óptica, generalmente tienen niveles de potencia mucho menores (la excepción son los sistemas de telecomunicaciones de gran potencia de multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM) o de televisión por cable). Por supuesto, que siempre debería ser cuidadoso con sus ojos, especialmente cuando utiliza un microscopio para fibra óptica que puede concentrar toda la luz de una fibra en su ojo. NUNCA mire dentro de una fibra a menos que sepa que no hay luz allí - utilice un medidor de potencia para verificarlo - y de todas formas, la luz es infrarroja y no podrá verla.

El problema real de seguridad siempre está relacionado con los pequeños residuos de vidrio que quedan al cortar los extremos de las fibras que ya han sido terminadas o empalmadas. ¡Estos residuos o fragmentos de fibra son muy peligrosos! Los extremos cortados son extremadamente filosos y pueden penetrar fácilmente en su piel. Si se introducen en sus ojos, son muy difíciles de quitar. Ni siquiera piense qué ocurre si ingiere alguno. Siempre utilice gafas de seguridad cuando trabaje con fibra y deseche los residuos de fibra cuidadosamente.

Siempre que trabaje con fibra siga las reglas que se detallan a continuación.

1. Siempre utilice gafas de seguridad para proteger sus ojos de los residuos de fibra.
2. Deseche todos los restos de fibra adecuadamente. Siempre utilice un contenedor etiquetado adecuadamente para desecharlos con posterioridad y trabaje sobre un paño negro para que los restos de vidrio sean localizados más fácilmente.
3. No los arroje al piso a dónde podrán adherirse a las alfombras o los zapatos y trasladarse a cualquier otro lugar,
4. No ingiera alimentos o beba cerca del área de trabajo.

Los procesos de terminación y de empalme de fibra óptica conllevan la utilización de adhesivos y limpiadores químicos. Siga las instrucciones para su utilización (detalladas en la hoja de datos de seguridad de la sustancia - MSDS, por sus siglas en inglés -) cuidadosamente. Recuerde que incluso el alcohol isopropílico, utilizado como un simple producto de limpieza, es inflamable.

Tolerancia cero a la suciedad

Cuando trabajamos con fibra óptica, la tolerancia a la suciedad es prácticamente nula. Las partículas presentes en el aire son del tamaño del núcleo de una fibra monomodo aproximadamente - ¡éstas absorben mucha luz y pueden rayar los

conectores si no se quitan! La suciedad en los conectores es la mayor causa de rayaduras en los conectores pulidos, ¡y de mediciones de pérdida elevadas!

1. Procure trabajar en un área limpia. Evite trabajar cerca de salidas de sistemas de calefacción, ya que éstos eliminan polvo.
2. Siempre utilice casquillos guardapolvo sobre los conectores, conectores empalmes con rosca, paneles de conexión o cualquier otro material con el que va a realizar una conexión.
3. Utilice limpiadores de fibra óptica especiales o paños que no dejen restos de pelusa, y alcohol isopropílico para limpiar los conectores.
4. Las férulas de los conectores y cables utilizadas para las pruebas se ensuciarán al desechar el material del manguito de alineación en el casquillo de empalme, lo que creará un atenuador. ¡Podrá observar cómo el borde frontal de la férula del conector se pone de color negro! Utilice los manguitos de alineación de metal o cerámica solamente para las pruebas.

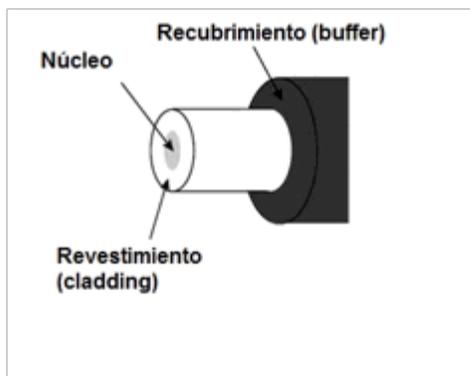
Kilómetro: 1000 metros / 3281 pies / 0.62 millas.

Micrón: 1/100,000,000 de un metro. 25 micrones equivalen a 0.001 pulgadas. Este es el término que comúnmente se utiliza para expresar el diámetro de una fibra, la mayoría mide 125 micrones de diámetro exterior.

Nanómetro: mil millonésima parte de un metro. Este término se utiliza en el campo de la fibra óptica para expresar la longitud de onda de la luz transmitida, por ejemplo, 850 o 1300 nm.

Fibra

Fibra óptica: finos hilos de vidrio sumamente transparente o de plástico que conducen luz.



Núcleo: el centro de la fibra a través del cual se transmite la luz.

Revestimiento (*cladding*): la capa óptica exterior de la fibra que mantiene la luz en el núcleo y la conduce a través de él, incluso en curvas.

Recubrimiento (*buffer*) o recubrimiento (*buffer*) primario: un recubrimiento exterior de plástico resistente que protege al vidrio de la fibra de la humedad o del daño físico. Este recubrimiento (*buffer*) es el que quitamos al realizar la terminación o el empalme

Modo: un único "patrón del campo electromagnético" (imagine un rayo de luz) que viaja a través de la fibra.

Fibra multimodo: posee un núcleo mayor (casi siempre de 50 a 62.5 micrones - un micrón es la mil millonésima parte de un metro) y se utiliza con fuentes láser

o LED a longitudes de onda que van de 850 a 1300 nm para instalaciones en distancias cortas como redes de área local (LAN) o cámaras de seguridad.

Fibra monomodo: posee un núcleo más pequeño, de solamente 8-9 micrones, por lo que sólo transmite un modo. Puede atravesar largas distancias a gran velocidad. La fibra monomodo se utiliza para telefonía (larga distancia, redes metropolitanas y fibra hasta el hogar) y televisión por cable con fuentes láser a 1310-1550 nm.

Identificación de la fibra: las fibras se identifican por los diámetros de su núcleo y de su revestimiento (*cladding*) expresados en micrones (la mil millonésima parte de un metro), por ejemplo, 50/125 micrones para la fibra multimodo o 9/125 micrones para la fibra monomodo. La mayoría de las fibras multimodo y monomodo poseen un diámetro exterior de 125 micrones - aproximadamente 0.0127 cm - apenas un poco más gruesas que un cabello humano. Los estándares internacionales para la fibra establecen especificaciones detalladas que también incluyen la capacidad de ancho de banda u otras características especiales.

Fibra óptica de plástico (POF, por sus siglas en inglés): es una fibra multimodo con un gran núcleo (generalmente de 1 mm) que puede utilizarse para redes de distancia corta y de baja velocidad. Se utiliza en sistemas de alta fidelidad (HiFi, por sus siglas en inglés) y como parte de un estándar para sistemas de comunicación vehicular llamados MOST.

Cable de fibra óptica

Cable: el cable protege a las fibras de la tensión durante la instalación y de las condiciones ambientales cuando ya está instalado. Los cables pueden contener de una a cientos de fibras. Hay tres tipos de cables: los de estructura ajustada (*tight buffer*) con un recubrimiento de plástico grueso que protege cada fibra, que se utiliza principalmente en planta interna; los de estructura holgada (*loose tube*), que constan de un único recubrimiento “*buffer*” primario para las fibras que están dentro de tubos plásticos; y los cables tipo *ribbon* que tienen forma de cinta, lo que permite que pequeños cables contengan una gran cantidad de fibras.

Chaqueta: cubierta exterior del cable de material resistente. Las chaquetas de los cables instalados dentro de edificios deben estar fabricadas con materiales especiales para cumplir con los códigos contra incendios.

Elementos de refuerzo: fibras de aramida (Kevlar es la denominación comercial de Dupont) utilizadas como elementos de refuerzo que permiten la tracción del cable. Este término también se utiliza para referirse a las varillas de fibra de vidrio presentes en algunos cables que se utilizan para endurecerlo y así evitar deformaciones.



Blindaje: evita que los roedores dañen el cable al masticarlo.

Blindaje: evita que los roedores dañen el cable al masticarlo.

Terminación y empalme

Conector: un dispositivo de carácter provisorio para conectar dos fibras mediante una unión también provisoria o conectar fibras al equipamiento. Los conectores deberían desconectarse ocasionalmente para realizar pruebas o reencaminamientos.



Fusión: unión permanente entre dos fibras principalmente utilizada para concatenar (unir) fibras largas en instalaciones en planta externa y colocar los cables de fibra conectorizados (*pigtail*) para terminarlas.

Empalme mecánico: fusión en la que las fibras se alinean por medio mecánico.

Empalme por fusión: fusión creada al soldar o fusionar dos fibras.

Fusionadora de fibra óptica: Instrumento que empalma fibras al fusionarlas o soldarlas, normalmente con un arco eléctrico.

Hardware: las terminaciones y los empalmes requieren de la utilización de componentes (hardware) para protección y administración: paneles de conexión, cierres de empalme, etc.

Especificaciones del rendimiento de la fibra

Atenuación: reducción en la potencia óptica cuando atraviesa una fibra, generalmente se expresa en decibelios (dB). Con respecto a la fibra, hablamos de coeficiente de atenuación o atenuación por unidad de longitud, en dB/km. Remitirse a pérdida óptica.

Ancho de banda: rango de frecuencias de señal o tasa de bits en el que un componente, enlace o señal de fibra óptica opera.

Decibelios (dB): unidad de medida de la potencia óptica que indica la potencia relativa. Por ejemplo, 3 dB es un factor o dos, 10 dB es un factor de diez. Los dB en valores negativos indican pérdida, por lo que -10 dB implica una reducción de 10 veces en potencia, -20 dB implica otras 10 veces o un total de 100 veces, -30 implica otras 10 o un total de 1000 y así sucesivamente.

dB: potencia óptica de relativa a un nivel cero arbitrario, utilizada para medir pérdida.

dBm: potencia óptica con 1 milivatio de referencia, utilizada para medir la potencia óptica absoluta desde los transmisores o receptores. Remitirse a potencia óptica.

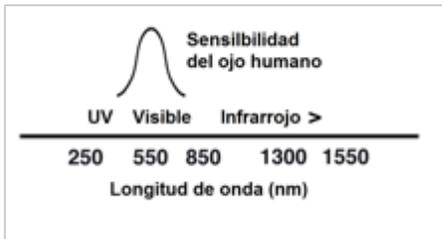
Pérdida óptica: la cantidad de potencia óptica perdida cuando la luz se transmite a través de la fibra, los empalmes, los acopladores; se expresa en "dB".

Potencia óptica: se mide en "dBm" o decibelios con una potencia de referencia de un milivatio. Mientras que la pérdida es una lectura relativa, la potencia óptica es una medición absoluta, con estándares de referencia. Uno mide la potencia óptica para probar los transmisores o receptores y la potencia relativa en "dB" para probar la pérdida.

Dispersión: propagación de pulsos causada por los modos en la fibra multimodo (dispersión modal), la diferencia de velocidad de la luz de diferentes longitudes de onda (CD o dispersión cromática en fibras monomodo o multimodo) o polarización (PMD o dispersión por modo de polarización en fibra monomodo).

Refracción: el cambio de dirección de la luz luego de chocar con pequeñas partículas que causan la mayor parte de la pérdida en la fibra óptica y se utiliza para realizar mediciones con un OTDR(reflectómetro óptico en el dominio de tiempo).

Longitud de onda: Término para el color de la luz, generalmente expresado en nanómetros (nm) o micrones (m). La fibra se utiliza mayormente en la región infrarroja donde la luz es invisible al ojo humano. La mayoría de las especificaciones de la fibra (atenuación, dispersión) dependen de la longitud de onda.



Herramientas

Peladora o cortadora de cable: cortadora que remueve la chaqueta exterior de los cables.

Peladora de fibra: peladora de precisión que se utiliza para remover el recubrimiento exterior (*buffer*) de la fibra para la terminación. Existen tres tipos de uso común, a las que se las llama por su marca comercial: "Miller Stripper" (peladora Miller), "No-Nik" y "Micro Strip."

Cortadora: herramienta que "rompe" con precisión la fibra y produce una terminación plana para empalme o pulido.

Lápiz rayador con punta de carburo: herramienta resistente y con punta afilada que raya la fibra para realizar el corte.



Disco de pulido: para conectores que requieren ser pulidos, el disco sostiene al conector alineándolo con el papel de lija granulada para pulir.

Papel de lija granulada para pulir: papel fino y granulada utilizado para pulir el extremo de la férula del conector.

Crimpadora: herramienta que crimpa el conector a las fibras de aramida del cable para otorgarle resistencia mecánica.

Fusionadora de fibra óptica: instrumento que suelda dos fibras en una unión permanente.

Equipo de comprobación de fibra óptica

Medidor de potencia óptica: instrumento que mide la potencia óptica desde el extremo final de una fibra.

Fuente de luz: instrumento que utiliza láser o LED para emitir una señal óptica y así medir la pérdida de una fibra o un cable.

Equipo de comprobación de pérdidas ópticas (OLTS): instrumento de medición que incluye tanto un medidor como una fuente y se utiliza para medir la pérdida de inserción de redes de cableado o de cables individuales. También conocido como fuente de luz y medidor de potencia (LSPM)

Cables de prueba de referencia: cables de fibra monomodo con conectores en ambos extremos, que se utilizan para probar cables desconocidos. Se conecta un cable de lanzamiento a la fuente para establecer la potencia de referencia para las mediciones de pérdida y se conecta un cable de recepción al medidor de potencia.



Adaptador de acoplamiento: también llamado adaptador empalme o acoplador; permite el acoplamiento de dos conectores.

Trazador visual de continuidad: fuente visible de luz (LED o de magnesio) que permite comprobar visualmente la continuidad y el trazado para lograr conexiones adecuadas de conectores de doble polaridad, por ejemplo.

Localizador visual de fallos: fuente de luz láser visible de gran potencia que permite comprobar la continuidad de la fibra, trazar visualmente la continuidad y localizar fallos cerca del final del cable.

Microscopio para inspección: se utiliza para inspeccionar el extremo de un conector en busca de fallos como rayaduras, pulido o suciedad.

Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR): instrumento que utiliza luz retrodispersada para tomar una foto de una fibra óptica, la que puede utilizarse para medir la longitud de fibra, pérdidas de empalme, la atenuación de fibra y para localizar fallos en la fibra desde un sólo extremo del cable.

Comunicaciones con fibra óptica



Objetivos: En este capítulo, usted aprenderá:
Las ventajas de la fibra óptica como medio de comunicación.
Cómo se utiliza la fibra óptica en los sistemas de comunicaciones.
Otros usos de la fibra óptica.



¿Por qué utilizar fibra?

La fibra se ha convertido en el medio de comunicación elegido para telefonía, telefonía móvil, televisión por cable (CATV), redes troncales LAN, cámaras de seguridad, redes industriales, y casi todo tipo de comunicaciones.

La mayor ventaja de la fibra óptica es que es el medio de transporte de información más rentable. La fibra puede transportar más información en mayores distancias y en menos tiempo que cualquier otro medio de comunicación, tal como la foto de arriba de fines de 1970 en la que se muestran cables de igual capacidad ilustra tan bien. El ancho de banda de la fibra y su capacidad en la distancia implica que se utilicen menos cables, menos repetidores, menos energía y que se realice menos mantenimiento. Además, la fibra no se ve afectada por la interferencia de radiación electromagnética, lo que hace posible transmitir información y datos con menos ruido y con menos errores. La fibra es más liviana que los cables de cobre, lo que la hace popular

para utilizarla en aeronaves y en el campo automotriz. Estas ventajas abren las puertas a muchas otras ventajas que hacen que la elección de la fibra para la transmisión de datos sea la opción más lógica.

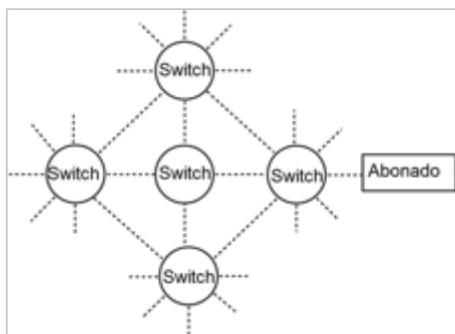
Estas ventajas han llevado a que la fibra se haya convertido en el medio de transmisión elegido para prácticamente todas las comunicaciones de datos, voz y video.

Tanto las empresas de telecomunicaciones como los operadores de televisión por cable utilizan la fibra por razones económicas, pero la justificación de los costos implica adoptar nuevas arquitecturas de red para aprovechar las virtudes de la fibra. Los diseñadores e instaladores de redes de área local (LAN) y de planta interna ahora se han dado cuenta que ellos también deben adoptar nuevas arquitectura de redes. Una red de cableado en planta interna también debe ser menos costosa si se realiza con fibra en lugar de cobre. La conversión de redes de cobre es sencilla con conversores de medios, dispositivos que convierten la mayoría de los sistemas a fibra óptica. Incluso si se añade el costo de los conversores de medios, la red de fibra óptica generalmente será menos costosa que la de cobre si se utiliza la arquitectura apropiada.

Redes de comunicación de fibra óptica

Redes de telefonía

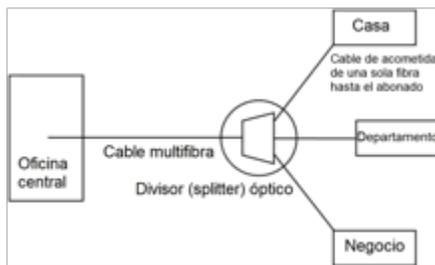
Las redes de telefonía fueron los primeros grandes usuarios de fibra óptica. Se utilizaron enlaces de fibra óptica para reemplazar las conexiones de cobre o de radio digital entre los switches telefónicos, comenzando con enlaces de larga distancia, llamados líneas largas, en donde la distancia y el ancho de banda hicieron que la fibra sea considerablemente más rentable. Las empresas de telecomunicaciones utilizan fibra para conectar todas sus oficinas centrales y switches de larga distancia ya que la fibra tiene un ancho de banda miles de veces mayor que el del cable de cobre y puede transportar señales cientos de veces más lejos antes de necesitar un repetidor - lo que hace que el costo de una conexión



telefónica sobre fibra sea sólo un pequeño porcentaje del costo de la misma conexión con cobre.

Luego de que los enlaces de larga distancia migraran a fibra, las empresas de telecomunicaciones comenzaron a reemplazar

con fibra enlaces de menor distancia entre switches, por ejemplo, entre switches dentro de la misma área metropolitana. En la actualidad, prácticamente todas las redes de telefonía han migrado a fibra. Las empresas de telecomunicaciones están tendiendo fibra directamente hasta el hogar (FTTH), utilizando sistemas de red óptica pasiva (PON) de bajo costo que emplean divisores (*splitters*) para compartir el costo de algunos componentes de fibra óptica entre un máximo de 32 abonados.



Incluso las redes de telefonía móvil tienen redes troncales (*backbones*) de fibra, lo que es más eficiente y menos costoso que utilizar el preciado ancho de banda inalámbrico para conexiones de la red troncal (*backbone*). Las torres de telefonía

móvil con muchas antenas tendrán grandes bandejas o pedestales de cable en donde los cables de fibra se conecten con la antena electrónica.

Internet

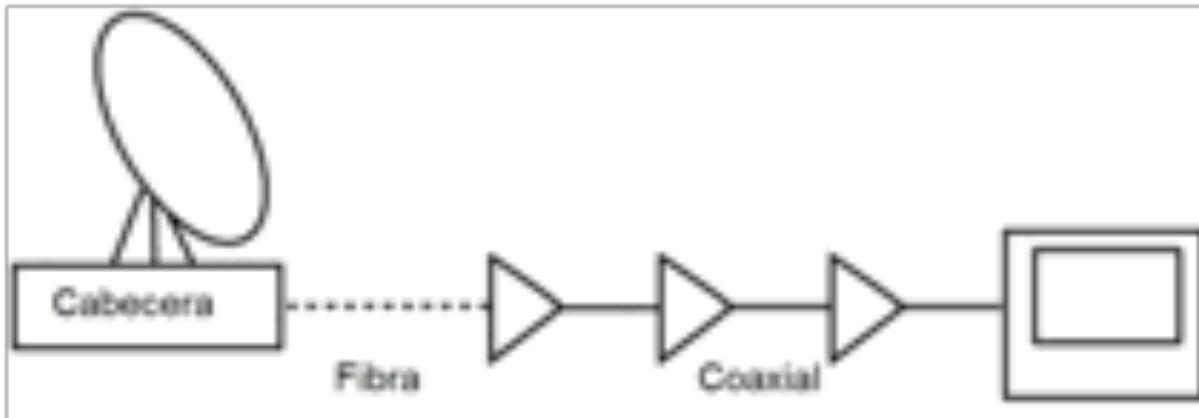
Internet siempre se ha basado en una red troncal (*backbone*) de fibra óptica. Comenzó siendo parte de la red de telefonía, que en ese entonces era principalmente de voz, pero se ha convertido en la mayor red de comunicaciones ya que el tráfico de datos ha superado con creces al tráfico de voz. En la actualidad, las empresas de telecomunicaciones están migrando sus comunicaciones de voz al protocolo de internet (IP) para reducir costos.

Televisión por cable (CATV)

La mayoría de los sistemas de televisión por cable también están utilizando fibra en sus redes troncales (*backbones*). Las empresas de televisión por cable utilizan fibra porque les otorga mayor confiabilidad y les brinda la oportunidad de ofrecer nuevos servicios, como el de telefonía y de conexión a internet.

La televisión por cable solía tener una pésima reputación con respecto a la confiabilidad, aunque en realidad, no se trataba de un problema con el servicio sino con la topología de red. Estas empresas de TV por cable utilizan señales analógicas de muy alta frecuencia, hasta 1 GHz, lo que tiene una atenuación elevada sobre el cable coaxial. Para implementar un sistema en toda una ciudad, la televisión por cable necesita muchos amplificadores (repetidores) para llegar al usuario al final del sistema, generalmente 15 o más. Con frecuencia los amplificadores fallan, lo que significa que el tráfico de bajada (*downstream*) hacia el abonado, que corresponde al amplificador que falló, pierde la señal. Encontrar

y reparar los amplificadores que han fallado era complejo y consumía mucho



tiempo, lo que ocasionaba reclamos por parte de los abonados.

El desarrollo de los láser de retroalimentación distribuida (DFB) sumamente lineales permitieron que los sistemas de televisión por cable pudieran migrar a sistemas ópticos analógicos. Las empresas de televisión por cable se expanden a nuevos territorios con la fibra, conectan sus cabeceras con fibra y luego llevan la fibra localmente al vecindario; sujetan el cable de fibra al cable coaxial "*hardline*" aéreo utilizado para el resto de la red o lo tiran para que atraviese el mismo conducto subterráneo. La fibra les permite dividir su red en áreas de servicio más pequeñas, generalmente con menos de 4 amplificadores, lo que evita que una gran cantidad de clientes se vean afectados en una interrupción del servicio, de esta forma su red es más confiable y la solución de problemas es más sencilla, generando un mejor servicio y una mejor relación con el cliente.

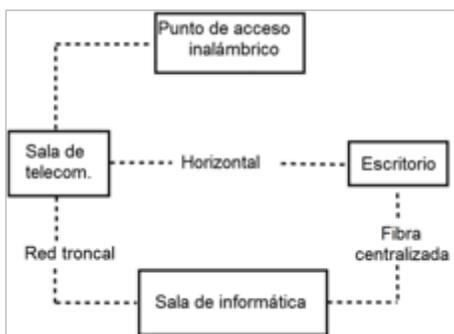
También la fibra le brinda al operador de televisión por cable una vía de retorno que puede utilizar para conexiones telefónicas o de internet, y así aumentar su potencial de ingresos. La mayoría de los sistemas de televisión por cable todavía utilizan sistemas AM (analógicos) que simplemente convierten las señales eléctricas de televisión en señales ópticas. Búselos para migrar a más transmisiones digitales en el futuro.

Redes en planta interna

Las redes en planta interna, mayormente las redes informáticas de área local (LAN) utilizan fibra óptica principalmente en la red troncal (*backbone*) pero cada vez en mayor medida, la están utilizando para llegar hasta el escritorio y para conectar puntos de acceso inalámbricos. La red troncal (*backbone*) de una red LAN con frecuencia requiere de mayores distancias que una red de cable de

cobre (Categoría 5/5e/6/6A) pero por supuesto, la fibra ofrece un mayor ancho de banda para expansiones futuras. La capacidad que tiene la fibra para permitir actualizaciones de red, se puede expresar al decir que un tipo de fibra determinado tiene una duración mayor que 9 generaciones de cable de cobre en redes de área local (LAN). Un nuevo tipo de fibra (OM3) ofrece posibilidades de actualización en el futuro, mientras que el cobre continúa luchando por aumentar la velocidad en las redes.

Hasta hace no mucho, las redes corporativas de área local utilizaban fibra en sus redes troncales (*backbones*) combinada con cableado de cobre hasta el escritorio. Generalmente los switches y concentradores LAN están disponibles con puertos para fibra óptica pero los ordenadores personales tienen interfaces a Ethernet sobre cobre; económicos conversores de medios permiten conectar los ordenadores personales a fibra. La fibra hasta el escritorio puede ser rentable si se diseña apropiadamente utilizando una arquitectura de red centralizada sin conmutación local en el cuarto de telecomunicaciones, pero muchos usuarios no



quieren continuar "atados" a un cable de red. Las ventas de los ordenadores personales están decayendo y los que eligen la mayoría de los usuarios son los ordenadores portátiles con conexión inalámbrica a la red. Generalmente sólo los usuarios de datos de alta velocidad como los ingenieros y diseñadores gráficos utilizan estaciones de trabajo de escritorio; el resto de la gente utiliza ordenadores portátiles

con conexión inalámbrica.

Redes LAN de fibra centralizada

Cuando la mayoría de los contratistas y usuarios finales analizan la fibra en comparación con el cableado UTP para una red de área local (LAN), comparan la antigua red LAN de cobre con la fibra directamente reemplazando los enlaces de cobre. El costo de una planta de fibra óptica instalada es comparable con el costo de una planta de cable categoría 5/6/6A también instalada, pero la fibra con frecuencia requiere de conversión electrónica de medios lo que aumenta el costo del enlace de fibra.

Sin embargo, la diferencia real se ve si se utiliza una red de fibra óptica centralizada - que se ilustra a la derecha del diagrama de arriba. Dado que la fibra no tiene el límite de 90 metros de distancia que tiene el cable UTP, se puede colocar todo lo electrónico en el cuarto de informática o cerca de él. El cuarto de

telecomunicaciones sólo se utiliza para la conexión pasiva de los cables de fibra óptica de la red troncal (*backbone*), por lo tanto no se necesita electricidad, unidades UPS (fuentes de alimentación ininterrumpida), puestas a tierra, ni acondicionamiento de aire. Estos servicios auxiliares, necesarios para concentradores (*hubs*) categoría 5, conllevan elevadísimos costos para cada sala de telecomunicaciones. Incluso si se está diseñando un nuevo edificio, ni siquiera se tiene que incurrir en gastos en el cuarto de telecomunicaciones.

Además, al tener todos los concentradores (*hubs*) de fibra óptica en un sólo lugar, puede utilizar mejor el *hardware* ya que tendrá menos puertos sin utilizar. Dado que los puertos de los concentradores modulares tienen que añadirse en módulos de 8 o 16, es frecuente que al tener un concentrador (*hub*) en un cuarto de telecomunicaciones haya muchos puertos vacíos en un módulo. Con un sistema de fibra centralizado, podrá añadir módulos de una forma más eficiente ya que podrá soportar muchas ubicaciones de escritorio más pero no necesitará tener más de un módulo con puertos disponibles.

Otras aplicaciones de la fibra óptica

Muchas otras redes utilizan fibra. La televisión en circuito cerrado (CCTV) suele utilizar fibra por su capacidad en la distancia y por su seguridad, especialmente en grandes edificios como aeropuertos y redes metropolitanas. Los sistemas de seguridad son más seguros si se realizan con fibra. Hoy en día, prácticamente cualquier red tiene la posibilidad de realizarse con fibra.

Redes metropolitanas

Muchas ciudades han adoptado la fibra para sus redes de comunicaciones. Las redes metropolitanas utilizan fibra para muchas otras aplicaciones además de las cámaras de vigilancia de CCTV, lo que incluye la conexión entre organismos de servicio público como los bomberos, la policía, y otros servicios de emergencia, como hospitales, escuelas y sistemas de gestión del tráfico. En una ciudad, se pueden instalar cables en ubicaciones estratégicas de forma tal que varios servicios puedan compartir las fibras de los cables, y así ahorrar en costos de instalación. También se está aprendiendo a instalar conductos subterráneos cada vez que se realizan excavaciones en la calzada, por lo que cuando los cables tengan que instalarse, no será necesario realizar más construcciones.

Redes industriales

Las plantas industriales utilizan fibra debido a su robustez, capacidad en la distancia e inmunidad a ruido. En un entorno industrial, la interferencia electromagnética (EMI) suele ser un gran problema. Las máquinas, los relevadores, las soldadoras y otros equipamientos industriales generan una inmensa cantidad de ruidos eléctricos que pueden causar problemas significativos

con el cableado de cobre, especialmente con cable sin blindaje como el UTP. Para tender cable de cobre en un entorno industrial, con frecuencia es necesario pasarlo a través de un conducto para que tenga la protección necesaria. La fibra también es flexible, por lo que muchos robots industriales utilizan fibra, generalmente de plástico, para controles.

La fibra óptica tiene inmunidad total frente a la interferencia electromagnética (EMI). Solamente tiene que elegir un cable que sea lo suficientemente resistente para la instalación, y un cable "*breakout*" es una buena elección para este tipo de obras reforzadas. El cable de fibra óptica puede instalarse fácilmente punto a punto, pasando junto a las principales fuentes de interferencia electromagnética (EMI) sin efecto alguno. La conversión de redes de cobre es sencilla con conversores de medios, dispositivos que convierten la mayoría de los sistemas a fibra óptica. Aunque se incluya el costo de los conversores de medios, la red de fibra óptica será más económica que la de cobre tendida en conductos.

Redes de empresas de servicios públicos

Estas empresas utilizan la fibra para las comunicaciones, los sistemas de vigilancia de CCTV y la gestión de la red. Las empresas públicas proveedoras de electricidad también aprovechan la inmunidad al ruido de la fibra, incluso tendiendo fibra dentro de cables de distribución de alta tensión. También, algunas empresas de servicios públicos instalan fibras en sus redes de distribución de alta tensión y alquilan fibras a otras empresas de telecomunicaciones. Estas empresas no utilizan la fibra para aplicarla a la comunicación, sino que los sensores de fibra óptica permiten controlar la tensión alta y la tensión de la corriente en sus sistemas de distribución. El interés en la gestión de la distribución de potencia de "redes eléctricas inteligentes" para mejorar la eficiencia se basa en utilizar fibra óptica para la gestión de la red.

Aplicaciones militares y plataformas

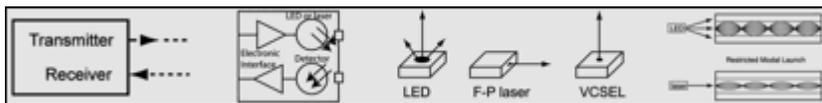
El personal militar utiliza la fibra en todos lados, en bases, plataformas (buques y aviones), y en el campo de batalla, dado que la fibra resulta difícil de dañar y de interferir. Los aviones utilizan fibra por su confiabilidad e inmunidad al ruido, pero también por el poco peso de la fibra; incluso millones de automóviles tienen redes de fibra que conectan todos los componentes electrónicos ya que la fibra es inmune al ruido y a su vez reduce el peso del vehículo.

Diseño de redes de fibra óptica

Este es un tema muy amplio, por lo que más adelante en el libro hay un apartado completo acerca de este tema. El ancho de banda adicional de la fibra así como

su capacidad para transmitir en distancias mayores, hacen que sea posible realizar cosas que no lo son con cableado de cobre o con redes inalámbricas. Primero y principal, considere que es necesario conocer bien cuáles son las señales que se transmitirán sobre la fibra y la especificaciones del equipamiento de transmisión. Luego, realice un plano y visite el lugar de trabajo para saber a dónde se instalará la red de cables de fibra óptica; conozca los estándares pero utilice el sentido común al diseñar la instalación; considere cuáles serían los posibles problemas y elúdalos o evítelos; no omita procedimientos que podrían afectar el rendimiento o la confiabilidad; documente todo de forma completa; realice planificaciones para ampliaciones futuras y para restauraciones en caso de que surjan problemas. ¡En este tema, no hay nada que reemplace a la experiencia ni al sentido común!

Sistemas de transmisión por fibra óptica y sus componentes



Objetivos: En este capítulo usted aprenderá:

Cómo funcionan los enlaces de datos de fibra óptica y los sistemas de transmisión.

Qué componentes se utilizan en los *transceivers*.

Qué tipos de fuentes y detectores que se utilizan en los *transceivers*.

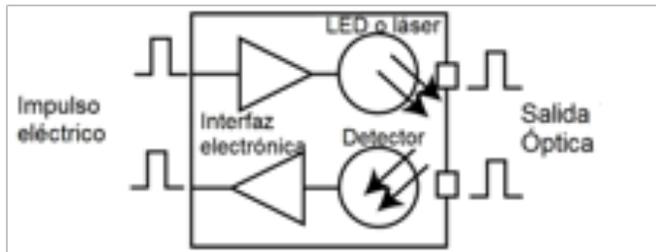
Los parámetros de rendimiento de los sistemas de transmisión por fibra óptica.

Enlaces de datos de fibra óptica



Los sistemas de transmisión de fibra óptica utilizan enlaces de datos que funcionan de forma similar a la que se ilustra en el diagrama de arriba. Cada enlace de fibra consta de un transmisor en un extremo de la fibra y de un receptor en el otro. La mayoría de los sistemas operan transmitiendo en una dirección a

través de una fibra y en la dirección opuesta a través de otra fibra para así tener una transmisión bidireccional. Es posible transmitir en ambas direcciones a través de una sola fibra pero se necesitan acopladores para hacerlo, y la fibra es menos costosa que ellos.



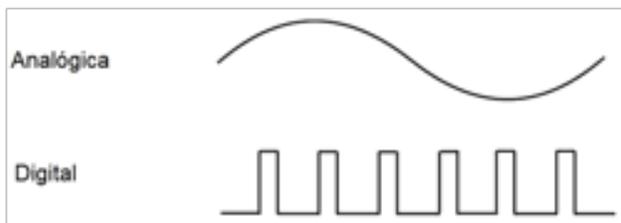
Una red FTTH óptica pasiva (PON) es el único sistema que utiliza transmisión bidireccional sobre una sola fibra porque su arquitectura de red ya utiliza acopladores como base.

utiliza transmisión bidireccional sobre una sola fibra porque su arquitectura de red ya utiliza acopladores como base.

La mayoría de los sistemas utilizan un "transceiver" que incluye tanto un transmisor como un receptor en un sólo módulo. El transmisor toma un impulso eléctrico y lo convierte en una salida óptica a partir de un diodo láser o un LED. La luz del transmisor se acopla a la fibra con un conector y se transmite a través de la red de cables de fibra óptica. La luz del final de la fibra se acopla al receptor, donde un detector convierte la luz en una señal eléctrica que luego se acondiciona de forma tal que pueda utilizarse en el equipo receptor.

Analógico o digital

Las señales analógicas son continuamente variables y la información contenida en ellas está en la amplitud de la señal con respecto al tiempo. Las señales digitales se muestrean a intervalos de tiempo regulares y la amplitud se convierte a bytes digitales, por lo tanto la información es un número digital.



Las señales analógicas son la forma más común de transmisión de datos, pero sufren degradación por el ruido presente en el sistema de transmisión. Debido a que la señal analógica se atenúa en un cable, la relación señal-ruido empeora y en consecuencia la calidad de la señal se degrada. Las señales digitales pueden transmitirse en largas distancias sin que se degraden ya que son menos sensibles al ruido.

La transmisión de datos por fibra óptica puede ser analógica o digital, aunque es mayormente digital. Las redes informáticas y de telefonía son digitales, la

La transmisión de datos por fibra óptica puede ser analógica o digital, aunque es mayormente digital. Las redes informáticas y de telefonía son digitales, la

televisión por cable actualmente es analógica pero está migrando a digital, y los sistemas de CCTV posiblemente también lo hagan.

Tanto las transmisiones analógicas como las digitales tienen algunos parámetros comunes y diferencias importantes. Para ambos tipos de transmisión, el margen de pérdida óptica o el presupuesto de potencia óptica es lo más importante. Las transmisiones de datos analógicas se prueban mediante la medición de la relación señal-ruido para determinar el margen de enlace, mientras que las transmisiones digitales utilizan la tasa de bits erróneos para medir el rendimiento. Ambas transmisiones deben probarse sobre todo el ancho de banda especificado para la operación; sin embargo, actualmente la mayoría de los enlaces son específicos para una aplicación de red, como CATV AM o monitores a color RGB para transmisiones analógicas y SONET, Ethernet o canal de fibra para transmisiones digitales.

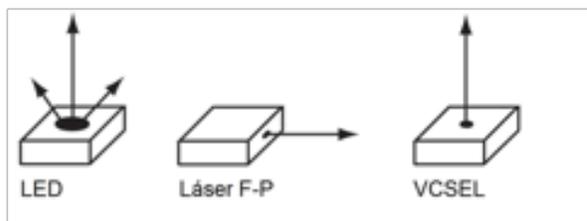
Diseño (chásis)

Generalmente, el diseño de los *transceivers* es estándar para que múltiples fuentes puedan conectarse al equipo de transmisión. Los módulos se conectan a un conector dúplex en un extremo óptico y a una interfaz eléctrica estándar en el otro extremo. Los *transceivers* reciben alimentación de los equipos en los que están integrados.

Fuentes para transmisores ópticos

Las fuentes utilizadas para transmisores ópticos deben cumplir con varios criterios: operar en la longitud de onda adecuada, ser pasibles de modularse lo suficientemente rápido para transmitir datos y poder acoplarse de forma eficiente a la fibra.

Comúnmente se utilizan cuatro tipos de fuentes: LED, láser fabry-perot (FP), láser de retroalimentación distribuida (DFB) y láser de cavidad vertical y emisión superficial (VCSEL). Todos ellos convierten las señales eléctricas en señales ópticas, pero son muy diferentes entre sí. Los tres son minúsculos dispositivos semiconductores (chips). Los LED y VCSEL se fabrican sobre pastillas de material semiconductor para que puedan emitir luz desde la superficie del chip, mientras que los láser F-P y DFB emiten luz desde el lateral del chip, desde una cavidad del láser creada en el medio del chip.



Los LED tienen una potencia disponible mucho menor que los láser y su patrón divergente y amplio de

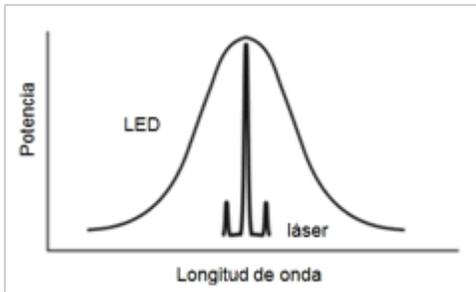
salida de la luz hace que sea más difícil que se acoplen a las fibras, por lo que se pueden utilizar sólo con fibras multimodo. Los láser tienen un patrón de salida de la luz menor y más estrecho, por lo que se pueden acoplar fácilmente a fibras monomodo, lo que los hace ideales para transmisiones de alta velocidad en larga distancia. Los LED tienen un ancho de banda menor que los láser y su uso se limita a sistemas que operan a 250 MHz o 200 Mb/s aproximadamente. Por otro lado, los láser tienen una capacidad de ancho de banda muy elevada, por lo que pueden ser útiles en 10 GHz o 10 Gb/s.

Debido al método en el que son fabricados, los LED y VCSEL son más económicos. Los láser son más costosos porque es más difícil crear la cavidad del láser dentro del dispositivo, y recién se podrá probar si el láser funciona correctamente cuando el chip esté separado de la pastilla del material semiconductor y tenga cada extremo revestido.

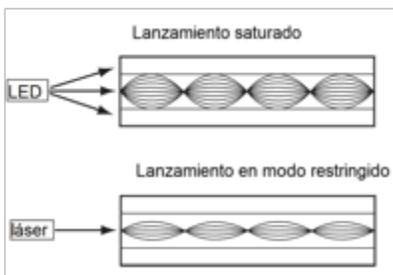
Especificaciones estándar de fuentes de fibra óptica

Tipo de dispositivo	Longitud de onda (nm)	Potencia dentro de la fibra (dBm)	Ancho de banda	Tipo de fibra
LED	850, 1300	-30 a -10	<250 MHz	multimodo
Láser Fabry-Perot	850, 1310 (1280-1330), 1550 (1480-1650)	0 a +10	>10 GHz	multimodo, monomodo
Láser DFB	1550 (1480-1650)	0 a +13 (+25 con amplificador óptico)	>10 GHz	monomodo
VCSEL	850	-10 a 0	>10 GHz	multimodo

Los LED tienen un ancho de banda limitado mientras que todos los tipos de láser son muy rápidos. Otra gran diferencia entre los LED y ambos tipos de láser es el espectro de emisión. Los LED tienen un espectro de emisión muy ancho, lo que provoca dispersión cromática en la fibra, mientras que los láser tienen un espectro de emisión angosto que causa muy poca dispersión cromática. Los láser DFB, que se utilizan en largas distancias y en los sistemas DWDM, tienen los anchos espectrales más angostos, lo que disminuye la dispersión cromática en las transmisiones de mayor distancia. Los láser DFB también son altamente lineales (es decir que la salida de la luz continúa directamente a la entrada eléctrica) por lo que pueden utilizarse como fuentes en sistemas CATV AM.



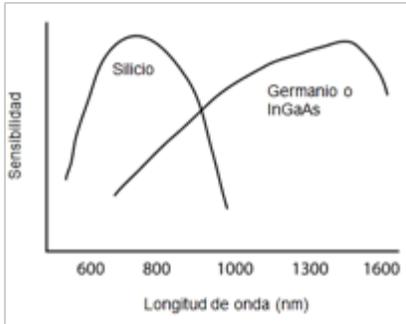
La elección de estos dispositivos depende principalmente de la velocidad y de cuestiones de compatibilidad. Dado que muchos sistemas de planta interna que utilizan fibra multimodo han superado la velocidad de transmisión de bits de 1 Gb/s, los láser (mayormente los VCSEL) han reemplazado los LED. La salida de luz de los LED es muy dispersa; sin embargo, la de los láser es muy localizada, y las fuentes llenan la fibra de forma diferente. El lanzamiento restringido del VCSEL o de cualquier otro láser proporciona un mayor ancho de banda efectivo de la fibra; sin embargo, la fibra optimizada para láser, generalmente la OM3, es la ideal para los láser.



La electrónica de un transmisor es simple: convierten un pulso de entrada (voltaje) en un pulso de corriente preciso para dirigir la fuente de luz. Generalmente, los láser se polarizan con una corriente continua baja y se modulan por encima de tal polarización corriente para maximizar la velocidad.

Detectores para receptores ópticos

Los receptores utilizan detectores semiconductores (fotodiodos o fotodetectores) para convertir las señales ópticas en señales eléctricas. Los fotodiodos de silicio se utilizan para enlaces de longitud de onda corta (650 para fibra óptica de plástico, y 850 para fibra multimodo de vidrio). Generalmente, en los sistemas de longitud de onda larga se utilizan detectores de InGaAs (arseniuro de galio-indio) ya que tienen menor ruido que los de germanio, que hace que los receptores sean más sensibles.



Los sistemas de muy alta velocidad a veces utilizan fotodiodos de avalancha (APD) que tienen mayor capacidad de ancho de banda que otros fotodiodos. Los APD se polarizan con alto voltaje para crear ganancia en el fotodiodo, lo que aumenta la sensibilidad y la capacidad de frecuencia. Estos dispositivos son más costosos y complicados de utilizar pero ofrecen ganancia significativa en la potencia.

Componentes para transmisión óptica para aplicaciones especiales

Multiplexación por división de longitud de onda

Dado que la luz de las diferentes longitudes de onda no se mezcla en la fibra, es posible transmitir simultáneamente señales en diferentes longitudes de onda a través de una sola fibra. La fibra es económica, pero instalar nuevos cables puede ser costoso, por lo que utilizar fibras ya instaladas para transmitir más señales puede ser muy rentable.

La multiplexación por división de longitud de onda (WDM) se utilizó por primera vez con fibra multimodo en los comienzos de la fibra óptica, utilizando tanto 850 como 1310 nm en fibra multimodo. Actualmente, las redes de fibra monomodo pueden transportar señales a 10Gb/s en 64 longitudes de onda o más, lo que se conoce como multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM). Los sistemas de fibras multimodo que utilizan multiplexación por división de longitud de onda (WDM) han sido menos populares; sin embargo, algunos estándares utilizan multiplexación por división de longitud de onda ligera (CWDM) para transportar señales a velocidades mayores a 1 Gb/s sobre fibras multimodo optimizadas para láser.

Repetidores y amplificadores ópticos

A pesar de que la fibra óptica tiene pérdidas bajas, lo que permite que la señal viaje cientos de kilómetros, para distancias extremadamente largas e incluso en cables submarinos, se necesitan regeneradores o repetidores para amplificar la señal periódicamente. Al principio, los repetidores consistían básicamente en un transmisor seguido de un receptor. Este receptor convertía la señal de entrada

óptica en una señal eléctrica, la limpiaba para eliminar todo el ruido posible y luego otro transmisor láser la retransmitía. Estos repetidores añadían ruido a la señal, consumían mucha energía y eran complejos, lo que significa que eran una causa de fallas. Además, tienen que fabricarse para una velocidad de transmisión específica y si se desea realizar una actualización de la red, se deben reemplazar todos los repetidores, ¡una tarea realmente difícil de realizarse en un cable submarino!

La solución a los repetidores ópticos fueron los amplificadores ópticos. Un amplificador de fibra estándar funciona en banda 1480-1650 nm. Consta de fibra dopada con erbio bombeada con un láser a 980 o 1480 nm. El láser de bombeo suministra la energía para el amplificador, mientras que la señal de entrada estimula la emisión a medida que el pulso atraviesa la fibra dopada. Esta emisión estimulada a su vez estimula mayor emisión, por lo que se genera un crecimiento rápido y exponencial de energía en la fibra dopada. Es posible obtener ganancias de hasta 40 dB (10000X) con potencias disponibles de hasta +26 dBm (400 mW).

Además de utilizarse como repetidores, los amplificadores ópticos se utilizan para aumentar el nivel de señal en los sistemas de televisión por cable, los que requieren niveles de energía elevados en el receptor para mantener un rendimiento adecuado de la relación señal-ruido, lo que permite tendidos de cable de mayor distancia o bien el uso de divisores (*splitters*) para "emitir" una sola señal a través de un acoplador hacia muchas fibras, y así ahorrar el costo de transmisores adicionales. En telefonía, los amplificadores de fibra se combinan con DWDM (multiplexación por división de longitud de onda densa) para sobrellevar las ineficiencias de los acopladores de DWDM para transmisiones de larga distancia.

Rendimiento del enlace de datos y presupuesto de potencia óptica del enlace

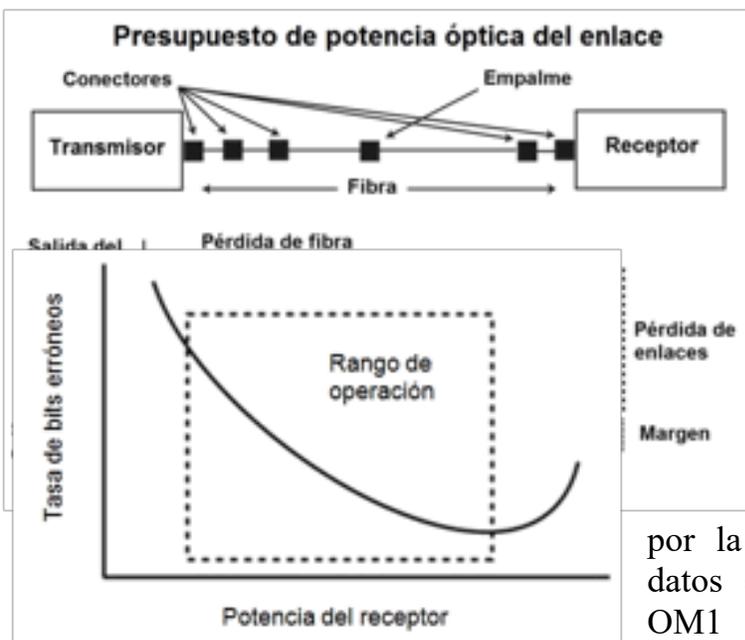
Medición de la calidad de transmisión de datos

Al igual que con la transmisión por cable de cobre o por radio, el rendimiento de un enlace óptico de datos puede determinarse por cómo transmite los datos; cómo la señal eléctrica reconvertida que sale del receptor se adapta a la entrada del transmisor.

La capacidad de cualquier sistema de fibra óptica de transmitir datos depende básicamente de la potencia óptica en el receptor, tal como se ilustra en la imagen de arriba, en la que se muestra la tasa de bits erróneos (BER) del enlace de datos como una función de la potencia óptica en el receptor. (La tasa de bits erróneos es inversa a relación señal ruido, por ejemplo, una tasa de bits erróneos alta implica una relación señal-ruido pobre). Tanto en el caso de potencia insuficiente o de potencia en exceso se generará una elevada tasa de bits erróneos. Si hay potencia en exceso, el amplificador receptor se satura; y si hay potencia insuficiente, el ruido se convierte en un problema ya que interfiere con la señal. La potencia del receptor depende de dos factores básicos: cuánta potencia lanza el transmisor en la fibra y cuánta potencia se pierde por atenuación en la red de cables de fibra óptica que conecta el transmisor con el receptor.

Presupuesto de potencia óptica del enlace

El presupuesto de potencia óptica del enlace se determina teniendo en cuenta dos factores: la sensibilidad del receptor (la que a su vez se determina en la curva de tasa de bits erróneos como se ilustra anteriormente) y la potencia de salida del transmisor en la fibra. El nivel de potencia mínimo que genera una tasa de bits erróneos aceptable determina la sensibilidad del receptor. Esta potencia del transmisor acoplada a la fibra determina la potencia transmitida. La diferencia entre estos dos niveles de potencia determina el margen de pérdida (presupuesto de potencia óptica) del enlace.



Los enlaces de datos de alta velocidad como redes de área local gigabit o 10gigabit Ethernet sobre fibra multimodo tienen factores de disminución de la potencia del ancho de banda de la fibra causados por la dispersión de los pulsos de datos digitales. Las antiguas fibras OM1 de 62.5/125 generalmente operan en enlaces cortos mientras las transmisiones a través de fibra OM3 optimizada para láser de 50/125 son para

distancias mayores. Incluso los enlaces de larga distancia de fibra monomodo pueden tener limitaciones causadas por dispersión cromática o por dispersión de modo de polarización.

Si se diseña el enlace para operar en diferentes tasas de bits, es necesario generar una curva de rendimiento para cada tasa de bits. Dado que la potencia total en la señal es una función del ancho del pulso y éste varía en función de la tasa de bits (a mayor tasa de bits, pulsos más cortos), la sensibilidad del receptor producirá degradación a tasas de bits elevadas.

Los fabricantes de sistemas y componentes para enlaces de datos especifican para cada tipo de enlace, la sensibilidad del receptor (puede ser una potencia mínima requerida) y la potencia mínima acoplada a la fibra desde la fuente. Los valores estándar para estos parámetros se muestran en el cuadro que sigue. Para que el fabricante o quien diseña el sistema pueda probarlos adecuadamente es necesario conocer las condiciones de prueba. Para los componentes para enlaces de datos, estas condiciones incluyen: frecuencia de entrada de datos o tasa de bits y ciclo de trabajo, voltaje de la fuente de energía y el tipo de fibra acoplada a la fuente. Para los sistemas, las condiciones incluyen el software de diagnóstico que requiera el sistema.

Parámetros estándar de rendimiento de sistemas/enlaces de fibra óptica

Tipo de enlace	Fibra	Tipo de fuente	Longitud de onda (nm)	Potencia de transmisión (dBm)	Sensibilidad del receptor (dBm)	Margen del enlace (dB)
Transmisión de voz	monomodo	Láser	1310/1550	+3 a -6	-30 a -45	30 a 40
	monomodo	DWDM	1550	+20 a 0	-30 a -45	40 a 50
Transmisión de datos	multimodo	LED/VCSEL	850	-3 a -15	-15 a -30	3 a 25
	multimodo o monomodo	Láser	1310	-0 a -20	-15 a -30	10 a 25
CATV(AM)	monomodo	Láser	1310/1550	+10 a 0	0 a -10	10 a 20

De todas las redes y los enlaces de comunicaciones de datos hay sistemas de fibra óptica específicos de ciertos proveedores, pero también existe una cantidad de redes estándar del sector como Ethernet que opera con tipos específicos de fibra.

Se ha acordado que todos los fabricantes deben utilizar especificaciones comunes para los componentes de estas redes para asegurar la interoperabilidad. La fuente de consulta sobre temas de tecnología de la FOA (*FOA Tech Topics*) cuenta con un resumen de especificaciones de muchos de estos sistemas.

Fibra óptica

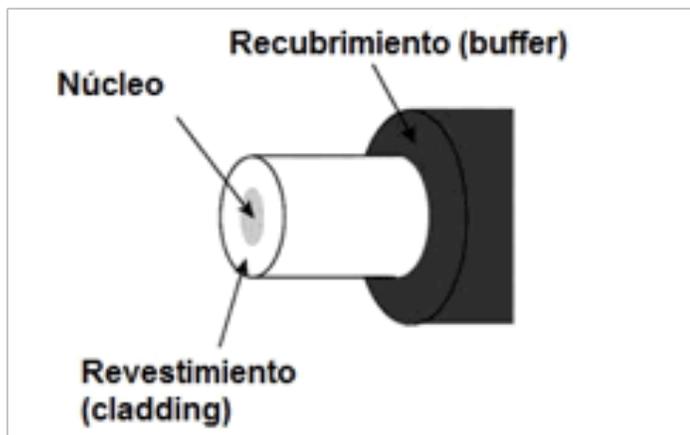


Objetivos: En este capítulo, usted aprenderá:
Cómo la fibra óptica transmite luz.
Los tipos de fibra.
Características físicas de diferentes tipos de fibra.
Especificaciones del rendimiento de la fibra.

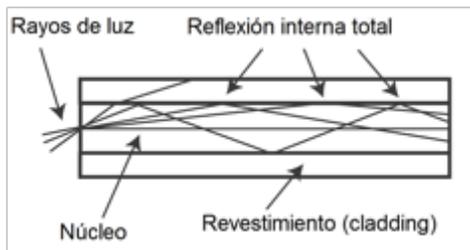
¿Qué es la fibra óptica?

La fibra óptica es el medio de comunicación que envía señales ópticas (lumínicas) a través de finos hilos de fibra de vidrio puro o de plástico. luz es "guiada" a través centro de la fibra, al que lo denomina "núcleo". El núcleo está rodeado por material óptico llamado

La
del
se
un



"revestimiento" (*cladding*) que atrapa la luz en el núcleo de la fibra utilizando una técnica óptica llamada "reflexión interna total". La fibra posee un recubrimiento (*buffer*) que la protege de la humedad y de daños físicos. Este recubrimiento (*buffer*) es el que quitamos al realizar la terminación o el empalme.



El núcleo y el revestimiento (*cladding*) se realizan con vidrio extremadamente puro, aunque algunas fibras se realizan de plástico en su totalidad o con núcleo de plástico y revestimiento (*cladding*) de vidrio. El núcleo está diseñado para tener un mayor índice de refracción que el revestimiento (*cladding*), un parámetro óptico, es decir, una medición de la velocidad de la luz en el material. El menor índice de refracción del revestimiento hace que los rayos de luz se curven a medida que pasan del núcleo al revestimiento (*cladding*), lo que genera una “reflexión interna total” que atrapa la luz hasta cierto ángulo en el núcleo, lo que define la “apertura numérica” de la fibra.

La fibra de vidrio posee un cubierta plástica llamada “recubrimiento (*buffer*) primario” que la protege de la humedad y de daños físicos. Además, el “cable” le brinda mayor protección a las fibras y a los elementos de refuerzo a través de una cubierta protectora exterior llamada “chaqueta”.

Fabricación de la fibra óptica

La fabricación de la fibra óptica con precisión submicrónica es un proceso interesante que consiste en fabricar vidrio extremadamente puro y estirarlo para formar hilos de fibra del tamaño de un cabello humano. El proceso comienza con la fabricación de una preforma, es decir una varilla de vidrio de gran diámetro que tiene exactamente la misma sección transversal que una fibra pero que es cientos de veces más grande. Se calienta el extremo de varilla, se estira un fino hilo de fibra desde la preforma y se enrolla en grandes bobinas. Luego de su fabricación, se prueba y se realizan los cables de fibra.

Tipos de fibra

Multimodo y monomodo

Los dos tipos básicos de fibra son multimodo y monomodo. En estas categorías, las fibras se identifican por los diámetros de su núcleo y de su revestimiento (*cladding*) expresados en micrones (la mil millonésima parte de un metro), por ejemplo, fibra multimodo de 50/125 micrones.

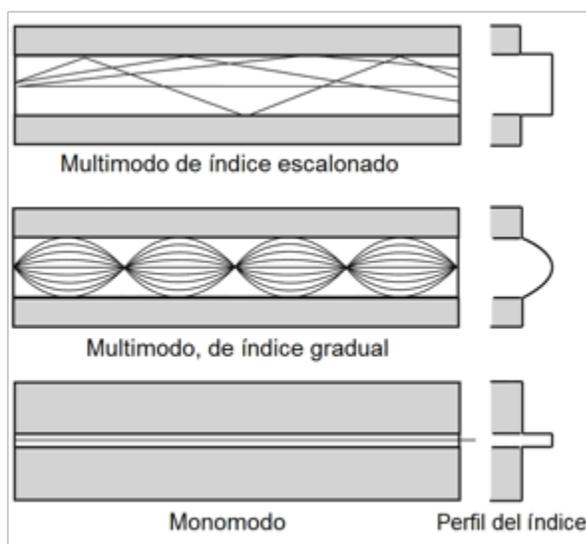
La mayoría de las fibras tienen 125 micrones de diámetro exterior (un micrón es la millonésima parte de un metro, y 125 micrones equivalen a 0.0127 centímetros) apenas un poco más grandes que un cabello humano.

En el núcleo de la fibra multimodo, los rayos de luz viajan en muchas direcciones, las que se denominan modos; posee un núcleo mayor (generalmente de 50 o 62.5 micrones) lo que soporta la transmisión de múltiples modos (rayos) de luz. Generalmente, la fibra multimodo se utiliza con fuentes LED en longitudes de onda de 850 y 1300 nm (ver debajo) para redes de área local (LAN) más lentas y con fuentes láser a 850 nm (VCSEL) y 1310 nm (láser Fabry-Perroy) para redes que operan a velocidades de gigabits por segundo o mayores.

La fibra monomodo posee un núcleo mucho más pequeño, de solamente 9 micrones aproximadamente, por lo que la luz viaja en un sólo modo (rayo); se utiliza para telefonía y para televisión por cable (CATV) con fuentes de luz láser a 1300 y 1550 nm ya que tiene poca pérdida y un ancho de banda prácticamente infinito.

La fibra óptica de plástico (POF) posee un gran núcleo (aproximadamente de 1mm), generalmente es de índice escalonado, y puede utilizarse para redes de distancia corta y de baja velocidad.

Las fibras de sílice con revestimiento rígido o de plástico, revestimiento de plástico sobre núcleo de vidrio (HCS/PCS) poseen un núcleo de vidrio más pequeño (200 micrones aproximadamente) y un revestimiento de plástico fino.



Las fibras multimodo de índice escalonado fueron las primeras en diseñarse. El núcleo de este tipo de fibra está realizado con un tipo de material óptico y el revestimiento (*cladding*) con otro tipo de material con características ópticas diferentes. Estas fibras tienen mayor atenuación y la información que viaja a través de ellas lo hace de forma demasiado lenta, por lo que no son útiles para

muchas aplicaciones debido a la dispersión causada por las diferentes distancias que recorren los diferentes modos a través del núcleo. Las fibras de índice escalonado se utilizan muy poco; sólo las fibras de plástico (POF) y las de sílice con revestimiento rígido o de plástico, de revestimiento de plástico sobre núcleo de vidrio (PCS/HCS) utilizan el diseño de índice escalonado hoy en día. La fibra de plástico (POF) se utiliza principalmente para transmisiones de audio y de televisión.

Las fibras multimodo de índice gradual utilizan variaciones en la composición del vidrio del núcleo para compensar las diferentes longitudes de las trayectorias de los modos; ofrecen un ancho de banda cientos de veces mayor que la fibra de índice escalonado, hasta 2 gigahertz aproximadamente; se utilizan dos tipos, de 50/25 y de 62.5/125, en donde los números representan los diámetros del núcleo y del revestimiento (*cladding*) en micrones, respectivamente. La fibra multimodo de índice gradual se utiliza principalmente para redes en planta interna, de área local, de fibra hasta el escritorio, de CCTV y de otros sistemas de seguridad.

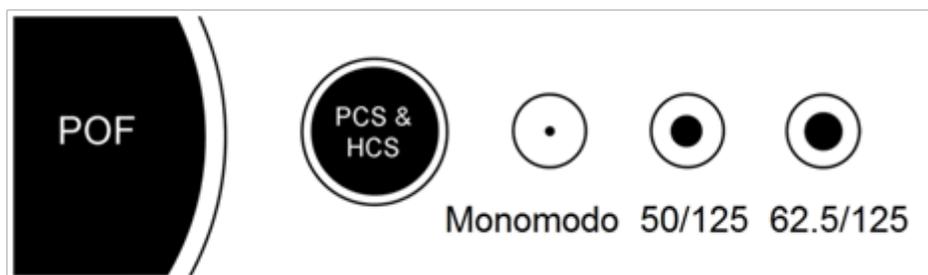
La fibra monomodo tiene un núcleo tan pequeño que la luz puede viajar solamente en un haz, esto aumenta el ancho de banda hasta hacerlo casi infinito, pero está prácticamente limitado a 100,000 gigahertz, ¡que aún es mucho! El núcleo de la fibra monomodo mide entre 8 y 10 micrones, y se lo conoce como "diámetro de campo modal", es decir, el tamaño efectivo del núcleo; y un revestimiento (*cladding*) de 125 micrones de diámetro. La fibra monomodo se utiliza para redes en planta externa como por ejemplo, redes de telecomunicaciones, de FTTH, de televisión por cable, municipales y enlaces de datos de larga distancia como las de gestión de redes de servicios públicos. Algunas redes troncales (*backbones*) de alta velocidad, generalmente a nivel campus, utilizan fibras monomodo.

Existen tipos de fibra especiales que se han desarrollado para aplicaciones que requieren especificaciones únicas de rendimiento de la fibra. Tanto las fibras multimodo como las monomodo insensibles a curvaturas se utilizan para cables de conexión (*patchcords*) y para fibras contenidas en cierres de empalme con poco espacio. Las fibras monomodo dopadas con erbio se utilizan en amplificadores ópticos, es decir, dispositivos utilizados en redes de distancias extremadamente largas para regenerar señales. Las fibras son optimizadas para ancho de banda en longitudes de onda apropiadas para sistemas de multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM) o para revertir la dispersión cromática; esta es un área de desarrollo de fibra en donde hay mucha actividad.

Tipos y tamaños de fibra

La fibra se fabrica en dos tipos básicos: monomodo y multimodo. A excepción de las fibras que se utilizan para aplicaciones especiales, puede considerarse que la

fibra monomodo es de un sólo tipo y de un sólo tamaño. Si trabaja con redes de comunicación de larga distancia o cables submarinos, posiblemente trabaje con fibras monomodo para aplicaciones especiales.



Originalmente las fibras multimodo se fabricaban en diferentes tamaños, y optimizadas para diversas redes y fuentes, pero el tamaño estándar de la industria a mediados de los 80 de 62.5 para en núcleo de la fibra (la fibra de 62.5/125 tiene un núcleo de 62.5 micrones de diámetro y un *revestimiento (cladding)* de 125 micrones), actualmente se llama fibra estándar OM1. Recientemente, un diseño antiguo de fibra ha resurgido, ya que las redes gigabit y 10 gigabit han comenzado a usarse ampliamente. La fibra de 50/125 se utilizaba a fines de los 70 para instalaciones de telecomunicaciones con láser hasta que la fibra monomodo estuvo disponible, este tipo de fibra de 50/125 (estándar OM2) ofrece un mayor ancho de banda con fuentes láser en redes LAN gigabit y puede lograr que los enlaces gigabit atraviesen mayores distancias. Hoy en día, la fibra optimizada para láser de 50/125 u OM3 es considerada la mejor elección para instalaciones multimodo.

Las fibras de índice escalonado más comunes son fibras de plástico que generalmente tienen 1 mm de diámetro. Las fibras de sílice con revestimiento rígido o de plástico tienen un revestimiento de plástico sobre un núcleo de vidrio de generalmente 250 micrones de diámetro con un núcleo de 200 micrones.

Tipos de fibra y especificaciones estándar

Núcleo/revestimiento(<i>cladding</i>)	Atenuación	Ancho de banda	Aplicaciones/Notas
Multimodo de índice gradual	@850/1300 nm	@850/1300 nm	
50/125 micrones (OM2)	3/1 dB/km	500/500 MHz-km	Para láser para redes LAN GbE
50/125 micrones (OM3)	3/1 dB/km	2000/500 MHz-km	Optimizada para VCSEL de 850 nm
50/125 micrones (OM4)	3/1 dB/km	4700/500 MHz-km	Optimizada para VCSEL de 850 nm >10Gb/s
62.5/125 micrones (OM1)	3/1 dB/km	160-200/500 MHz-km	Fibra para red LAN (FDDI)
100/140 micrones	3/1 dB/km	150/300 MHz-km	Obsoleto
Monomodo	@1310/1550 nm	@1310/1550 nm	
9/125 micrones (OS1, B1.1, o G.652)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra estándar monomodo, telecomunicaciones /TV por cable, redes LAN de larga distancia y alta velocidad
9/125 micrones (OS2, B1.3, o G.652)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra de "pico de agua reducido" (LWP)
9/125 micrones (B2, o G.653)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra con dispersión desplazada (DSF)
9/125 micrones (B1.2, o G.654)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra con corte desplazado (CSF)
9/125 micrones (B4, o G.654)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra con dispersión desplazada no nula (NZ-DSF)
Multimodo			
De índice escalonado	@850 nm	@850 nm	
200/240 micrones	4-6 dB/km	50 MHz-km	Núcleo de vidrio con revestimiento (<i>cladding</i>) de plástico
Redes LAN y enlaces de baja velocidad			
Fibra óptica de plástico (POF)	@ 650 nm	@ 650 nm	
1 mm	~ 1 dB/m	~5 MHz-km	Enlaces de corta distancia y de baja velocidad & vehículos

Nomenclatura OM* según la TIA (Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones), nomenclatura B* según la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), nomenclatura G* según la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

Mezclar diferentes tipos de fibras

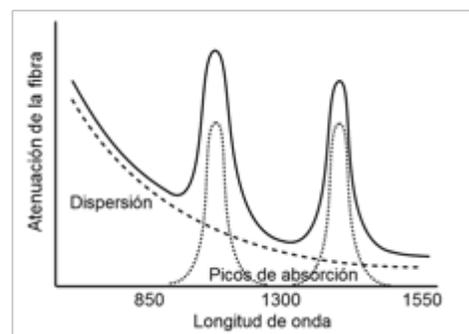
No puede mezclar y hacer coincidir diferentes tipos de fibra. La diferencia de los núcleos de las fibras puede causar pérdidas elevadas cuando se transmite de una fibra con un núcleo mayor hacia una fibra con un núcleo menor. Por el contrario, si se transmite de una fibra con un núcleo menor hacia una fibra con un núcleo mayor no habrá pérdidas a causa de incompatibilidad entre las fibras, ya que la que transmite es más pequeña que la que recibe. Intentar conectar fibra monomodo con multimodo puede causar una pérdida de 20 dB, eso equivale al 99% de la potencia. Incluso las conexiones entre fibras de 62.5/125 y 50/125 pueden causar una pérdida importante de 3 dB.

Especificaciones de la fibra

Las especificaciones más usuales son: tamaño (diámetros de núcleo y del revestimiento *-cladding-* en micrones), coeficiente de atenuación (dB/km en la longitud de onda adecuada) y ancho de banda (MHz-km) para fibras multimodo; y dispersión cromática y de modo de polarización para fibras monomodo. A pesar de que los fabricantes tienen en cuenta otras especificaciones para el diseño y la producción de la fibra según los estándares de la industria, como la apertura numérica (el ángulo de aceptación de la luz en la fibra), la ovalidad (cuán circular es la fibra), la concentricidad del núcleo y del revestimiento (*cladding*), etc., éstas no suelen afectar a los usuarios que precisan comprar o instalar fibras.

Atenuación

La especificación principal de la fibra óptica es la atenuación, que significa pérdida de potencia óptica. El coeficiente de atenuación es el que expresa la atenuación de una fibra óptica, y puede definirse como la pérdida de la fibra por unidad de longitud (en dB/km). La atenuación de la fibra varía considerablemente según la longitud de onda de la luz.



La atenuación es el resultado de dos factores: absorción y dispersión, la primera ocurre porque las moléculas presentes en el vidrio absorben la luz y la convierten en calor. La principal fuente de absorción son los residuos de iones de hidroxilo (OH⁺) y de dopantes que se utilizan para modificar el índice de refracción del vidrio. Esta absorción ocurre en longitudes de onda independientes, determinadas por los elementos que absorben la luz. La absorción de OH⁺ predomina y ocurre más notoriamente en 1000 nm, 1400 nm y por encima de 1600 nm

La mayor causa de la atenuación es la dispersión. La dispersión ocurre cuando la luz choca con átomos individuales en el vidrio y éste es anisotrópico. La luz que se dispersa en ángulos fuera de la apertura numérica de la fibra se absorberá en el revestimiento (*cladding*) o se reflejará hacia la fuente. La dispersión también es una función de la longitud de onda, inversamente proporcional a la longitud de onda de la luz elevada a la cuarta. Por lo tanto, si se duplica la longitud de onda de la luz, las pérdidas por dispersión se reducen a la mitad en relación a la cuarta potencia o a la dieciseisava parte.

Por ejemplo, la pérdida de la fibra multimodo es mucho mayor en 850 nm (llamada longitud de onda corta), de 3 dB/km, mientras que en 1300 nm (llamada longitud de onda larga) es de sólo 1 dB/km; lo que significa que en 850 nm, la mitad de la luz se pierde en 1 km, mientras que en 1300 nm sólo se pierde el 20%.

En consecuencia, para transmisiones de larga distancia es recomendable utilizar la mayor longitud de onda posible para lograr una atenuación mínima y una distancia máxima entre los repetidores. La absorción y la dispersión en conjunto producen una curva de atenuación de una fibra estándar de vidrio, tal como se ilustra arriba.

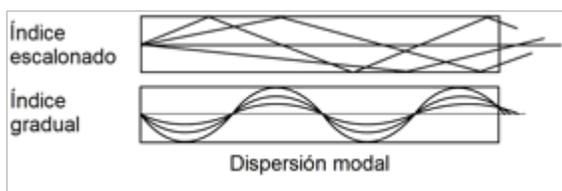
Los sistemas de fibra óptica transmiten en las "ventanas" creadas entre las bandas de absorción a 850 nm, 1300 nm y 1550 nm, para las que la física también permite fabricar fácilmente láseres y detectores. La fibra de plástico tiene una banda de longitud de onda más reducida, por lo que su utilidad práctica se limita a fuentes LED de 660 nm.

La atenuación de las fibras multimodo de índice gradual también depende de cómo se transmite la luz a través de la fibra, lo que se denomina distribución de potencia modal. El ancho de banda también está influenciado por esta distribución de potencia modal, por lo que los efectos modales en las fibras multimodo se analizan a continuación.

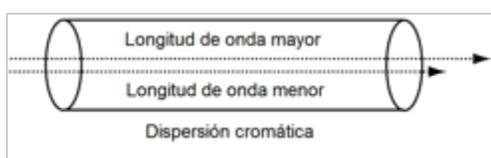
Ancho de banda

La capacidad de transmisión de información de la fibra multimodo está limitada por dos componentes de la dispersión: modal y cromática. La dispersión modal ocurre porque el perfil del índice de la fibra multimodo no es perfecto. El perfil

de índice gradual teóricamente permite que todos los modos tengan la misma velocidad de grupo o velocidad de tráfico a lo largo de la fibra. Dado que la cubierta exterior del núcleo tiene un índice de refracción menor que la de la parte central del núcleo, los modos de orden superior aumentan su velocidad a medida que se alejan del centro del núcleo, y así compensan las mayores longitudes de las trayectorias.



En una fibra ideal, todos los modos tendrían la misma velocidad de grupo (rapidez) y no existiría la dispersión modal, pero en las fibras reales, el perfil del índice es una aproximación gradual y no se transmiten todos los modos de forma perfecta, por lo que puede existir dispersión modal. Debido a que los modos de orden superior tienen desviaciones mayores, la dispersión modal de una fibra (y en consecuencia su ancho de banda de láser) tiende a ser muy sensible a las condiciones modales en la fibra. El ancho de banda de una fibra en particular es proporcional a la longitud de la fibra, dado que la dispersión ocurre a lo largo de toda la fibra. Sin embargo, el ancho de banda de fibras más largas se degrada de forma no lineal ya que los modos de orden superior se atenúan más. A continuación encontrará un análisis de los efectos de la distribución de la potencia modal.



El segundo factor que incide en el ancho de banda de la fibra es la dispersión cromática, que afecta tanto a la fibra multimodo como a la monomodo. Recuerde que un prisma propaga el espectro de la luz incidente ya que la luz viaja a diferentes velocidades según su color y en consecuencia se refracta en ángulos diferentes. La forma usual de expresar este fenómeno es que el índice de refracción del vidrio depende de la longitud de onda, por lo tanto, una fibra con perfil de índice gradual fabricada cuidadosamente sólo puede optimizarse para una sola longitud de onda, generalmente cerca de 1300 nm, y la luz de otros colores sufrirá dispersión cromática. Incluso, la luz en el mismo modo sufrirá dispersión si tiene diferentes longitudes de onda.

La dispersión cromática es un gran problema con fuentes LED en fibra multimodo, porque tienen un espectro de emisión ancho, a diferencia de los láser que concentran la mayor parte de su luz en un rango espectral angosto. Los sistemas como el FDDI (Interfaz de datos distribuidos por fibra), que se basan en emisores LED superficiales de espectro ancho, sufren tal intensidad de dispersión cromática que la transmisión se limita a sólo dos km de fibra de 62.5/125.

La dispersión cromática también afecta enlaces largos en sistemas con fibra monomodo, incluso con láser, por lo que la fibra y las fuentes están optimizadas para reducir la dispersión cromática en transmisiones de larga distancia.

Los sistemas con fibra monomodo ahora son más veloces y de mayor distancia, y debido a ello otro factor de dispersión ha cobrado importancia, la dispersión por modo de polarización (PMD). Este tipo de dispersión ocurre por las diferencias de velocidad de la luz polarizada que se propaga dentro de la fibra. La dispersión por modo de polarización (PMD) es difícil de probar porque es sensible a la tensión física aplicada sobre el cable, en cuyo caso, este tipo de dispersión (PMD) puede cambiar, por ejemplo, en los casos en que la velocidad de viento afecta los cables aéreos; incluso es difícil probarla con los métodos de comprobación de la fibra que utilizan los diferentes fabricantes de equipos de comprobación.

Efectos modales en fibra multimodo

En las fibras multimodo, algunos rayos de luz viajan a lo largo del eje de la fibra mientras que otros rebotan hacia adelante y hacia atrás dentro del núcleo. En las fibras de índice escalonado, los rayos que viajan fuera del eje, llamados "modos de orden superior" rebotan hacia adelante y hacia atrás desde el límite entre el núcleo y el revestimiento (*cladding*) a medida que se propagan a través de la fibra. Estos modos de orden superior que viajan distancias mayores que los rayos que viajan a lo largo del eje, son los responsables de la dispersión modal que limita el ancho de banda de la fibra.

En la fibra de índice gradual, la disminución del índice de refracción del núcleo a medida que se acerca al revestimiento (*cladding*) hace que los modos de orden superior sigan un recorrido curvado que es más largo que el rayo axial (el "modo de orden cero"), pero debido al índice de refracción menor al alejarse del eje, la luz aumenta su velocidad a medida que se acerca al revestimiento (*cladding*) y le toma aproximadamente el mismo tiempo viajar a lo largo de la fibra, por lo tanto la "dispersión" o las variaciones en el tiempo de tránsito de los distintos modos se reduce y así se maximiza el ancho de banda de la fibra.

Sin embargo, el hecho que los modos de orden superior viajen más lejos en el núcleo de vidrio significa que tienen más posibilidades de sufrir dispersión o absorción, las dos primeras causas de atenuación de la fibra óptica. En consecuencia, los modos de orden superior van a sufrir una atenuación mayor que los modos de orden inferior y una fibra de larga distancia completamente llena (todos los modos se inyectan en la fibra con el mismo nivel de potencia) tendrá menor potencia en los modos de orden superior que tendría la misma fibra en una distancia menor.

Este cambio de la "distribución modal" entre fibras de índice gradual cortas y largas se denomina "pérdida transitoria" y puede causar grandes diferencias en las mediciones de atenuación. No solo cambia la distribución modal, sino que cambia el diámetro efectivo del núcleo y la apertura numérica. El término "distribución de modos en equilibrio" (EMD) describe la distribución de modos en una fibra larga que ha perdido la mayoría de los modos de orden superior. Una fibra "larga" tiene la distribución de sus modos en equilibrio (EMD), mientras que una fibra "corta" tiene a todos sus modos de orden superior inicialmente inyectados.

Efecto modal en las mediciones de pérdida

Si mide la atenuación de una fibra multimodo larga de índice gradual con la distribución de sus modos en equilibrio (EMD) (o con condiciones de lanzamiento de EMD simulada) y la compara con la de una fibra norma en "condiciones de lanzamiento saturado" (es decir que la fuente llena todos los modos por igual), descubrirá que la diferencia es de aproximadamente 1 dB/km, y a esta cifra se la denomina "pérdida transitoria". Por lo tanto, la medición de la fibra con la distribución de sus modos en equilibrio (EMD) da un resultado de 1 dB por km, menos que el resultado en condiciones de saturación. Los fabricantes de fibra utilizan este tipo de medición con distribución de los modos en equilibrio (EMD) porque es más reproducible y es representativo de las pérdidas estimadas en fibras utilizadas para larga distancia. Algunos estándares requieren el uso de un coeficiente de atenuación mayor cuando se calcula la pérdida de una red de cables que el coeficiente de atenuación que bastaría al probar la mayoría de las fibras, porque los cables son mucho más cortos que las longitudes de fibras con las distribución de sus modos en equilibrio (EMD).

Del mismo modo, al probar cables con conectores, el resultado de la medición de la pérdida dependerá de la distribución de la potencia modal en la fibra. Una medición de tipo EMD puede dar resultados optimistas ya que efectivamente representa una situación en la que uno lanza desde

una fibra con un diámetro menor con una apertura numérica menor que la fibra receptora, y así se genera una pérdida de conexión menor. La diferencia en la pérdida por conexión causada por condiciones de lanzamiento modal puede ser enorme. Si utilizamos el mismo par de conectores, es posible medir varios décimos de dB más en un lanzamiento saturado que en un lanzamiento con distribución de los modos en equilibrio (EMD) simulado.

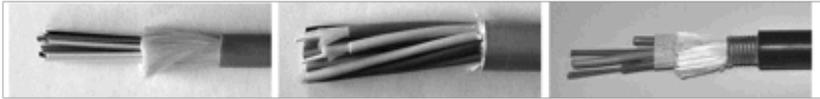
La mayoría de los estándares para cables de fibra multimodo requieren algún método de control de la distribución de la potencia modal. Los fabricantes utilizan métodos sofisticados que analizan la potencia de salida de la fuente con que se realiza la prueba acoplada a un cable de referencia. Algunos métodos de comprobación en campo más prácticos requieren especificar la potencia de salida utilizando un rollo de mandril. Este tema se abordará más detalladamente en el capítulo acerca de las pruebas.

Efecto modal en el ancho de banda

La fibra multimodo de índice gradual se creó para mejorar el ancho de banda de la fibra. Las capas de vidrio de índice de refracción decreciente alejadas del centro del núcleo guían la luz en trayectos sinusoidales en donde viaja a mayor velocidad a medida que se aleja del centro del núcleo. Se supone que el perfil del índice de la fibra compensa los modos de orden superior, pero esto sucede de forma imperfecta. Cuando la distribución modal de la fibra está limitada a la cercanía del centro del núcleo, como en el caso de las fuentes láser, el ancho de banda de la fibra efectivamente aumenta.

Se ha estado probado el ancho de banda de la mayoría de las fibras en fábrica utilizando una fuente de comprobación que satura la fibra, es decir que todos los modos transportan luz. Investigaciones recientes en fibra optimizada para láser han permitido desarrollar nuevos métodos de comprobación, ya sea limitando la saturación la fibra o utilizando métodos de dispersión que analizan los modos de forma separada.

Cable de fibra óptica



Objetivos En este capítulo, usted aprenderá:

Cuáles son los tipos de cables de fibra óptica y sus aplicaciones.

Cuáles son las diferencias entre los cables de planta externa y los de planta interna.

Cuáles son los requisitos de los cables de fibra óptica.

Diseño de los cables de fibra óptica

El cable de fibra óptica brinda a la/s fibra/s que están en su interior la protección adecuada para el lugar de instalación. Cuando decimos "cable" nos referimos al ensamble completo de las fibras, los elementos de refuerzo y la chaqueta. Los cables de fibra óptica son de distintos tipos, según la cantidad de fibras, el modo y el lugar de instalación. Es importante elegir el cable cuidadosamente ya que eso determinará la facilidad con la que se hará la instalación, el empalme o la terminación del cable, el costo del cable y la duración en campo.

La función del cable es proteger a las fibras de los efectos del medioambiente en el lugar en el que están instaladas. En exteriores, depende de si el cable está enterrado de manera directa, introducido en conductos subterráneos, suspendido en el aire o incluso instalado debajo del agua. ¿El cable se mojará o se humedecerá? ¿Deberá resistir una elevada tensión por tracción al instalarlo en conductos subterráneos, o una tensión continua al instalarlo suspendido en el aire? ¿Estará expuesto a sustancias químicas o deberá resistir un rango amplio de temperaturas? ¿Qué sucede si es masticado por una ardilla, un castor u otro roedor? En interiores, no es necesario que los cables sean tan fuertes para proteger a las fibras, pero estos deben cumplir con todas las normativas contra incendios, es decir, la chaqueta debe poseer componentes que retarden el fuego.

Construcción del cable

Todos los cables se componen de varias capas de protección para las fibras. En principio, la mayoría de los cables posee una fibra estándar con un recubrimiento "buffer" primario de 250 micrones de diámetro y, luego, se agrega:

Recubrimiento “buffer” de estructura ajustada (para cables de estructura ajustada como los cables simplex, los dúplex *zipcord*, los de distribución y los “*breakout*”)

Un recubrimiento de protección blando, de 900 micrones de diámetro externo, que se aplica directamente sobre el recubrimiento de 250 micrones para brindar protección adicional a la fibra y permitir una manipulación más sencilla y una terminación directa al aplicar un conector a la fibra.

Tubos de estructura holgada (cables de estructura holgada)

Son tubos de plástico delgados y pequeños que contienen hasta doce fibras, las cuales tienen un recubrimiento de 250 micrones; se utilizan para proteger a las fibras en los cables destinados al uso en planta externa. Estos tubos permiten que las fibras se mantengan aisladas de la tensión alta y pueden estar rellenos de componentes que bloquean el agua (gel, cinta o polvo absorbente) para evitar el ingreso de humedad.

Elementos de refuerzo

Los elementos de refuerzo que suelen utilizarse son los hilos de aramida, los mismos que se utilizan en los chalecos antibalas, usualmente conocidos a través de la marca comercial de Dupont, Kevlar, que absorben la tensión que se produce al aplicar una fuerza de tracción sobre el cable y brindan amortiguación a las fibras. Las fibras de aramida no solo se utilizan porque son fuertes, sino también porque no se estiran. Si se tira con fuerza de ellas, no se estirarán pero pueden llegar a quebrarse si la tensión excede sus límites. Esto garantiza que los elementos de refuerzo no se estiren y relajen y, así, las fibras se mantienen unidas dentro del cable. El método adecuado para aplicar una fuerza de tracción sobre los cables de fibra óptica es siempre unir la cuerda, el cable o la cinta desde la que se realiza la fuerza a los elementos de refuerzo.

Algunos cables también incluyen una varilla central de fibra de vidrio que brinda una mayor resistencia y tensa el cable con el fin de prevenir que las fibras se retuerzan y se dañen. Si la incluye, la varilla debe estar sujeta a eslabones giratorios de enganche, para aplicar la fuerza de tracción sobre la fibra, y a abrazaderas en los cierres de empalme y en los paneles de conexiones, para realizar el empalme o la terminación. En la actualidad, muy pocos cables utilizan elementos de refuerzo metálicos debido a que es necesario conectar los cables a una puesta a tierra de manera adecuada, lo que dificulta la instalación.

Chaqueta del cable

Es la capa externa de protección de las fibras que se elige para que estas resistan los efectos del medioambiente en el lugar de instalación del cable. Los cables que

se instalan en exteriores suelen ser de polietileno negro (PE), que resiste la exposición a la humedad y a la luz solar. Los cables que se instalan en interiores suelen tener chaquetas con componentes que retardan el fuego; estas chaquetas pueden tener un código de colores para identificar a las fibras dentro del cable. Es posible que algunos cables para instalación en exteriores tengan doble chaqueta con una cubierta fuerte de metal entre ambas, lo que protege a los cables de los roedores que puedan masticarlos, o bien, una capa de Kevlar, que les brinda resistencia al momento de someterlos a una fuerza de tracción desde las chaquetas.

Los cables para instalación en interiores suelen tener una chaqueta de PVC (policloruro de vinilo) con componentes que retardan el fuego para uso general o en instalaciones de cableado vertical o “*riser*”, y otro tipo de plástico especial para uso en aplicaciones “*plenum*”. Los cables para instalaciones tanto en interiores como en exteriores suelen tener una chaqueta exterior de PE que puede quitarse para que quede la chaqueta interior, que posee componentes ignífugos y, así, utilizar el cable en interiores.

Protección frente al agua y a la humedad

Los cables instalados en exteriores necesitan proteger a las fibras del agua. Se utiliza ya sea un gel o, lo que es más habitual hoy en día, una cinta o polvo absorbente, para prevenir que el agua ingrese al cable y dañe a las fibras. En general, esto se aplica a los tubos holgados o a los cables tipo cinta (*ribbon*), pero los elementos que bloquean el agua se utilizan en algunos cables de estructura holgada en tendidos cortos en exteriores, por ejemplo, entre edificios en una instalación a nivel de campus, o entre un edificio y una antena o cámara de CCTV exterior de conexión inalámbrica.

Protección frente a aplastamientos o ingreso de roedores

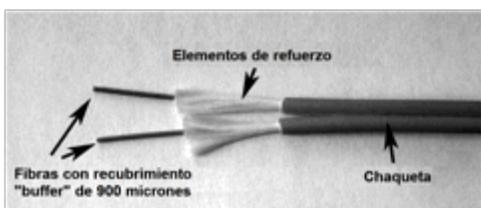
Algunos cables tienen una cubierta, usualmente de metal o de plástico duro, por debajo de la chaqueta exterior que permite que el cable esté aislado de los roedores y que resista ser aplastado por un determinado peso, como los cables instalados debajo de los pisos en los centros de datos o debajo de suelos de rocas. Las cubiertas metálicas requieren que el cable esté debidamente conectado a tierra.

Tipos de cables de fibra óptica

Tipos de cables de estructura ajustada

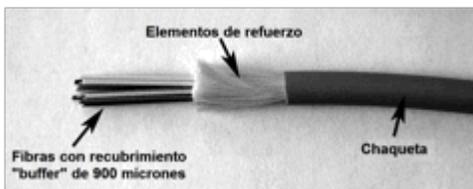
Existen dos tipos de cables básicos que suelen definirse como de estructura ajustada y de estructura holgada. Los cables de estructura ajustada (simplex, dúplex *zipcord*, de distribución y “*breakout*”) se utilizan en instalaciones en planta interna en las que la flexibilidad del cable y la facilidad para realizar la terminación son importantes, incluso más que la robustez y la resistencia a la fuerza de tracción que caracterizan a los cables de estructura holgada y a los cables tipo cinta (*ribbon*). En general, los cables de estructura ajustada se utilizan en interiores y los cables de estructura holgada o los cables tipo cinta (*ribbon*), en exteriores.

Cable simplex y dúplex (*zipcord*)



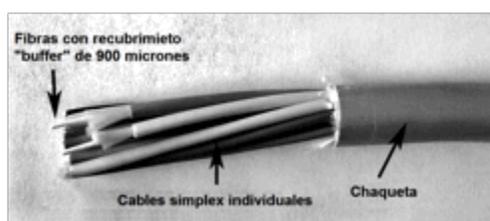
Estos tipos de cables se utilizan mayormente al instalar un cable de conexión (*patchcord*) o una placa lateral de conexiones (*backplane*); sin embargo, el cable duplex (*zipcord*) también puede utilizarse en conexiones de escritorio. Los cables simplex están compuestos por una sola fibra, de estructura ajustada (con un recubrimiento “buffer” de estructura ajustada de 900 micrones por encima del recubrimiento “buffer” primario), con elementos de refuerzo de Kevlar (fibra de aramida) y una chaqueta para uso en interiores. La chaqueta suele tener un diámetro de 3 mm. El cable dúplex (*zipcord*) está compuesto simplemente por dos cables de este tipo unidos por una red delgada.

Cable de distribución



El cable de distribución es el cable para instalación en interiores más popular, ya que es de tamaño pequeño y, además, liviano. Contiene varias fibras de estructura ajustada agrupadas en una misma chaqueta con elementos de refuerzo de Kevlar y, en algunas ocasiones, una varilla de fibra de vidrio de refuerzo para tensar el cable y evitar que se retuerza. Estos cables son de tamaño pequeño y se los utiliza para tendidos cortos a través de conductos subterráneos en áreas libres de agua, y en instalaciones de cableado vertical o “riser” y aplicaciones “plenum”. Las fibras tienen un recubrimiento “buffer” doble, y se puede realizar la terminación de manera directa. Sin embargo, como las fibras no están reforzadas individualmente, estos cables deben distribuirse mediante una “caja de distribución”, o debe hacerse la terminación dentro de un panel de conexiones o una caja de conexiones para proteger a cada fibra.

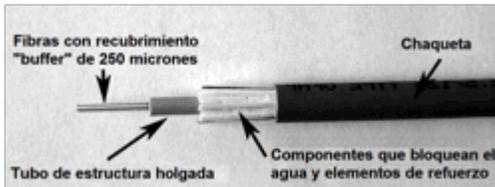
Cable “breakout”



El cable “breakout” es el favorito cuando se trata de utilizar cables resistentes o cuando se necesita hacer terminaciones directas sin cajas de conexiones, paneles de conexiones u otro tipo de hardware. Están compuestos por varios cables simplex agrupados en una misma chaqueta. Este es un cable de diseño fuerte y resistente, pero es más largo y más costoso que el cable de distribución. Es adecuado para tendidos de cables a través de conductos subterráneos y en instalaciones de cableado vertical o “riser” y aplicaciones “plenum”. Es perfecto para instalaciones industriales en las que se necesitan cables resistentes. Como cada fibra está reforzada individualmente, este diseño permite una terminación rápida de los conectores y no se necesitan paneles o cajas de conexiones. El cable “breakout” puede ser más económico cuando la cantidad de fibras por cable no es tan grande ni las distancias tan largas, ya que hacer la terminación demanda mucho menos tiempo.

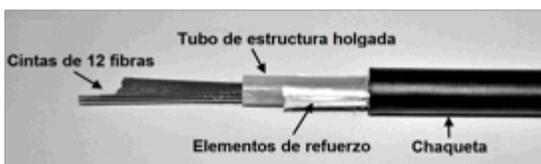
Tipos de cables de estructura holgada

Cable de estructura holgada



Los cables de estructura holgada son los más utilizados en enlaces en planta externa ya que ofrecen la mejor protección para las fibras en condiciones de elevada tensión por tracción y son fáciles de proteger de la humedad con gel o con la cinta para el bloqueo del agua. Estos cables están compuestos por varias fibras agrupadas en un tubo de plástico pequeño y, a su vez, enrolladas en un elemento central de refuerzo, rodeadas de elementos de refuerzo de aramida. Todo esto está envuelto en una chaqueta que forma un cable pequeño, de muchas fibras por cable. Este tipo de cable es ideal para la instalación de enlaces en planta externa, ya que pueden hacerse con tubos de estructura holgada que se rellenan de gel o polvo absorbente para evitar que las fibras se dañen a causa del agua. Puede utilizarse en instalaciones en conductos subterráneos, instalaciones aéreas o instalaciones bajo tierra, con cables enterrados de manera directa. Es posible que algunos cables para instalación en exteriores tengan doble chaqueta con una cubierta de metal entre ambas, lo que protege a los cables de los roedores que puedan masticarlos, o bien, una capa de Kevlar, que les brinda resistencia al momento de someterlos a una fuerza de tracción desde las chaquetas. Como las fibras solo tienen un recubrimiento (*buffer*) de estructura ajustada delgada, deben manipularse con cuidado y estar protegidos de posibles daños. En los cables de estructura holgada que tienen fibras monomodo, para hacer la terminación se suelen empalmar cables de fibra conectorizados (*pigtail*) a las fibras y se los protege en el cierre del empalme. En el caso de los cables de estructura holgada que tienen fibras multimodo, la terminación se hace de manera directa con un kit para proteger la terminación de la fibra (*breakout kit*), también denominado kit de derivación (*fan-out kit*), con el que se viste a la fibra para su protección.

Cable tipo cinta (*ribbon*)



El cable tipo cinta (*ribbon*) es el preferido cuando se necesita un cable de diámetro pequeño con una gran cantidad de fibras por cable. Este es el cable que cuenta con la mayor cantidad de fibras en el cable más pequeño, ya que todas las fibras están dispuestas en filas, dentro de cintas que suelen contener 12 fibras, y las cintas están ubicadas una encima de la otra. No solo se trata del cable más pequeño con la mayor cantidad de fibras, sino que suele ser el cable de más bajo costo. En general, las 144 fibras solo tienen una sección transversal de aproximadamente 6 mm y una chaqueta de 13 mm de diámetro. Algunos diseños de cables utilizan un “núcleo de expansión” que soporta hasta 6 de esos 144 empalmes de cintas de fibra óptica, lo que da lugar a 864 fibras en el mismo cable. Como es un cable para instalaciones en planta externa, está relleno de un gel que bloquea el agua o está fabricado con componentes para el bloqueo del agua. Otra ventaja del cable tipo cinta (*ribbon*) es que las fusionadoras de fibra óptica masivas pueden empalmar una cinta (12 fibras) de manera simultánea, lo que hace la instalación más rápida y fácil. Los cables de fibra conectorizados (*pigtail*) de las cintas se empalman al cable para una terminación rápida.

Cable blindado



El cable blindado se utiliza en instalaciones en planta externa en las que se entierran los cables de manera directa, y se necesita un cable resistente que soporte el ingreso de los roedores. El cable blindado resiste satisfactoriamente ser aplastado por un determinado peso, algo necesario en las instalaciones bajo tierra donde los cables están enterrados de manera directa. En estos tipos de instalaciones, en las áreas en las que los roedores son un problema, se suele dotar al cable de una cubierta de metal entre dos chaquetas, lo que lo protege de los roedores. Otro tipo de instalación en la que se utiliza el cable blindado es en los centros de datos, donde los cables se instalan debajo del piso y se corre el riesgo de que se aplasten. En los cables blindados para instalación en interiores, es posible que la cubierta no sea de metal; el cable blindado de metal es conductor de la electricidad, motivo por el cual es necesario conectarlo debidamente a una puesta a tierra.

Cable aéreo

Los cables aéreos se utilizan en instalaciones en planta externa, sobre postes. Pueden estar enlazados a un cable mensajero u a otro cable (habitual en el sistema CATV) y poseen elementos de refuerzo de metal o de aramida que permiten que soporten su propio peso, o elementos de refuerzo que los sostienen (cable totalmente dieléctrico autosoportado, o ADSS). El cable conocido como Figura 8 es un cable conectado a un cable mensajero de acero con material aislante que tiene la capacidad de sostenerlo. Debe estar debidamente conectado a una puesta a tierra.

Un cable aéreo de amplia utilización es el cable a tierra de fibra óptica (OPGW), que es un cable de distribución de alto voltaje que contiene fibra óptica dentro de un tubo metálico ubicado en el centro del cable. La fibra no se ve afectada por los campos eléctricos y la empresa de servicios públicos que lo instala obtiene fibras para la gestión y comunicación de la red eléctrica. Este cable se suele instalar en la parte superior de las torres de alto voltaje pero se lo baja al nivel del suelo para realizar tareas de empalme o terminaciones.

Otros tipos de cables

Existen muchos otros tipos de cables de fibra óptica disponibles, muchos de los cuales son fabricados por un fabricante en particular. Cada fabricante tiene sus propias especialidades y, algunas veces utilizan sus propios nombres para denominar tipos de cables de uso habitual, de manera que asesorarse con la mayor cantidad de fabricantes de cable como sea posible es una buena idea. No se debe pasar por alto a las empresas fabricantes de cable pequeñas, a menudo es posible ahorrar costos si fabrican el cable de manera personalizada, aún en cantidades relativamente pequeñas.

Cable de fibra óptica de soplado

Es otro tipo de cable, que no es un cable en el sentido estricto. Se instala un “cable”, que es simplemente un grupo de tubos de plástico vacíos, y se “soplan” las fibras por el interior de los tubos tanto como sea necesario, con un equipamiento especial que funciona con gas comprimido. Si se necesita hacer mejoras en la instalación, se soplan hacia afuera las fibras viejas y hacia adentro las nuevas. El cable de fibra óptica de soplado para instalaciones en interiores y en exteriores está disponible en el mercado. Además, se utilizó en la fibra hasta el hogar. Se necesitaron fibras especiales a las que se les colocó un recubrimiento para que se deslicen más fácilmente a través de los tubos, pero la fibra monomodo o la multimodo están disponibles. La instalación de este tipo de cable es más costosa porque se deben instalar los tubos, se debe contar con

equipamiento especial y con instaladores experimentados, pero puede ser rentable a la hora de realizar mejoras.

Cables híbridos y mixtos

Estos dos tipos de cables suelen confundirse entre sí, pero casi todas las personas, así como el código eléctrico nacional (NEC) lo definen de la siguiente manera:

Cables híbridos: son cables que contienen dos tipos de fibras, usualmente multimodo y monomodo. Estos cables suelen utilizarse en redes troncales (*backbones*) en instalaciones a nivel de campus y en planta interna, en las que pueden utilizarse fibras monomodo en el futuro.

Cables mixtos: son cables que contienen fibras y conductores eléctricos. Los vehículos submarinos conectados con un cable umbilical utilizan estos tipos de cables, así como también suelen utilizarse en algunos cables que se instalan para antenas o cámaras de CCTV remotas con conexión inalámbrica. Estos cables deben estar debidamente conectados a tierra para brindar seguridad.

Criterios para la elección del diseño del cable

Al momento de elegir un cable deben analizarse todos los factores medioambientales que influyen durante la instalación y la vida útil del cable. A continuación, le presentamos los factores más importantes:

Resistencia a la fuerza de tracción

Algunos cables simplemente están ubicados en bandejas o canales de cables, en cuyo caso la resistencia a la fuerza de tracción no es tan importante. Sin embargo, en el caso de otros tipos de cables, es posible aplicar una fuerza de tracción sobre ellos a lo largo de un conducto subterráneo en distancias de 2 a 5 km o más. Aunque se utilice un lubricante especial para cables, la tensión de tracción puede ser muy alta. En la mayoría de los cables, la resistencia a la fuerza de tracción se debe a la fibra de aramida (Kevlar® es la marca comercial de Dupont), una hebra única de polímero que es muy fuerte pero que no se estira, de manera que si se aplica una fuerza de tracción sobre esta, el cable no se estirará ni se provocará estrés a los otros componentes del cable. El cable simplex más básico tiene una resistencia a la fuerza de tracción de 45 a 90 kg, mientras que los cables de planta externa tienen como requisito una resistencia de más de 363 kg.

Límites del radio de curvatura

La recomendación normal en cuanto a la curvatura del cable de fibra óptica es asegurarse de que el radio de curvatura mínimo cuando el cable esté sometido a una fuerza de tracción sea de 20 veces el diámetro del cable. Cuando no se aplica la fuerza de tracción, el radio de curvatura mínimo recomendado a largo plazo es de 10 veces el diámetro del cable.

Protección para el agua

En las instalaciones en exteriores, todos los cables deben estar protegidos del agua o de la humedad. Para comenzar, esta protección se brinda por medio de una chaqueta resistente a la humedad, en general de polietileno (PE); y del relleno del cable con componentes que bloquean el agua. La manera más habitual de protegerlo es rellenar el cable con un gel que bloquea el agua. Es efectivo, aunque es complicado, ya que necesitará un producto para remover el gel (utilizar un producto comercial es lo mejor, pero el jugo de limón es un buen sustituto). Una alternativa más moderna es bloquear el agua por medio de una cinta o polvo absorbente, similar al material que se utiliza en los pañales descartables para absorber la humedad. En la actualidad, la mayoría de los fabricantes de cable ofrecen cables con componentes para el bloqueo del agua.

Aplastamientos o ingreso de roedores

Los cables blindados se utilizan por sus chaquetas fuertes, que resisten el aplastamiento y el ingreso de los roedores. En general, los cables de planta externa enterrados de manera directa están blindados o instalados dentro de conductos subterráneos. Los cables blindados para instalación en interiores deben poseer chaquetas, según lo establecido por el código eléctrico nacional (NEC), para ubicarlos con otros cables debajo de un piso falso, como en un centro de datos.

Clasificación del código de incendios

Todos los cables instalados en interiores deben cumplir con los códigos de incendios. Eso significa que la chaqueta debe ser evaluada en función de su resistencia al fuego, con una clasificación para uso general, para uso en instalaciones de cableado vertical o "*riser*" donde las llamas se transmiten más fácilmente que en los tendidos horizontales, y para uso en aplicaciones "*plenum*" en las áreas de circulación de aire. La mayoría de los cables para instalación en interiores utilizan chaquetas de PVC (policloruro de vinilo) para retardar el fuego. En Estados Unidos, todos los cables de planta interna deben exhibir la identificación y la clasificación de material inflamable establecida por el código eléctrico nacional (NEC) en el párrafo 770. En Canadá, esto está regulado por el código eléctrico de Canadá (CEC), y otros países tienen una clasificación similar para los cables.

La clasificación es la siguiente:

Clasificación según el NEC	Descripción
OFN	Cable de fibra óptica no conductor
OFC	Cable de fibra óptica conductor
OFNG u OFCG	Para uso general
OFNR u OFCR	Cable para instalación de cableado vertical o “riser”
OFNP u OFCP	Cable para aplicaciones “plenum”
OFN-LS	Baja densidad de humo

Los cables que no tengan una identificación nunca deben instalarse en interiores ya que serán rechazados durante la inspección del edificio. Los cables para instalación en exteriores no poseen componentes que retardan el fuego y solo pueden utilizarse en interiores en tendidos de hasta 15 metros. Si necesita utilizar un cable de exteriores para una instalación en interiores, se recomienda el cable de doble chaqueta de polietileno (PE) en lugar del cable de interiores con chaqueta de PVC que cuenta con la certificación de UL (*Underwriters Laboratories*). Simplemente quite la chaqueta de protección para exteriores cuando lo instale en interiores y no será necesario realizar la terminación del cable en el punto de entrada al edificio.

Puesta a tierra y conexión equipotencial

Todo cable que contenga metal conductor deberá contar con la conexión a tierra y la conexión equipotencial según lo establecido por el código eléctrico nacional (NEC) para la seguridad. Los siguientes cables de interior: cable de fibra óptica conductor (OFC), cable de fibra óptica conductor para uso general (OFCG), cable de fibra óptica para cableado vertical o “riser” (OFCR), cable de fibra óptica para cableado aplicaciones “plenum” (OFCP) y los cables para exterior con elementos de refuerzo o blindaje de metal deben contar con conexión a tierra y equipotencial. Todos los cables mixtos deben estar debidamente conectados a tierra para brindar seguridad.

Código de colores de los cables

Los cables de exterior generalmente son negros pero los de interior tienen códigos de colores. Los colores estándar de referencia de los cables son amarillo para las chaquetas de los cables monomodo y naranja para los multimodo. Al haber actualmente dos tamaños de fibra multimodo en uso, 62.5/125 y 50/125, y dos versiones de la fibra de 50/125, es importante cumplir con el estándar TIA-598 para evitar mezclar cables.

Código de colores de la chaqueta de los cables

Tipo de fibra	Aplicaciones militares	no	Aplicaciones militares	Nomenclatura de impresión sugerida
Multimodo (50/125) (OM2)	Naranja		Naranja	50/125
Multimodo (50/125) (Optimizada para láser 850 nm) (OM3)	Turquesa		Indefinido	850 LO 50/125
Multimodo (62.5/125) (OM1)	Naranja		Gris	62.5/125
Multimodo (100/140)	Naranja		Verde	100/140
Monomodo (OS1, OS2)	Amarillo		Amarillo	Monomodo NZDS, monomodo
Fibra monomodo de polarización mantenida	Azul		Indefinido	Indefinido

Dentro del cable o dentro de cada tubo en un cable de estructura holgada, cada fibra tiene un código de identificación por color. Las fibras cumplen con la norma creada para los cables telefónicos, con la excepción que las fibras se identifican individualmente, y no en pares. En lo que respecta a los empalmes, las fibras se empalman según su color para asegurar la continuidad del código de colores a lo largo de un tendido de cable.

Código de colores de las fibras

Número	Color
1	Azul
2	Naranja
3	Verde
4	Marrón
5	Gris
6	Blanco
7	Rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Violeta
11	Rosa
12	Turquesa

Elección de los cables

La elección de un cable de fibra óptica para cualquier aplicación implica considerar la instalación y los requisitos ambientales así como los requisitos de instalaciones a largo plazo que permitan expandir la red. Entre los requisitos de instalación debemos considerar dónde y cómo se instalará el cable, ya sea en un conducto subterráneo en planta externa o en bandejas dentro de un edificio. Entre los requisitos para instalaciones a largo plazo tenemos que considerar la humedad o exposición al agua, la temperatura, la tensión (cables aéreos) y/o los factores ambientales.

Se recomienda contactar a varios fabricantes de cable y darles las especificaciones de la instalación; ellos querrán saber a dónde se instalará el cable, cuántas fibras se necesitarán y de qué tipo (monomodo, multimodo o ambas - cable "híbrido"-). También se puede utilizar un cable "mixto" que tenga conductores de cobre para las señales ópticas o eléctricas. Las empresas fabricantes de cable evaluarán los requerimientos solicitados y realizarán sugerencias. Luego, se pueden escuchar ofertas de otros proveedores.

Según lo planificado, se necesitará una cierta cantidad de fibras, pero considere agregar fibras adicionales al cable; las fibras son económicas si las comparamos con el costo de instalar cables adicionales. Además, si rompe una fibra o dos al realizar un empalme, una derivación o terminación, eso no será un problema. También tenga en cuenta futuras necesidades de expansión. La mayoría de los

usuarios instala muchas más fibras que las que se necesitan, agregan fibras monomodo a cables de fibra multimodo que se instalarán a nivel campus o en redes troncales (*backbone*) en planta interna.

Encontrará más información acerca de la elección de cables en el capítulo sobre el diseño de una red de fibra óptica.

Conectores y empalmes



Objetivos: En este capítulo, usted aprenderá:
Cuál es la diferencia entre los conectores y los empalmes.
Qué requisitos deben reunir los conectores y los empalmes.
Los tipos de conectores.
Los tipos de terminaciones de los conectores.
Los tipos de empalmes;
Cómo son los procedimientos de empalme.

¿Conectores o empalmes?

Las uniones o las terminaciones de fibra óptica se realizan de dos maneras: 1) con conectores, que unen dos fibras para crear una unión temporaria y/o conectar la fibra a un equipo de red; o 2) con empalmes, que crean una unión permanente entre dos fibras. Ambos métodos de terminación deben tener dos características principales: buen rendimiento óptico, determinado por una atenuación baja y una reflectancia mínima, y alta resistencia mecánica. Las terminaciones también deben ser del estilo adecuado para que sean compatibles con el equipamiento utilizado y estén protegidas de los efectos nocivos del lugar de instalación.

Es probable que a ningún componente de fibra óptica se le haya prestado tanta atención como al conector. Los fabricantes han desarrollado más de 80 tipos de conectores y alrededor de una docena de maneras diferentes de instalarlos. Solo existen dos tipos de empalmes básicos pero varias maneras de implementarlos. Sin embargo, los fabricantes y los instaladores son afortunados ya que, en la mayoría de las instalaciones, de todos los tipos de empalmes y conectores solo se utilizan algunos.

En las fibras multimodo y monomodo se utilizan conectores y procedimientos de terminación distintos. Las terminaciones de las fibras multimodo son relativamente fáciles de realizar; la terminación en campo suele realizarse instalando conectores directamente en fibras de estructura ajustada mediante los procedimientos que se detallan más adelante. La mayor parte de las terminaciones en campo de la fibra monomodo se realizan empalmando un cable de fibra conectorizado (*pigtail*) adquirido de fábrica al cable instalado, en lugar

de realizar la terminación de la fibra directamente, como es habitual en la fibra multimodo. Las terminaciones de las fibras monomodo deben realizarse con extremo cuidado al momento del ensamble, especialmente del pulido, para lograr un buen rendimiento (atenuación y reflectancia bajas), por lo que suelen realizarse en fábricas con buenas condiciones de limpieza, con epóxico curado con calor y con pulido a máquina.

En cualquier instalación, al momento de elegir un tipo de conector se debe analizar si es compatible con los sistemas que se utilizarán en la red de cables de fibra óptica, siempre que el instalador esté familiarizado con el proceso de terminación y que el cliente considere que el conector es el adecuado. Si los sistemas aún no se especificaron, es posible que se necesiten cables de conexión (*patchcord*) híbridos con conectores diferentes en cada extremo. Si el instalador no conoce las maneras de instalar el conector, sería necesario que realice una capacitación. Además, a veces puede ocurrir que el usuario haya adquirido un tipo de conector que no es el ideal para la instalación, de manera que el instalador debería conversar con el usuario sobre las virtudes de los otros tipos de conectores antes de comprometerse a realizar el proyecto.

Los empalmes son uniones permanentes. El empalme por fusión es el más utilizado ya que ofrece el nivel de atenuación más bajo y la más mínima reflectancia, así como también, la unión más confiable. Casi todos los empalmes de fibra monomodo se realizan por fusión. El empalme mecánico se utiliza para restauraciones temporarias y para la mayoría de los empalmes de fibra multimodo. Si desea obtener más información sobre los empalmes, lea el texto a continuación.

Pérdida óptica del conector y del empalme

Especificaciones acerca del rendimiento

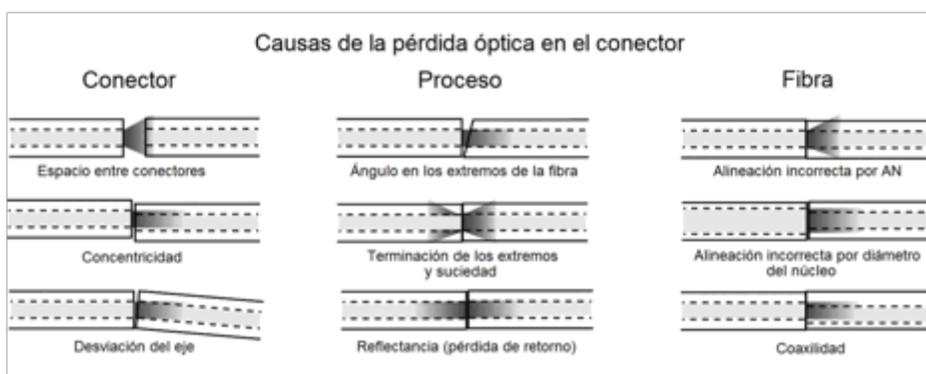
Pérdida óptica

La especificación principal de los conectores o de los empalmes es la pérdida óptica, o la cantidad de luz que se pierde en la conexión. Cuando hablamos de la pérdida del conector nos referimos a la pérdida óptica en la “conexión”, es decir, la pérdida óptica de dos conectores acoplados, que se expresa en “dB”. Puede ocurrir que un solo conector no posea pérdida óptica, por definición; la pérdida óptica en un empalme es evidentemente la luz que se pierde en la unión entre las dos fibras.

Para probar un conector es necesario unirlo a conectores de referencia que deben ser de alta calidad para que la medición de la pérdida no se vea perjudicada al momento de acoplarlo con un conector de características diferentes. Este es un aspecto importante que no suele comprenderse del todo bien. Para medir la

pérdida óptica en los conectores debe acoplarlos a un conector similar y adecuado. Si cuando se prueba un conector se lo acopla a varios conectores diferentes, probablemente tenga pérdidas distintas ya que estas dependen del conector de referencia al que se lo unió. Probar los empalmes es mucho más difícil ya que es una unión permanente; por eso, la prueba del empalme debe hacerse de manera indirecta por medio de un instrumento denominado OTDR (reflectómetro óptico en el dominio de tiempo).

Tanto la pérdida del conector como la del empalme se deben a varios factores. La pérdida óptica se reduce cuando los núcleos de las dos fibras son idénticos, están alineados de manera perfecta y se tocan entre sí, los conectores y los empalmes se realizaron adecuadamente y no hay suciedad en la unión. Solo se propagará la luz que se acopla en el núcleo de la fibra receptora, con lo cual, toda la luz restante es la pérdida del conector o del empalme.



La distancia entre los extremos de la fibra causan dos problemas: pérdida por inserción y reflectancia. El cono de luz que se forma a partir del conector desbordará sobre el núcleo de la fibra que recibe dicha luz y se perderá. Además, el espacio de aire en la unión entre las fibras provoca un reflejo cuando la luz experimenta el cambio en el índice de refracción al transmitirse desde la fibra de vidrio hasta el aire que está en dicho espacio. Este reflejo (denominado reflexión de Fresnel) asciende a cerca del 5% en los conectores habituales, lisos y pulidos, y significa que ningún conector que tenga un espacio de aire tendrá un nivel de pérdida óptica menor a 0.3 dB aproximadamente. A este reflejo se lo denomina reflectancia o pérdida de retorno óptica, y puede llegar a ser un problema en los sistemas basados en láseres. Se utiliza una cantidad de técnicas de pulido de conectores para crear un extremo convexo en la fibra y, así, garantizar el contacto físico de los extremos de las fibras y reducir la reflectancia lo máximo posible. En los empalmes mecánicos puede reducirse la reflexión de retorno al utilizar cortes no perpendiculares que provocan que estas reflexiones sean absorbidas por el revestimiento de la fibra.

El extremo de la fibra debe estar pulido de manera adecuada y limpio para reducir al máximo la pérdida óptica. Una superficie áspera o sucia puede

dispersar o absorber luz. Como la fibra óptica es tan pequeña, la suciedad habitual que está presente en el aire puede ser una causa importante de pérdida óptica. Si no se realiza la terminación de los conectores, estos deben cubrirse con tapas guardapolvo que provea el fabricante para proteger el extremo de la férula de la suciedad. Nunca se debe tocar el extremo de la férula ya que la oleosidad de nuestra piel provoca que la suciedad se adhiera a la fibra. Antes de realizar la conexión y la prueba se recomienda limpiar los conectores con paños sin pelusa humedecidos con alcohol isopropílico, o con limpiadores en seco de fibras.

Existen dos causas direccionales de pérdida óptica por una alineación incorrecta de las fibras: las diferencias en la apertura numérica (AN) y en el diámetro del núcleo que son inherentes a las fibras que se desea unir. Estas diferencias crearán conexiones que tienen niveles de pérdida óptica distintos según la dirección en la que se propaga la luz. La luz que proviene de una fibra con una AN mayor se acoplará y saturará al núcleo de la fibra que recibe dicha luz y será más sensible a la angularidad y al espacio entre conectores, de modo que la transmisión de una fibra de AN mayor hacia una de AN menor registrará una pérdida óptica mayor que la que se registraría en la dirección opuesta. Asimismo, la luz que proviene de una fibra con un núcleo mayor registrará una pérdida óptica alta al acoplarse en una fibra de diámetro más pequeño y, a la inversa, cuando una fibra de diámetro pequeño se acopla en una de diámetro grande se obtiene una pérdida óptica mínima ya que la luz es mucho menos sensible a la distancia entre los extremos de las fibras o a la desviación lateral.

Estas alineaciones incorrectas de las fibras ocurren por dos motivos: la necesidad ocasional de interconectar dos fibras distintas y las diferencias en la fabricación de fibras de las mismas dimensiones nominales. Las diferencias en la fabricación son de solo algunos micrones y contribuyen a que se generen solo pequeñas cantidades de pérdida óptica, pero la pérdida causada por las alineaciones incorrectas será direccional y provocará una pérdida óptica mayor al transmitirse de los núcleos más grandes de las fibras a otros más pequeños.

Dado que existen varios tipos de fibras monomodo y dos tipos de fibras multimodo (50/125 y 62.5/125) que se utilizan comúnmente en la actualidad, y otras dos fibras (100/140 y 85/125) que se utilizaban ocasionalmente en el pasado, es posible que algunas veces sea necesario conectar fibras distintas o utilizar fibras de un tamaño en sistemas diseñados para otros tamaños de fibra. Si conecta una fibra más pequeña a una más grande, la pérdida óptica que se produce al momento del acoplamiento será mínima, pero al conectar fibras más grandes a las más pequeñas provocará una pérdida óptica significativa en la unión.

En general, la pérdida óptica habitual de los conector de fibras monomodo o multimodo, pulidos en fábrica por medio de técnicas de pegado o pulido, es menor a 0.3 dB. Muy pocos instaladores afrontan la terminación en campo de la

fibra monomodo, en general, fusionan el cable de fibra conectorizado (*pigtail*) de fábrica a las fibras, ya que no es tan sencillo pulir el conector de fibra monomodo al realizar la terminación en campo, especialmente en términos de reflectancia. Las terminaciones en campo de la fibra multimodo son habituales, ya que los instaladores con experiencia pueden obtener resultados comparables a las terminaciones realizadas en fábrica con técnicas de pegado o pulido. La terminación en campo de los conectores prepulidos o de empalme, realizada con una cortadora de precisión (las que se fabrican para las fusionadoras), pueden producir resultados razonables cerca de los 0.5 dB, mientras que una cortadora común y corriente suele generar una pérdida óptica del rango de los 0.75 dB. Muy pocos estándares de la industria establecen límites al nivel de pérdida óptica del conector, pero el estándar TIA 568 requiere que la pérdida óptica en la conexión sea menor a 0.75 dB y la pérdida óptica en el empalme a 0.3 dB. Son cifras elevadas de pérdida pero que permitirán la utilización de conectores prepulidos o de empalme y de la mayoría de los empalmes mecánicos.

Reflectancia

La reflectancia o la pérdida de retorno óptica del conector (también llamada “reflexión de retorno”) es la cantidad de luz que se refleja en la fibra hacia la fuente emisora de luz como consecuencia de los reflejos de luz fuera de la interfaz de la superficie pulida del extremo del conector y del aire. Se la llama reflexión de Fresnel y está causada por la luz que se transmite y sufre los cambios en el índice de refracción en la interfaz entre la fibra ($n=1.5$) y el aire ($n=1$). La reflectancia es el problema principal con los conectores, pero también puede afectar a los empalmes mecánicos que contienen un gel igualador de índice para evitarla.

La reflectancia es un componente de la pérdida por conexión, y representa una pérdida de 0.3 dB para conectores que no tienen contacto o que tienen espacio entre ellos, en el caso en que dos fibras no se toquen. Reducir al máximo la reflectancia es necesario para obtener el máximo rendimiento de los sistemas de fibras monomodo de velocidad de transmisión de bits alta basados en láseres y, en especial, de las señales de amplitud modulada de televisión por cable. En los sistemas de fibras multimodo, los reflejos no son un problema pero pueden contribuir al ruido de fondo en la fibra.

Como la reflectancia suele ser un problema en los sistemas de fibras monomodo, los fabricantes se concentraron en resolver el problema de los componentes de este tipo de fibra; sin embargo, los conectores de las fibras multimodo también se ven beneficiados ya que la reducción de la reflectancia implica también una reducción de la pérdida óptica. Se utilizaron varias estrategias para reducir la reflectancia, principalmente por medio de un pulido en forma convexa del contacto físico (PC) en el extremo de la férula del conector, que reduce la

reflexión de Fresnel. La técnica implica pulir la superficie del extremo de la fibra para lograr una superficie convexa o, aún mejor, realizar un pulido en forma de ángulo suave (contacto físico angulado o APC) para prevenir la reflectancia.

Conectores

Tipos de conectores de fibra óptica

Desde que la tecnología de fibra óptica fue introducida a fines de los años setenta, se han desarrollado numerosos tipos de conectores, probablemente más de 100 tipos. Cada diseño nuevo intentaba ofrecer un mejor desempeño (menos pérdida de luz y de reflectancia) y terminaciones más simples, rápidas y/o más económicas.

Por supuesto, el mercado es el que con el tiempo determina cuáles son los conectores eficaces, aunque se ha intentado en varias oportunidades estandarizar los conectores. Algunos son únicos para ciertos sistemas o redes, por ejemplo, la FDDI (interfaz de datos distribuida por fibra) la primera red de área local LAN, y el ESCON, la interfaz para conectar los servidores centrales (*mainframe*) de IBM a periféricos, necesitaban conectores especiales. La norma TIA 568 originalmente determinaba que los conectores SC eran los estándar, pero luego cuando los usuarios comenzaron a utilizar más los conectores ST que los SC y una nueva generación de conectores más pequeños fue introducida, la norma TIA-568B fue modificada y estableció que se aceptaba cualquier conector que fuese respaldado por las normas de FOCIS.



Los cuatro conectores que se observan aquí muestran cómo han evolucionado los conectores de fibra óptica. El de más abajo es un conector Deutsch 1000, el primer conector de fibra óptica disponible comercialmente. En realidad era un empalme mecánico, que sujetaba las fibras dentro con una pequeña tuerca que las ajustaba. La pieza que forma la nariz tenía un resorte, que permitía exponer la fibra para cortarla y unirla, con unos lentes de plástico en un adaptador de acoplamiento. El adaptador de acoplamiento también tenía un fluido igualador de

índices para reducir las pérdidas, pero este ocasionaba un problema con la suciedad.

El conector bicónico de AT&T fue desarrollado por los laboratorios *Bell Labs* a mediados de los años setenta. La férula cónica era moldeada a partir de un plástico relleno con vidrio. Los primeros bicónicos tenían férulas moldeadas dentro de la fibra, hasta que desarrollaron un fragmento de 125 micrones (0.0127 cm) exactamente en el centro. Cuando los bicónicos fueron adaptados para las fibras monomodo, las férulas eran unidas con una máquina rectificadora especial para que estuvieran en el centro de la fibra.

El conector SC, que fue introducido a mediados de los ochenta, utilizaba una nueva invención, la férula cerámica moldeada, que revolucionó la terminación de la fibra óptica. La cerámica era un material ideal para las férulas. Se hacían de forma económica mediante el moldeo, mucho más económica que, por ejemplo, el mecanizado de metal. Era extremadamente estable a la temperatura, tenía características similares de expansión al vidrio, lo que evitaba el "pistoneo" cuando la férula se despegaba, un problema que tenían las férulas de metal o de plástico. Su dureza era similar al vidrio, lo que hacía que su pulido fuese mucho más fácil. Además, se adhería fácilmente a las fibras utilizando adhesivos epóxicos o anaeróbicos. En la actualidad, casi todos los conectores utilizan férulas de cerámica, usualmente de 2.5 mm de diámetro (conectores SC, ST, FC) o de 1.25 mm de diámetro (conectores LC, MU).

El conector LC fue introducido a finales de los años noventa para reducir el tamaño de los conectores de alta densidad en los paneles de conexión u otros equipos. Éste utiliza una férula más pequeña, de 1.25 mm de diámetro. Los conectores LC son los que se utilizan para las redes de telecomunicaciones y de datos de alta velocidad (de más de 1 Gb/s).



A pesar de que a través de la historia de la fibra óptica se han desarrollado más de cien tipos de conectores, solamente los tres conectores que se muestran aquí, los SC, LC y ST son los conectores de fibra que más se utilizan hoy en día.

El conector ST (marca registrada de AT&T) fue uno de los primeros conectores que utilizaron férulas cerámicas y todavía uno de los conectores más populares para las redes multimodo, mayormente para edificios y campus. Tiene una montura de bayoneta y una férula larga y cilíndrica para sostener la fibra. La mayoría de las férulas son de cerámica, pero hay algunas de metal o de plástico.

Como tienen un resorte, debe asegurarse de que se inserten correctamente. Si tiene pérdidas altas, vuelva a conectarlos para ver si hay alguna diferencia.

El conector SC es un conector *snap-in* muy utilizado en los sistemas monomodo por su excelente desempeño y en los sistemas multimodo porque fue el primer conector elegido como estándar por la norma TIA-568 (ahora se acepta cualquier conector aprobado por las normas FOCIS). Es un conector *snap-in* que se ajusta con un mecanismo simple de *push-pull* (que previene la desconexión accidental). También está disponible en una configuración dúplex.

El LC es un conector relativamente nuevo que utiliza una férula de 1.25 mm, la mitad del tamaño del ST. Se utiliza generalmente en formato dúplex. Es un conector estándar de férula cerámica, que puede colocarse con cualquier adhesivo. Dado que tiene un buen desempeño, es el conector más preferido para monomodo y es el elegido para los *transceivers* multimodo para velocidades gigabit o mayores, incluso para Ethernet multimodo y canales de fibra.

Puede ver otros tipos de conectores para fibra óptica en la fuente de referencia de temas de tecnología de la FOA (*FOA Tech Topics*), en el sitio web de la FOA.

Los conectores más populares

El conector ST sigue siendo uno de los conectores multimodo más populares, debido a que es económico y fácil de instalar. El conector SC estaba designado como estándar por la antigua norma EIA/TIA 568A, pero al principio, su elevado costo y la dificultad para su instalación (hasta hace poco) disminuyó su popularidad en instalaciones de planta interna. De todas formas, los conectores SC nuevos son mucho mejores, en lo que respecta a costo y facilidad de instalación, por lo que ha aumentado su uso. Pero ahora los conectores LC están compitiendo con los SC, ya que los primeros son los conectores que se utilizan para los *transceivers* de los sistemas que operan a velocidad gigabit, debido a su tamaño pequeño y su alto rendimiento.

Las redes monomodo han utilizado conectores FC o SC en la misma proporción que se utilizaron los conectores ST y SC en las instalaciones multimodo. También se utilizan algunos conectores D4. Pero los LC se han vuelto los más populares, como ya se expresó, por su rendimiento y pequeño tamaño.

Ahora, la norma EIA/TIA 568 permite cualquier conector de fibra óptica, mientras que esté respaldado por las FOCIS. Esto abrió camino para el desarrollo de nuevos conectores, que denominamos "conector compacto SFF", que incluye el LC de AT&T LC, el MT-RJ, el Opti-Jack de Panduit, el Volition de 3M, el E2000/LX-5 y el conector MU. El conector LC fue el que ha tenido mayor éxito dentro de los Estados Unidos.

Conectores de fibra óptica para aplicaciones especiales



Hay varios tipos especiales de conectores de fibra óptica disponibles, tales como los conectores MTP multifibra que se utilizan en cableados prefabricados, para conexiones militares, para conexiones submarinas o para aeronaves, los conectores para fibra óptica de plástico (POF), etc. La mayoría han sido diseñados para aplicaciones específicas y requieren rigurosas pruebas de certificación. Algunos conectores, como los Mil-C-38999, son conectores para cables de cobre, adaptados para sostener férulas de fibra óptica. Muchos de estos conectores requieren tipos de cables especiales así como procesos de terminación, limpieza, manipulación y prueba también especiales. Consulte las instrucciones del fabricante cuando esté manipulando este tipo de conectores.

Fabricación de los conectores

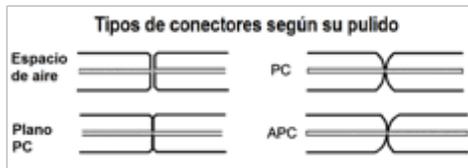
La mayoría de los conectores disponibles hoy en día utilizan férulas cerámicas para sostener y alinear las fibras. La cerámica se utiliza debido a que se adhiere bien al vidrio, es fácil de pulir y tiene una baja dilatación térmica, como la fibra de vidrio. El extremo de la férula cerámica se pega o crimpa al cuerpo del conector. La parte de atrás del conector tiene una forma adecuada para que se pueda introducir un manguito de compresión, que se utiliza con los cables simplex con cubierta para crimpar los elementos de resistencia de aramida al cuerpo del conector, lo que brinda resistencia mecánica a la terminación del cable.



Formas y tipos de pulido de la férula del conector

Los conectores de fibra óptica pueden tener distintas formas de férulas o terminaciones, normalmente denominadas terminación o tipos de pulido. Los primeros conectores, que no tenían férulas con ranuras y podían rotar en los

adaptadores de conexión, siempre tenían un espacio de aire entre los conectores para evitar que rotaran y provocaran rayones en el final de las fibras. Los extremos de las férulas se pulían en superficies planas y resistentes.



Los primeros conectores ST y FC con férulas con ranuras estaban diseñados para unirse completamente, lo que ahora llamamos conectores de tipo "contacto físico" (PC). Estos primeros conectores todavía tenían el extremo plano pulido. Al reducir el espacio de aire se reducía la pérdida y la reflexión (lo que es muy importante para los sistemas monomodo basados en láser), ya que tiene una pérdida de alrededor del 5% (equivalente a 0.25 dB) en cada espacio de aire y la luz vuelve reflejada a la fibra. Mientras que los conectores con espacio de aire normalmente tenían pérdidas de 0.5 dB o más y una reflexión de -20 dB, los conectores PC tienen menos pérdidas, de 0.3 dB y una reflexión menor, de -30 a -40 dB. Los conectores PC deben ser pulidos en una superficie plana con una almohadilla suave para permitir un pulido convexo.

Poco después se determinó que al pulir las férulas de una forma convexa producía una mejor conexión. La férula convexa garantizaba que las fibras del núcleo estuviesen en contacto. Las pérdidas eran de menos de 0.3dB y la reflectancia de -40 dB o incluso mejor.

La solución definitiva para los sistemas monomodo extremadamente sensibles a las reflexiones, como la televisión por cable (CATV) o las redes de telecomunicaciones con una tasa de bits alta, fue la de realizar ángulos de 8 grados en el extremo de la férula para crear lo que denominamos un conector APC o conector PC angulado. Luego, cualquier luz reflejada está en un ángulo que se absorbe en el revestimiento (*cladding*) de la fibra, lo que resulta en una reflectancia menor a -60 dB.

Código de colores de los conectores:

Desde el principio, los colores naranja, negro o gris eran para la fibra multimodo y el amarillo para la fibra monomodo. Sin embargo, con la llegada de los conectores metálicos como el FC y el ST, la asignación de códigos de colores fuese difícil, por eso comúnmente se utilizan botas protectoras de colores en las fibras o en el cable para identificar los conectores. Algunas veces no se conoce el color del conector, por lo que el usuario debe identificar el tipo de fibra por el cable.

Según el código de colores de la norma TIA 568, los cuerpos y/o botas protectoras de los conectores deben ser de color beige para la fibra multimodo, con excepción de la fibra optimizada para láser, para la que se utiliza el color turquesa (aguamarina), azul para las fibras monomodo y verde para los conectores APC (angulados).

Proceso de terminación

En general, los conectores multimodo se instalan en campo luego de su tendido, mientras que los conectores monomodo se instalan normalmente luego de empalmar en la fibra un cable de fibra conectorizado (*pigtail*) de fabricación industrial. Las terminaciones de fibra monomodo son menos tolerantes que las multimodo y los procesos de pulido son más importantes, es por ello que es mejor realizar las terminaciones monomodo en una fábrica utilizando máquinas de pulido (correctamente). En el caso de redes de datos de velocidad reducida, pueden instalarse los conectores monomodo en campo, pero no se logran pérdidas menores a 1 dB y la reflectancia puede ser un problema.

Los conectores pueden instalarse directamente en la mayoría de los tipos de cables, incluso en los cables simplex de estructura ajustada, cables duplex (*zipcord*) y cables “*breakout*”, en los que los elementos de resistencia de aramida están crimpados o pegados al cuerpo del conector para crear un conector resistente. Los conectores pueden unirse a las fibras de 900 micrones de estructura ajustada con en los cables de distribución, pero la terminación no es tan resistente como la de los cables con chaqueta, por lo que deben ser instalados en paneles de conexión o cajas para su protección. La terminación de las fibras de 250 micrones de estructura ajustada en cables de estructura holgada puede ser complicada, salvo que tengan un refuerzo denominado kit para proteger la terminación de la fibra (*breakout kit*) o kits de bifurcación (*furcation kits*), donde cada fibra está vestida por un tubo de plástico más grande. En general, la terminación de la fibra de tipo holgada y de los cables tipo cinta (*ribbon*) se hace con un cable de fibra óptica conectorizado (*pigtail*).

Los cables pueden tenderse con los conectores ya instalados si y solo si usted puede hacer frente a dos cuestiones. En primer lugar, el largo del cable debe ser exacto. Si es muy corto, deberá tender otro cable más largo (no es rentable realizar empalmes). Si es muy largo, usted habrá desperdiciado dinero y tendrá que almacenar el cable sobrante. En segundo lugar, los conectores deben estar protegidos. Algunos fabricantes de cables y de conectores ofrecen cubiertas protectoras para los conectores, pero de todas formas debe ser muy cuidadoso al tender los cables. Debería considerar colocar las terminaciones en un extremo y tirar del otro extremo sin terminaciones para no poner en riesgo a los

conectores. Ahora hay una tendencia en aumento: instalar sistemas previamente terminados con el conector multifibra MTP 12; es un conector muy pequeño, no mucho más grande que un conector ST o SC, pero termina hasta 12 fibras. Los fabricantes venden los cables multifibra que ya tienen instalados los conectores MTP que se conectan a los paneles de conexiones previamente terminados con conectores ST o SC.

Terminaciones para fibra multimodo

Para las fibras multimodo hay varios tipos de terminaciones disponibles. Cada versión tiene sus ventajas y sus desventajas, por lo que aprender más sobre cómo trabaja cada una lo ayudará a decidir cuál utilizar.

Terminaciones para fibra monomodo

La fibra monomodo requiere conectores y técnicas de pulido diferentes, que se realizan mejor dentro de una fábrica. Como consecuencia, la terminación de la fibra monomodo se realiza conectándola con un cable de fibra conectorizado (*pigtail*) ensamblado en fábrica. La terminación de la fibra monomodo requiere conectores especiales, con mucha más tolerancia en la férula, en especial la ranura para sostener la fibra. Para pulirlo se requiere un papel de lija granulado especial con partículas de diamantes, debe realizarse sobre una almohadilla plana con una mezcla para pulir para así lograr una reflectancia baja. Si usted sabe cómo hacerlo, puede colocar los conectores monomodo en campo. Pero habrá mayor pérdida y mayor reflectancia.

Terminaciones con sistema adhesivo

La mayoría de los conectores tienen resinas epóxicas u otros adhesivos para mantener la fibra dentro de la férula del conector y un pulido fino del extremo de la fibra para un acabado suave. Siga los procedimientos de terminación atentamente, ya que han sido elaborados para generar las pérdidas más bajas y las terminaciones más confiables. Utilice solamente los adhesivos especificados, ya que la unión de la fibra a la férula es vital para lograr menores pérdidas y un rendimiento a largo plazo. Hemos visto gente utilizando adhesivos epóxicos de ferreterías, cianoacrilato, entre otros, pero luego se arrepintieron. Solo pueden utilizarse aquellos adhesivos aprobados por los fabricantes o distribuidores de los conectores. Si el adhesivo no funciona, algo que no es tan inusual cuando las férulas de los conectores están hechas de metal, la fibra “pistonea” (sobresaliendo de la férula o retrayéndose), lo que ocasiona altas pérdidas y posibles daños al conector acoplado.

El proceso de pulido acarrea tres pasos pero solo toma un minuto: “pulir en el aire” para desgastar la fibra que sobresale, pulir la fibra sosteniéndola de forma

perpendicular a la superficie de pulido, en una almohadilla suave con un disco de pulido, y luego realizar un pulido final suave.

Epóxico/Pulido

La mayoría de los conectores y casi todas las terminaciones de fabricación industrial son los simples de tipo "epóxico/pulido", en el que se pega la fibra al conector con epóxico y se pule el extremo con un papel de lija granulado especial. Este método es el que brinda la conexión más confiable, menores pérdidas (de menos de 0.5 dB) y costos más bajos, en especial si se instalan muchos conectores. La pequeña gota de epóxico endurecida que rodea la fibra en el extremo de la férula hace que los procesos de corte y pulido sean mucho más fáciles, es prácticamente infalible. Puede dejar que el epóxico se seque durante la noche o puede utilizar un horno de curación económico. Nunca debe utilizarse una "pistola de calor" para tratar de curar el epóxico más rápido ya que el calor de forma despareja puede no curarlo por completo o puede recalentarlo, lo que hará que jamás se cure. Tampoco utilice los hornos "Hot Melt", ya que tienen una temperatura mucho mayor y arruinarán el epóxico.

Pulido /adhesivo "Hot Melt" (de fusión en caliente)

Este es el nombre comercial de 3M para un conector que ya viene con el epóxico dentro del conector (en realidad, el pegamento seco). Debe poner el conector en un horno especial. En pocos minutos, el pegamento se derrite, entonces saca el conector, insertar la fibra pelada, lo deja enfriar y ya está listo para pulir. Es rápido y fácil, tiene poca pérdida, pero no es tan económico como el tipo epóxico, que se ha convertido en el favorito de muchos contratistas que instalan cantidades relativamente pequeñas de conectores. Recuerde que tendrá que utilizar un horno especial "Hot Melt", ya que necesita una temperatura mucho más alta que la que se utiliza para curar el epóxico.

Adhesivo anaeróbico y pulido

Estos conectores utilizan un adhesivo "anaeróbico" de secado rápido que se cura más rápido que otros tipos de adhesivos. Se utilizan varias técnicas para aplicar este adhesivo, incluso inyectándolo en el conector antes de insertar la fibra o simplemente pasando sobre la fibra el adhesivo con un paño antes de insertarla en el conector. Estos adhesivos se secan en 5 minutos si se dejan solos o en 30 segundos si se utiliza un acelerador químico.

Los conectores anaeróbicos funcionan bien si su técnica es buena, pero algunos no tienen el amplio rango de temperatura que tienen los adhesivos con epóxico. Muchos instaladores utilizan el Loctite 648, con la solución aceleradora o sin ella, ya que es más prolijo y fácil de utilizar.

El proceso de terminación



El proceso de terminación es parecido para todos los tipos de conectores adhesivo/pulido. Debe comenzar preparando el cable, pelando la chaqueta exterior y cortando los elementos de refuerzo. Luego, debe pelar la fibra con una herramienta especial que remueve el recubrimiento plástico sin dañar la fibra. Entonces debe limpiar la fibra y dejarla a un costado. Debe aplicar el adhesivo en el conector o en la fibra, y luego la fibra se inserta y se crimpa al cuerpo del conector.

Cuando el adhesivo está seco, la fibra entonces se corta cerca del extremo de la férula. El pulido incluye tres pasos: primero, realice un “pulido en el aire” para desgastar la fibra cortada cerca de la superficie de la férula. Luego, pula con dos papeles de lija de distinto gramaje sobre una almohadilla de goma utilizando un disco de pulido para mantener la fibra perpendicular a la superficie.

Observe el extremo de la férula con un microscopio para inspeccionar la fibra óptica. Lea el capítulo sobre pruebas (comprobación) para obtener más información sobre la inspección de los conectores.

Un instalador con experiencia puede colocar terminaciones en los cables multifibra en aproximadamente un minuto por fibra, utilizando el tiempo requerido para curar el adhesivo para preparar otros conectores y reducir el tiempo que le toma cada conector.

Es importante que siga los procedimientos de terminación atentamente, ya que los mismos han sido elaborados para generar las menores pérdidas y las terminaciones más confiables. Utilice solamente los adhesivos especificados, ya que la unión de la fibra a la férula es vital para lograr menores pérdidas y un rendimiento a largo plazo. Y, como todo, ¡la práctica hace al experto!

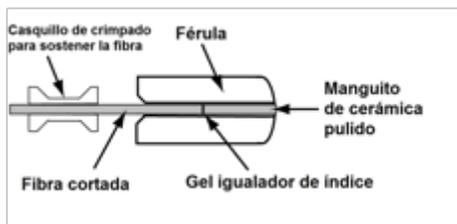
Crimpado/ Pulido

En lugar de pegar la fibra en el conector, estos conectores utilizan un casquillo de crimpado para sostener la fibra. La mayoría de los que estaban disponibles en el pasado brindaban una pérdida marginal del rendimiento, es por ello que ya no

están disponibles. Puede optar por cambiar mayores pérdidas por una mayor velocidad de terminación, pero sólo son una buena opción si usted instala pocas cantidades y su cliente está de acuerdo.

De tipo prepulido (también denominado “cortar y crimpar”)

Algunos fabricantes ofrecen unos conectores que vienen con un pequeño trozo de fibra ya insertado a la férula y un empalme mecánico en el interior del conector, por lo que usted solamente debe cortar la fibra e insertarla como un empalme, un proceso que puede realizarse rápidamente. Para unir el conector, muchos conectores utilizan un empalme por fusión en lugar de un empalme mecánico.



Este método tiene aspectos buenos y malos. La fabricación es compleja, por lo que estos conectores son costosos, casi diez veces más que lo de tipo adhesivo/pulido, ya que requieren una fabricación cuidadosa. Una parte del costo extra puede compensarse con los costos menores de trabajo en su instalación. Para tener menos pérdidas, debe realizar un buen corte en la fibra en la que se está realizando la terminación, ya que el corte de la fibra es un factor importante en las pérdidas de un empalme mecánico. Se recomienda utilizar una cortadora de precisión como las que se utilizan con las fusionadoras de fibra óptica, que algunos fabricantes ofrecen como parte de los kits de terminación. Incluso si hace todo correctamente, la pérdida será ligeramente más alta, ya que tendrá la pérdida de la conexión más la pérdida por empalme en cada conector. La mejor forma de realizar la terminación es verificar la pérdida del empalme con un localizador visual de fallos y “retorcerlos” como se hace con los empalmes mecánicos.

Indicaciones para las terminaciones en campo

A continuación hay algunas cuestiones que debe recordar cuando esté instalando conectores en campo. Si sigue estos lineamientos, ahorrará tiempo, dinero y evitará una frustración.

Con cualquier cosa que realice, siempre siga detenidamente las instrucciones del fabricante sobre las terminaciones.

Elija cuidadosamente el conector y en el caso de que sea algún tipo distinto a los de epóxico o pulido, aclárelo con el cliente. Algunos clientes tienen opiniones firmes sobre los tipos o las marcas de los conectores utilizados en sus trabajos.

NUNCA lleve un tipo nuevo de conector para instalar en campo hasta que haya instalado suficientes en la oficina o en el laboratorio como para estar seguro de que puede instalarlos con éxito. Aquél no es el lugar para realizar experimentos o aprender. Uno de los factores de costo más importantes en la instalación de conectores es su rendimiento: cuántos pasan las pruebas. El factor más importante de la terminación en campo es la experiencia del instalador.

Debe tener las herramientas correctas para el trabajo. Asegúrese de tener las herramientas adecuadas y en buenas condiciones antes de partir a realizar el trabajo. Esto incluye todas las herramientas para las terminaciones, para los cables y el equipo de comprobación, ¿sabe si los cables de prueba están en condiciones?, sin ellos las terminaciones bien hechas obtendrán mediciones satisfactorias en las pruebas. Cada vez más instaladores están adquiriendo sus propias herramientas, como los mecánicos de autos, ellos dicen que así se aseguran que las herramientas estén bien cuidadas.

El polvo y la suciedad son sus enemigos, es muy difícil colocar terminaciones o realizar empalmes en un lugar con polvo. Procure trabajar en el lugar más limpio que sea posible; utilice paños que no dejen pelusa (no utilice hisopos ni paños hechos con remeras viejas) para limpiar cada conector antes de conectarlo o probarlo; no trabaje cerca de las rejillas de la calefacción, ya que estas le soplarán polvo encima suyo continuamente; coloque cubiertas en los conectores y en los paneles de conexiones cuando no los esté utilizando; manténgalos cubiertos y limpios.

No pule excesivamente. Contrariamente a lo que todos piensan, pulir demasiado es tan malo como pulir muy poco. La férula cerámica en la mayoría de los conectores de hoy en día es mucho más fuerte que la fibra de vidrio. Al pulirla demasiado, la fibra se debilita y así obtiene una superficie de la fibra cóncava, en lugar de convexa como debería ser, aumentando las pérdidas. Unas pasadas es todo lo que se necesita.

Cambie los papeles de lija granulados regularmente. Al pulir, se acumulan residuos y suciedad en el papel de lija que, lo puede ocasionar problemas luego de pulir muchos conectores y resultar en terminaciones deficientes. Verifique las especificaciones del fabricante.

Inspeccione y pruebe; luego realice la documentación. Es muy difícil solucionar problemas cuando se desconoce el largo de los cables, a dónde se dirigen o qué resultados dieron las pruebas originalmente. Por ello, mantenga una buena documentación. Los usuarios inteligentes la necesitan y ya saben que pagarán un adicional por una buena documentación.

¿Debe realizar las terminaciones en campo?

Muchos fabricantes ofrecen sistemas de cableado prefabricado para instalaciones de planta interna y de planta externa. De hecho, la aplicación más grande de sistemas prefabricados es aquella para las instalaciones de fibra hasta el hogar (FTTH), que ahorra muchísimo tiempo de instalación y costos. Para utilizar sistemas prefabricados se necesita saber exactamente donde se tenderá el cable, así puede especificarse el largo de los cables. Mediante el uso de sistemas CAD (de diseño asistido por computadora) y gráficos de diseño, se diseña el cableado completo según las especificaciones del cliente y se arma en la fábrica utilizando componentes estándar. Los antiguos sistemas prefabricados (algunos todavía están disponibles) eran solamente cables con las terminaciones colocadas, con conectores ST o SC estándar, protegidos con una bota plástica con un lazo de arrastre enganchado a los elementos de refuerzo de la fibra. El cable se colocaba con la bota en el lugar y luego esta se removía para conectar el cable en los paneles de conexiones.

Hoy en día es más común utilizar cables de red troncal (*backbone*) con pequeños conectores para multifibra MTP que se tiran de un cuarto al otro y se conectan a módulos de racks que en la parte trasera tienen conectores MTP y en el frente conectores monomodo; y como en todo, esto tiene su compensación, los conectores ensamblados en fábrica en general tienen menos pérdidas que las terminaciones en campo, pero los conectores MTP, incluso aquellos ensamblados en fábrica, no son de baja pérdida, por lo que la pérdida total puede ser mayor a la de los sistemas terminados en campo. Los costos también tienen su compensación, ya que los sistemas prefabricados son más costosos pero el tiempo de instalación es mucho menor. En los edificios nuevos, los sistemas prefabricados son una buena idea, pero deben considerarse todos los aspectos antes de tomar una decisión.

Manipulación y protección de las terminaciones

A pesar de que los conectores están diseñados para ser lo suficientemente resistentes para ser manipulados y los cables recubiertos son bastante resistentes, los conectores necesitan algo de protección. Como los cables multifibra tienen muchas terminaciones por donde puede accederse a las fibras para realizar pruebas o cambiar configuraciones, los puntos de interconexión requieren la

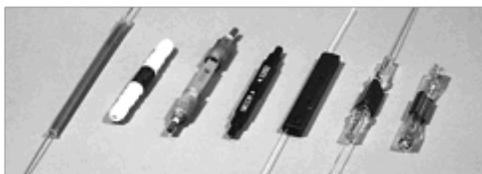
manipulación de las terminaciones, lo que incluye identificar cada conector/terminación.

Las conexiones pueden realizarse en diferentes tipos de equipos, como racks de paneles de conexiones o cajas de terminación. Los equipos adecuados deben elegirse de acuerdo a la instalación. Estos se verán en detalle en el capítulo de instalación.

Empalmes

Los empalmes crean una unión permanente entre dos fibras, por lo que su uso está limitado a aquellos lugares donde no se espera que los cables estén disponibles para realizar mantenimientos en el futuro. La aplicación más común del empalme es para la concatenación (la unión) de los cables en las conexiones largas de cable en plantas externas donde la longitud del tendido requiere más de un cable. El empalme puede utilizarse para combinar diferentes tipos de cables, como conectar un cable de 48 fibras a seis cables de 8 fibras que van a diferentes lugares. Los empalmes generalmente también se utilizan para colocar las terminaciones de las fibras monomodo con cables conectorizados (*pigtails*) en cada fibra, y por supuesto, los empalmes se utilizan para las restauraciones de las instalaciones en plantas externas.

Hay dos tipos de empalmes: por fusión y mecánicos. El empalme por fusión es el más utilizado ya que es el que brinda las pérdidas más bajas y la menor reflectancia, como también brinda la unión más fuerte y más confiable. Prácticamente todos los empalmes de fibra monomodo son por fusión. El empalme mecánico se utiliza para restauraciones temporarias y empalmes de fibras multimodo. En la foto que sigue a continuación, hay un empalme por fusión a la izquierda y el resto son diferentes tipos de empalmes mecánicos.



Empalmes por fusión

Los empalmes por fusión se hacen “soldando” dos fibras utilizando un arco eléctrico. Por cuestiones de seguridad, los empalmes por fusión no deben realizarse en espacios cerrados como alcantarillas o cualquier atmósfera que pueda ser explosiva. El equipo para realizar el empalme por fusión en general es muy voluminoso para los tendidos aéreos, por lo que los empalmes por fusión en general se realizan en un camión o tráiler equipado especialmente para ello.

Las fusionadoras por fusión para fibras monomodo son muy automatizadas, por lo que es difícil que se realice un empalme malo si se limpian y cortan las fibras adecuadamente y se siguen las indicaciones para utilizar la fusionadora de forma correcta. Los empalmes por fusión hoy en día son tan buenos que algunos empalmes pueden no ser detectados en los trazados gráficos de un OTDR. Algunas máquinas fusionadoras solamente realizan una fusión por vez, pero las fusionadoras para cintas de fibras pueden empalmar 12 fibras de una vez.

El proceso del empalme por fusión



La preparación de las fibras

El proceso de empalme por fusión es casi igual para todas las fusionadoras automáticas. El primer paso es pelar, limpiar y cortar las fibras a la que se realizará el empalme. Debe pelar el recubrimiento de la fibra para dejar al descubierto la longitud necesaria de fibra desnuda, limpiar la fibra con un paño adecuado, cortar la fibra siguiendo las indicaciones de la cortadora de precisión que está utilizando, colocar cada fibra en las guías de la fusionadora y fijarla allí.

Ejecutar el programa de empalme

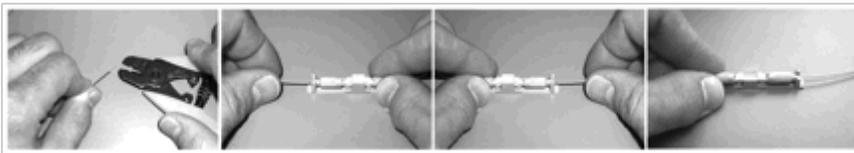
Primero elija el programa adecuado para las fibras en las que se realizará el empalme. La fusionadora mostrará las fibras mientras que se realiza el empalme en una pantalla de video. Se deberán inspeccionar los extremos de las fibras para comprobar que los cortes estén bien realizados, aquellos que no lo estén serán rechazados, y aquellas fibras deberán cortarse de nuevo; luego se colocan las fibras en posición, se prefusionan para quitar cualquier suciedad en los extremos de la fibra y para precalentar las fibras para el empalme. Las fibras se alinean utilizando el método alineación por núcleo que se utiliza en esa fusionadora, luego se fusionan por un arco automático que las calienta en un arco eléctrico y lo transmite a todas las fibras a una tasa controlada.

Cuando la fusión está terminada, la fusionadora inspeccionará el empalme y mostrará la pérdida óptica estimada del empalme, luego le indicará al operador si el empalme debe realizarse de nuevo. El operador retira las fibras de las guías y les coloca un maguito protector termocontraíble o una protección tipo mordaza.

Empalmes mecánicos

Los empalmes mecánicos se realizan con un dispositivo que alinea los extremos de las dos fibras y los mantiene unidos con un gel igualador de índice o pegamento. Hay varios tipos de empalmes mecánicos, como las pequeñas varillas de cristal o las abrazaderas de metal en forma de “v”. Las herramientas necesarias para realizar los empalmes mecánicos no son muy costosas, pero los empalmes en sí pueden ser más costosos. Muchos empalmes mecánicos se utilizan en restauraciones, pero con la práctica y utilizando una cortadora de precisión de calidad, como las que se usan para los empalmes por fusión, pueden funcionar bien con fibras monomodo y también con fibras multimodo.

El proceso del empalme mecánico



La preparación de las fibras

El proceso de empalme es casi igual para todos los tipos de empalmes mecánicos. El primer paso es pelar, limpiar y cortar las fibras a las que se realizará el empalme. Debe pelar el recubrimiento de la fibra para dejar al descubierto la longitud necesaria de fibra desnuda, limpiar la fibra con un paño adecuado, cortar la fibra siguiendo las indicaciones de la cortadora de precisión que está utilizando; si utiliza una cortadora de precisión como las que vienen con las fusionadoras logrará empalmes más consistentes y con pérdidas más bajas.

Cómo realizar el empalme mecánico

Coloque la primera fibra en el empalme mecánico. La mayoría de los empalmes están diseñados para limitar la profundidad en que se inserta la fibra mediante el largo de fibra pelada. Asegure la fibra en el lugar si las fibras están separadas; algunos empalmes aseguran ambas fibras al mismo tiempo. Repita estos pasos para la segunda fibra.

Puede optimizar con un localizador visual de fallos, que es una fuente láser de comprobación, las pérdidas de un empalme mecánico si los extremos de fibra a empalmarse se pueden ver. Retire suavemente una de las fibras, rótelas levemente y vuélvala a insertar hasta que la luz visible sea mínima, lo que indica la menor pérdida.

Cómo realizar buenos empalmes

Para lograr constantemente empalmes con bajas pérdidas se necesita una técnica adecuada y un mantenimiento del equipo en buenas condiciones. Por supuesto, la limpieza es una cuestión importante. Las peladoras de fibras deben mantenerse limpias y en buenas condiciones, y deben reemplazarse cuando están dañadas o gastadas. Las cortadoras de precisión son las más importantes, ya que el secreto de los buenos empalmes (ya sean por fusión o mecánicos) es obtener buenos cortes en ambas fibras. Mantenga las cortadoras de precisión limpias y el filo del lápiz rayador con punta de carburo alineado, y cámbielo regularmente. Debe realizar de forma adecuada los mantenimientos correspondientes de las fusionadoras y ajustar los parámetros de fusión de según las fibras que se empalmen. Para los empalmes mecánicos, es importante realizar una ligera presión en la fibra para mantener los extremos juntos mientras está asegurándolos. Si es posible, utilice un localizador visual de fallos para optimizar el empalme antes de asegurarlo.

Protección de los empalmes

Para protegerlos del entorno y del deterioro, los empalmes necesitan una funda de protección. Normalmente se los ubica en una bandeja de empalmes que luego se los coloca dentro de una caja de empalmes en las instalaciones en planta externa o dentro de un panel de conexión en las instalaciones en planta interna. Dentro de los cierres de empalmes y en cada extremo, aquellos cables que tengan blindaje o elementos de resistencia deben estar debidamente conectados a tierra.

Cómo elegir el tipo de empalme

La elección entre los empalmes por fusión o mecánicos se puede realizar según diferentes parámetros, que incluyen el rendimiento, confiabilidad y costo. Además, los instaladores pueden elegir el tipo de empalme con el que están más familiarizados o del que ya cuentan con el equipo para realizarlo.

Desde el punto de vista del rendimiento, los empalmes por fusión brindan pérdidas bajas y baja reflectancia, por lo que se los prefiere para las redes monomodo. Los empalmes por fusión pueden no funcionar bien en algunas fibras multimodo, por lo que se prefieren los empalmes mecánicos para los conectores multimodo, salvo que sea una instalación submarina o aérea, donde se prefiere la seguridad que brindan los empalmes por fusión.

Desde el punto de vista de la confiabilidad, el empalme por fusión es la mejor elección. Cuando se realiza bien y se asegura con un manguito protector, el empalme puede durar lo mismo que el cable. Algunos estudios han demostrado que los empalmes mecánicos también son duraderos, pero éstos no tienen la resistencia mecánica que tienen los empalmes por fusión.

Si el costo es un problema, la elección dependerá de la cantidad de empalmes a realizar. Los empalmes por fusión requieren equipos costosos pero realizan empalmes económicos, mientras que los empalmes mecánicos requieren equipos económicos pero el empalme en sí es más costoso. Si usted realiza muchos empalmes (por ejemplo en una gran red de telecomunicaciones o de televisión por cable, donde pueden ser miles), los empalmes por fusión serán más económicos. Si tan sólo necesita algunos empalmes o está realizando una restauración y no tiene una fusionadora de fibra óptica disponible, los empalmes mecánicos son una elección lógica.

Prueba de Fibra Óptica



Objetivos: En este capítulo, usted aprenderá:

Los parámetros que deben ser probados

Los instrumentos que se utilizan para la comprobación de la fibra óptica

Cómo realizar una prueba básica de fibra óptica

La incertidumbre de medición en la prueba de fibra óptica

Cómo solucionar problemas

Comprobación de Fibra Óptica

Después de que se instalan, empalman y se terminan todos los cables de fibra óptica, éstos deben probarse. Con cada red de cables de fibra óptica, debe comprobar la continuidad y polaridad, la pérdida de inserción punto a punto y luego solucionar cualquier problema que pudiera ocurrir en cada fibra de cada cable. Si se trata de un cable largo de planta externa con empalmes a lo largo de él, posiblemente también desee verificar los empalmes individuales mediante una prueba con OTDR (reflectómetro óptico en el dominio de tiempo), dado que es la única manera de asegurarse de que cada empalme esté realizado correctamente. Si usted es el usuario de red, es posible que también le interese probar la potencia del transmisor y del receptor, dado que la potencia es la medición que le indica si el sistema está operando de manera adecuada.

La realización de pruebas es el tema principal de la mayoría de los estándares de la industria, dado que existe la necesidad de verificar las especificaciones de los componentes y sistemas de manera congruente. En la página web de la FOA se encuentra disponible una lista de los estándares TIA e ISO sobre fibra óptica. La mayoría de estas pruebas se relaciona con las pruebas de fabricación para verificar el funcionamiento de los componentes y no son relevantes para las pruebas de instalación. Quizá la prueba más importante consiste en la pérdida por inserción de una red cables de fibra óptica instalada que se realiza con una fuente de luz y un medidor de potencia (LSPM) o equipo de comprobación de pérdidas ópticas (OLTS), que es requerido por todos los estándares internacionales a fin de

asegurar que la red de cables se encuentre dentro de la pérdida óptica estimada antes de que se apruebe la instalación.

La prueba de los componentes de fibra óptica y de las redes de cables requiere realizar varias evaluaciones y mediciones con las pruebas más comunes que se enumeran más abajo. Algunas implican la inspección y el juicio del instalador, como una inspección visual o rastreo, y para otras se utilizan instrumentos sofisticados que proporcionan mediciones directas. La potencia óptica, requerida para medir la potencia de la fuente, la potencia del receptor y, cuando es utilizada con una fuente de prueba, para medir la pérdida o atenuación, es el parámetro más importante, y se requiere para casi todas las pruebas de fibra óptica. Las mediciones de retrodispersión realizadas por un OTDR son las mediciones que siguen en importancia, especialmente para probar instalaciones de planta externa y solucionar problemas. Las mediciones de los parámetros geométricos de la fibra y el ancho de banda o dispersión son esenciales para los fabricantes de fibra, pero no son relevantes para la prueba de campo. En toda instalación se requiere la solución de problemas de cables y de redes instaladas.

Inspección visual

Trazador visual de continuidad

La verificación de continuidad con un trazador visual de continuidad puede trazar la trayectoria de una fibra desde un extremo a otro a través de varias conexiones, y así verificar la continuidad, conexiones correctas y la polaridad de conector dúplex. Un trazador visual de continuidad se parece a una linterna o un instrumento similar a un bolígrafo con una bombilla o fuente LED que se acopla a un conector de fibra óptica. Conecte la fibra que debe probar al trazador y mire el otro extremo de la fibra para ver la luz transmitida a través del núcleo de la fibra. Si no ve ninguna luz en el extremo, vuelva a las conexiones intermedias para encontrar la sección del cable que está dañada.

Un buen ejemplo de cómo un trazador visual de continuidad puede ahorrar tiempo y dinero consiste en probar la fibra en una bobina antes de instalarla para asegurarse de que no ha sido dañada durante el envío. En primer lugar, verifique que no haya signos visibles de daños a la fibra en la bobina (como bobinas rajadas o rotas, cables torcidos, etc.). Durante la prueba, los trazadores visuales de continuidad también ayudan a identificar la próxima fibra que se debe probar con el kit de comprobación para controlar si hay pérdida. Al conectar los cables a los paneles de conexiones, utilice el trazador visual de continuidad para

asegurarse de cada conexión esté compuesta por las dos fibras correctas. A fin de cerciorarse de que la fibra correcta está conectada entre el transmisor y receptor, utilice el trazador visual de continuidad en lugar del transmisor, y su ojo en lugar del receptor para verificar la conexión. Siga todas las normas relativas a la seguridad ocular cuando trabaje con trazadores visuales.

Localización visual de fallos

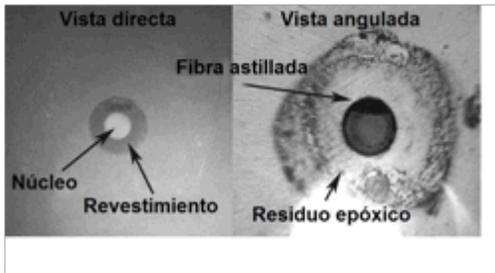
Una versión con más potencia del trazador visual de continuidad que se denomina localizador visual de fallos (VFL) utiliza un láser visible que también puede encontrar fallos. La luz láser roja es lo suficientemente poderosa para realizar una verificación de continuidad o para trazar fibras por varios kilómetros, identificar empalmes en bandejas de empalmes y mostrar roturas en fibras o conectores de alta pérdida. Puede ver la pérdida de luz en la rotura de una fibra a través de la luz roja brillante del VFL, aún a través de la chaqueta de varios cables simplex amarillos o naranjas (no con chaquetas negras o grises, por supuesto). Su uso más importante consiste en encontrar fallos en cables cortos o cerca del conector donde los OTDR no pueden encontrarlos.

También puede utilizar el VFL para verificar visualmente y optimizar empalmes mecánicos o conectores de fibra óptica de tipo prepulido. Al reducir visualmente la luz perdida, puede obtener un empalme con pérdida más baja. Ningún otro método le garantizará un alto rendimiento con estos conectores.

Antes de utilizar los VFL, es necesario realizar una advertencia sobre la seguridad ocular. Los VFL utilizan una luz visible. El nivel de potencia es alto, en consecuencia, usted no debe ver directamente a la luz. Notará que mirar directamente a la salida de una fibra iluminada por un VFL es algo incómodo, por lo tanto, al trazar fibras, es conveniente que mire al costado de la fibra para ver si la luz VFL está presente.

Inspección visual de conector por microscopio

Los microscopios para inspección de fibra óptica se utilizan para inspeccionar conectores, a fin de corroborar que el pulido sea adecuado y encontrar fallos como rasguños, defectos de pulido y suciedad. Pueden ser utilizados tanto para verificar la calidad del procedimiento de acabado como para diagnosticar problemas. Un conector bien hecho tiene un acabado suave, pulido y sin rasguños, y la fibra no muestra ningún signo de rajaduras, astillas o áreas donde la fibra esté sobresaliendo del extremo de la férula o hacia adentro.



El aumento para visualizar los conectores puede ser de una potencia de 30 a 400, pero es mejor utilizar un aumento medio. Si el aumento es muy bajo, es posible que no sean visibles detalles fundamentales. Realizar la inspección con un aumento muy grande puede llevar a que la persona que ve a través del microscopio sea demasiado crítica, y rechace conectores buenos. Los conectores multimodo deben utilizar aumentos en el rango de 100-200X y la fibra monomodo puede utilizar un aumento más grande, hasta 400X. Una mejor solución consiste en utilizar un aumento medio, pero inspeccionar el conector de tres formas: ver directamente el extremo de la superficie pulida con una iluminación coaxial u oblicua, ver directamente con la luz transmitida a través del núcleo y ver a un ángulo con iluminación desde el ángulo opuesto o con iluminación que sea bastante oblicua.

Al ver de forma directa, se puede visualizar la fibra y el orificio de la férula, y determinar si éste es de un tamaño adecuado, si la fibra está centrada en el orificio y si se ha aplicado la cantidad adecuada de adhesivo. Sin embargo, con esta forma, únicamente los rasguños más grandes son visibles. Al agregar luz transmitida a través del núcleo se harán visibles las rajaduras al extremo de la fibra, ocasionadas por la presión o el calor durante el proceso de pulido.

Si ve el extremo del conector desde un ángulo determinado, mientras lo ilumina desde aproximadamente el mismo ángulo del lado opuesto o si utiliza una iluminación desde un ángulo menor y ve directamente, obtendrá la mejor inspección para la calidad de pulido y posibles rasguños. El efecto de sombra que produce la visión o iluminación angular aumenta el contraste de los rasguños contra la superficie pulida suave y espejada del vidrio.

No obstante, debe ser cuidadoso al inspeccionar los conectores. A veces se tiende a ser demasiado crítico, especialmente si se utilizan aumentos grandes. En general, solamente los defectos sobre el núcleo de la fibra se consideran problemas. Las esquirlas del vidrio alrededor de la parte externa del revestimiento no son algo inusual, y no tendrán efecto sobre la capacidad del conector de acoplar luz en el núcleo de las fibras multimodo. Asimismo, los rasguños que están solamente en el

revestimiento (*cladding*) no deberían ocasionar ningún problema de pérdida.

Los mejores microscopios le permiten inspeccionar el conector desde diferentes ángulos, ya sea inclinando el conector o permitiendo la iluminación angular para obtener el mejor panorama sobre lo que está sucediendo. Verifique que el microscopio tenga un adaptador fácil de usar para unir los conectores de interés al microscopio.

Los microscopios con salida de video que ahora están disponibles permiten obtener una visión más fácil de la cara del extremo del conector, y algunas incluso tienen un software que analiza el acabado. Aunque son muchos más costosos que los microscopios ópticos normales, facilitan la inspección y aumentan la productividad enormemente.

Es importante que recuerde verificar que el cable no tenga corriente antes de mirarlo en el microscopio, a fin de proteger sus ojos. El microscopio concentrará toda energía que exista en la fibra y lo enfocará en su ojo con resultados potencialmente peligrosos. Algunos microscopios tienen filtros para detener la radiación infrarroja de los transmisores con el propósito de minimizar este problema.

Potencia óptica

Prácticamente, cada medición en fibra óptica se refiere a la potencia óptica. La salida de un transmisor o la entrada a un receptor son mediciones de potencia óptica "absolutas", es decir, se mide el valor real de la potencia. La pérdida es una medición de potencia "relativa", la diferencia entre la potencia acoplada a un componente como un cable, empalme o un conector y la potencia que se transmite a través de ella. Esta diferencia en el nivel de potencia antes y después del componente es lo que llamamos pérdida óptica y define el rendimiento de un cable, conector, empalme u otro componente.

Siempre que las pruebas se realizan en redes de fibra óptica, los resultados se muestran en la pantalla de lectura del instrumento. Las mediciones de potencia se expresan en "dB", que es la unidad de medida de potencia y pérdida en las mediciones de fibra óptica. La pérdida óptica se mide en "dB", mientras que la potencia óptica se mide en "dBm". La pérdida es un número negativo (por ejemplo, -3.2 dB), como lo son muchas mediciones de potencia. Las mediciones en dB a veces pueden ser confusas.

En los primeros tiempos de la fibra óptica, la potencia de salida de la fuente se medía generalmente en milivatios, una escala lineal, y la pérdida se medía en dB o en decibelios, una escala logarítmica. Con el

paso del tiempo, todas las medidas cambiaron a dB por motivos de conveniencia, lo que ocasionó bastante confusión. Las mediciones de pérdida generalmente se medían en dB, dado que el dB es una relación entre dos niveles de potencia, uno de los cuales se considera el valor de referencia. El dB es una escala logarítmica, en la cual cada 10 dB representa una proporción de 10 veces el valor. La ecuación real utilizada para calcular el dB es

$$\text{dB} = 10 \log (\text{potencia medida} / \text{potencia de referencia}).$$

Entonces, 10 dB es una proporción de 10 veces el valor (ya sea 10 veces más o un décimo más), 20 dB es una proporción de 100, 30 dB es una proporción de 1000, etc. Cuando las dos potencias ópticas comparadas son iguales, entonces $\text{dB}=0$, un valor conveniente que es fácil de recordar. Si la potencia medida es más alta que la potencia de referencia, el dB será un número positivo, pero si es más baja que la potencia de referencia, será un número negativo. Por lo tanto, las mediciones de pérdida generalmente se expresan como un número negativo.

Las mediciones de la potencia óptica, como la salida de un transmisor o entrada a un receptor se expresan en unidades de dBm. La "m" en dBm se refiere a una potencia de referencia de 1 milivatio. Por lo tanto, una fuente con un nivel de potencia de 0 dBm tiene una potencia de 1 milivatio. Asimismo, -10 dBm representa 0,1 milivatios y +10 dBm representa 10 milivatios.

A fin de medir la pérdida en un sistema de fibra óptica, hacemos dos mediciones de potencia, una medición de referencia antes de que la luz pase a través del componente que estamos probando y una medición de pérdida después de que la luz atraviese el componente. Dado que estamos midiendo la pérdida, la potencia medida será menor que la potencia de referencia, de manera que la relación entre la potencia medida y la potencia de referencia es menor a 1, y el logaritmo es negativo, lo cual torna al dB en un número negativo. Cuando establecemos el valor de referencia, el medidor marca "0 dB" porque el valor de referencia que establecemos y el valor que el medidor está midiendo es el mismo. Luego, cuando medimos la pérdida, la potencia medida es menor, por lo que el medidor marcará "- 3.0 dB", por ejemplo, si la potencia que se evalúa es la mitad del valor de referencia. Aunque los medidores miden un número negativo para la pérdida, existe la convención de expresar la pérdida como un número positivo. Por lo tanto, cuando el medidor marca -3.0 dB, decimos que la pérdida es de 3.0 dB.

Los instrumentos que miden en dB pueden ser o bien medidores de potencia óptica o bien equipos de comprobación de pérdidas ópticas (OLTS). El medidor de potencia óptica generalmente marca en dBm para las mediciones de potencia o dB con respecto a un valor de referencia establecido por el usuario para la pérdida. Mientras que la mayoría de los medidores de potencia tienen rangos de +3 a -50 dBm, la mayor parte de las fuentes están en el rango de +10 a -10 dBm para los láseres y -10 a -20 dBm para los LED. Solamente los láseres utilizados en CATV o en sistemas telefónicos de larga distancia tienen potencias suficientes como para ser realmente peligrosos, hasta + 20 dBm, lo cual equivale a 100 milivatios o un décimo de un vatio.

Es importante recordar que el dB se utiliza para medir la pérdida y el dBm se utiliza para medir la potencia, y cuanto más negativo sea el número, más grande será la pérdida. Establezca la referencia cero antes de medir la pérdida y verifíquela ocasionalmente mientras realice las mediciones.

Calibración de mediciones de potencia

La calibración del equipo de medición de potencia de fibra óptica requiere que se fije un estándar de referencia trazable a un laboratorio nacional de estándares como el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología en los Estados Unidos (NIST, por sus siglas en inglés) con fines de comparación al calibrar cada medidor de potencia u otro instrumento. El estándar NIST para todas las mediciones de potencia es un radiómetro piroeléctrico calibrado eléctricamente (ECPR, por sus siglas en inglés), que mide la potencia óptica comparando la potencia calorífica de la luz con la potencia calorífica conocida de un resistor. La calibración se realiza a 850, 1300 y 1550 nm. A veces, los fabricantes utilizan la longitud de onda de láseres a 1310 nm como la longitud de onda calibrada en un medidor de potencia, pero el estándar para la calibración del medidor de potencia es 1300 nm. Para transferir de manera conveniente los estándares de laboratorio a los laboratorios de calibración de los fabricantes de medidores de potencia de fibra óptica, el NIST actualmente utiliza un medidor de potencia óptica de laboratorio que se envía a los laboratorios como un estándar de transferencia.

Los medidores calibrados de esta manera tienen una incertidumbre de calibración de alrededor de +/- 5%, en comparación con los estándares primarios del NIST. Las limitaciones en la incertidumbre son las inconsistencias inherentes en los acoplamientos ópticos, cerca del 1% en cada transferencia, y variaciones leves en la calibración de la longitud de onda. El NIST está trabajando de forma continua con fabricantes de

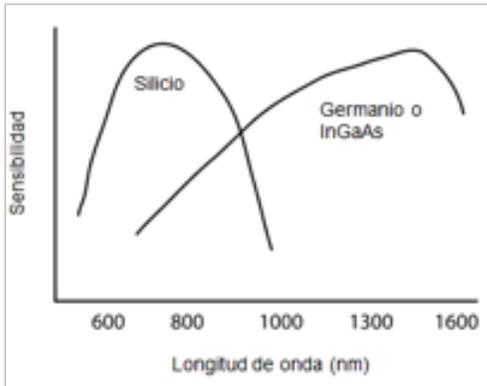
instrumentos y laboratorios de calibración privados para intentar reducir la incertidumbre de estas calibraciones.

La recalibración de instrumentos debe realizarse anualmente; sin embargo, la experiencia ha demostrado que la precisión de los medidores pocas veces cambia de manera significativa durante ese período, siempre y cuando la electrónica del medidor no falle. La calibración de los medidores de potencia de fibra óptica requiere una inversión considerable en el equipo de capital, por lo que los medidores deben devolverse al fabricante original o a los laboratorios de calibración privados para ser calibrados.

Entendiendo la incertidumbre de medición del medidor de potencia de fibra óptica

Se ha puesto mucha atención al desarrollo de estándares de transferencia para las mediciones de potencia de fibra óptica. El NIST de los Estados Unidos en Boulder, Colorado y las organizaciones de estándares de la mayoría de los demás países han trabajado para proporcionar buenos estándares con los cuales trabajar. Ahora podemos asegurar una trazabilidad para nuestras calibraciones, pero aun así los errores que se producen al hacer las mediciones no pueden ignorarse. Aun cuando los medidores de potencia de fibra óptica se calibran dentro de las especificaciones, la incertidumbre de una medición puede ser tanto como $\pm 5\%$ (cerca de 0.2 dB) en comparación con los estándares. Entender los errores del medidor de potencia y sus probables causas asegurará un punto de vista realista sobre las mediciones de potencia de fibra óptica.

La primera fuente de error es el acoplamiento óptico. La luz de la fibra se expande en un cono. Es importante que el detector de la geometría de la fibra sea tal que toda la luz de la fibra impacte en el detector, de lo contrario la medición será menor que el valor real. Pero cada vez que la luz atraviesa una interfaz aire-vidrio, como la ventana en el detector, una pequeña cantidad de luz se refleja y se pierde. Finalmente, la limpieza de las superficies ópticas involucradas puede ocasionar absorción y dispersión. La suma total de estos errores potenciales dependerá del tipo de conector, la longitud de onda, el tamaño de la fibra y apertura numérica.



Más allá de los errores de acoplamiento, también existen errores asociados con la calibración de la longitud de onda. Los detectores semiconductores utilizados en los instrumentos (y los sistemas también) de fibra óptica tienen una sensibilidad que es dependiente de la longitud de onda. Dado que la longitud de onda de la fuente real es poco conocida, existe un error asociado

con la sensibilidad espectral del detector. Por convención industrial, se utilizan las tres longitudes de onda esenciales (850, 1300 y 1550 nm) para todas las mediciones de potencia, y no la longitud de onda de la fuente exacta.

También existe otra fuente de error para las mediciones de niveles altos y bajos. A niveles altos, la potencia óptica puede sobrecargar y saturar el detector, lo que producirá que la medición sea errónea. A niveles bajos, el ruido inherente del detector se suma a la señal y se convierte en un error. Si la señal está 10 dB por encima del umbral mínimo de ruido (10 veces el ruido), el error de desplazamiento es 10% o 0.4 dB.

Resolución de instrumento vs. Incertidumbre de medición

Si se considera la incertidumbre de la mayoría de las mediciones de fibra óptica, los fabricantes de instrumentos han proporcionado medidores de pérdida y de potencia con una resolución de medición que usualmente es mucho mayor que la necesaria. La incertidumbre de las mediciones de potencia óptica es de alrededor 0.2 dB (5%), las mediciones de pérdida probablemente presenten incertidumbres de 0.2-0.5 dB o más, y las mediciones de pérdida de retorno óptica tienen una incertidumbre de 1 dB.

Los instrumentos que tienen pantallas de lectura con una resolución de 0.01 dB generalmente son apropiados únicamente para las mediciones de laboratorio de pérdidas de componentes muy bajas o cambios ocasionados por variaciones medioambientales. Dentro del laboratorio, una resolución de 0.01 dB puede ser extremadamente útil, dado que se suele medir la pérdida de los conectores o empalmes que se encuentran debajo de 0.10 dB o cambios en la pérdida bajo estrés ambiental que están debajo de 0.1 dB. La estabilidad de las fuentes y la tensión física en los cables limita la incertidumbre de medición a aproximadamente entre 0.02 a 0.05 dB por día, pero una resolución de 0.01 dB puede

ayudar a determinar pequeños cambios en el rendimiento de los componentes.

Las mediciones de campo tienen una incertidumbre mayor porque se miden más componentes a la vez y las pérdidas son mayores. Prácticamente, las mediciones son mejores cuando la resolución del instrumento se limita a 0.1 dB. Las lecturas serán más propensas a ser estables al ser leídas, y más indicativas de la incertidumbre de la medición.

Medidores de potencia de fibra óptica



La medición de la potencia requiere un medidor de potencia con un adaptador que se ajuste al conector de fibra óptica en el cable que está siendo probado, y si está probando un transmisor, se requiere un buen cable de fibra óptica (que tenga un tamaño de fibra adecuado, ya que la potencia acoplada depende del tamaño del núcleo de la fibra) y algo de ayuda de la electrónica de red para encender el transmisor. Recuerde que al medir la potencia, el medidor debe fijarse en la longitud de onda y rango adecuados (generalmente dBm, a veces microvatios, pero nunca "dB" [esta unidad de medida es un rango de potencia relativo que se utiliza solamente para probar la pérdida]). Sírvase remitirse a las instrucciones que vienen con el equipo de prueba referidas a las instrucciones de configuración y medición.

A fin de medir la potencia, conecte el medidor al cable unido a la fuente que tiene la salida que usted desea medir. Puede ser en el receptor para medir la potencia del receptor, o puede utilizar un cable de conexión (*patchcord*) o cable de prueba de referencia (que haya sido probado y sepa que funciona) que está conectado al transmisor para medir la potencia de salida. Encienda el transmisor/fuente y deje pasar

unos minutos para que se estabilice. Fije el medidor de potencia para la longitud de onda compatible y observe la potencia que indica el medidor. Compárela con la potencia especificada para el sistema y asegúrese de que sea una potencia suficiente, pero no demasiada.

Pérdida óptica o pérdida por inserción

La pérdida óptica es el principal parámetro de rendimiento de la mayoría de los componentes de fibra óptica. Para la fibra, consiste en la pérdida por unidad de longitud o coeficiente de atenuación. Para los conectores, consiste en la pérdida de conexión cuando se une a otro conector. Para los cables, consiste en la pérdida total de los componentes del cable, entre los que se encuentran los conectores, las fibras, los empalmes y cualquier otro componente en el tendido de cable que se esté probando. Utilizaremos cables para ilustrar la pérdida por inserción, y luego observaremos otros componentes.

La pérdida del cable es la diferencia entre la potencia acoplada en un cable al extremo del transmisor y lo que sale al extremo del receptor. La prueba de pérdida requiere la medición de la cantidad total de la potencia óptica perdida en un cable (con inclusión de la atenuación de la fibra, la pérdida por conexión y la pérdida por empalme) con una fuente de luz y medidor de potencia (LSPM) de fibra óptica o equipo de comprobación de pérdidas ópticas (OLTS). La prueba de la pérdida se realiza a longitudes de onda adecuadas para la fibra y su uso. Generalmente, la fibra multimodo se prueba a 850 nm, y opcionalmente, a 1300 nm con fuentes LED. La fibra monomodo se prueba a 1310 nm, y opcionalmente, a 1550 nm con fuentes láser.

La mayoría de las pruebas se realiza en cables preconectorizados, ya sea cables de conexión (*patchcords*) o redes de cable instaladas. Pero los fabricantes de fibra prueban cada fibra para verificar si hay pérdida, a fin de calcular su coeficiente de atenuación. Los fabricantes de conectores prueban muchos conectores para obtener un valor promedio de la pérdida que el conector tendrá cuando sea terminado en las fibras. Los fabricantes de otros componentes también prueban la pérdida de sus componentes para verificar su rendimiento.

La medición de la pérdida por inserción se realiza conectando el cable bajo prueba a buenos cables de referencia con una potencia de lanzamiento calibrada que se convierte en la referencia de pérdida "0 dB". ¿Por qué necesita cables de referencia para medir la pérdida? La prueba con cables de referencia en cada extremo estimula la red de cables con cables de conexión que se conectan a un equipo de

transmisión. Necesita un cable para medir la potencia de salida de la fuente para la calibración de la referencia de pérdida "0 dB".

Además, a fin de medir la pérdida de los conectores en el extremo de un cable, debe unirlos a un conector similar y que sepa que es bueno. Este es un punto importante que a menudo no se comprende en su totalidad. Cuando hablamos de pérdida del conector, en realidad queremos decir pérdida de "conexión", es decir, la pérdida de un par de conectores unidos. Por lo tanto, para medir los conectores, éstos deben ser unidos a conectores de referencia, que deben ser conectores de alta calidad para no afectar negativamente la pérdida medida cuando se une a un conector no conocido.



Además de un medidor de potencia, necesita una fuente de prueba (fuente de luz) para medir la pérdida. La fuente de prueba debe ser compatible con el tipo de fibra que se está probando (generalmente un LED para fibra multimodo o un láser para fibra monomodo) y una longitud de onda (850, 1300, 1550 nm) que será utilizada en el cable de fibra óptica que está probando. Si usted está utilizando algunos estándares para realizar la prueba, es posible que necesite agregar más acondicionamiento, como un rollo de mandril, a fin de cumplir las condiciones de lanzamiento estándar.

Fuentes de prueba de fibra óptica

Se debe elegir una fuente de prueba de fibra óptica que sea compatible con el tipo de fibra que se está utilizando (monomodo o multimodo con el diámetro de núcleo adecuado) y la longitud de onda deseada para realizar la prueba. La mayoría de las fuentes son LED o láseres de los tipos que comúnmente se utilizan como transmisores en los sistemas de fibra óptica existentes, lo que los hace representativos de las

aplicaciones reales y mejora la utilidad de la prueba. Algunas pruebas de laboratorio, como la medición de la atenuación de la fibra sobre un rango de longitud de fibras, requieren una fuente de longitud de onda variable, que usualmente consiste en una lámpara de tungsteno (halógena) con un monocromador para variar la longitud de onda de la fuente de luz.

Las longitudes de onda típicas de las fuentes son de 650 o 665 nm (fibra de plástico), 820, 850 y 870 nm (fibra multimodo de longitud de onda corta) y 1300 (fibra multimodo de longitud de onda larga) o 1310 nm y 1550 nm (fibra monomodo de longitud de onda larga). Los LED son típicamente utilizados para probar las fibras multimodo y los láseres son utilizados para la fibra monomodo, aunque hay algún cruce. Las redes de área local (LAN) de alta velocidad que utilizan fibras multimodo pueden probarse con láseres de cavidad vertical y emisión superficial (VCSEL) como las fuentes de sistema y los cables de interconexión monomodo cortos pueden probarse con los LED.

La longitud de onda de la fuente puede ser un punto crucial a la hora de realizar mediciones de pérdida precisas en enlaces largos, dado que el coeficiente de atenuación de la fibra es sensible a la longitud de onda. Por lo tanto, todas las fuentes de prueba deben calibrarse para la longitud de onda en caso de que se requieran correcciones para las variaciones de longitud de onda.

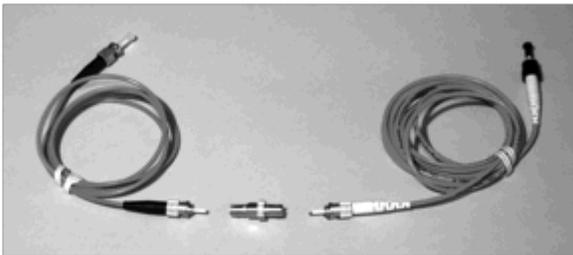
Las fuentes de prueba casi siempre tienen conectores fijos. Los puentes de prueba híbridos con conectores compatibles con la fuente en un extremo y el conector que se está probando en el otro deben utilizarse como cables de referencia. Esto podría afectar el tipo de modo de ajuste de referencia utilizado para la prueba de pérdida.

Los factores relacionados con la fuente que afectan la precisión de la medición son la estabilidad de la potencia de salida y la distribución modal lanzada en la fibra multimodo. La estabilidad de la fuente es principalmente un factor del circuito electrónico en la fuente. Los estándares industriales tienen requerimientos sobre la salida modal de las fuentes de prueba para las fibras multimodo que son importantes para los fabricantes de las fuentes de prueba. Diferentes estándares han requerido que los mezcladores, filtros y separadores de modos ajusten la distribución modal en la fibra para aproximarse a las condiciones de operación reales. Actualmente, la mayoría de los estándares exige que las fuentes cumplan con los requerimientos de salida y que en la prueba se utilice un filtro de modo de tipo rollo de mandril. Los efectos de la distribución de potencia modal en las mediciones multimodo se abordan en el capítulo sobre fibra óptica.

Cables de referencia

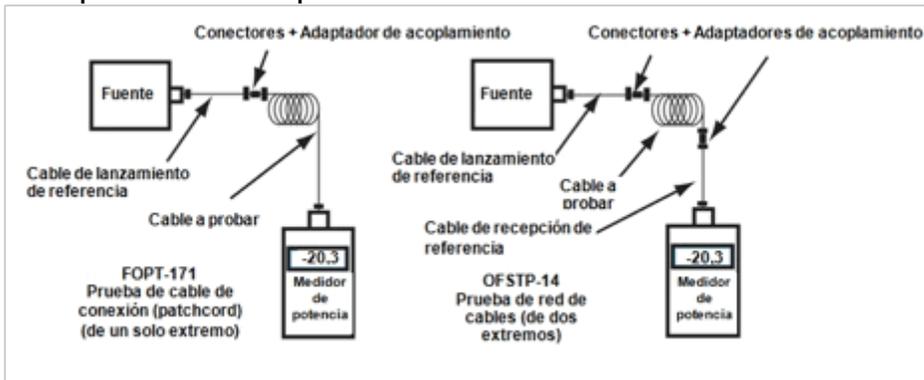
La comprobación de pérdida requiere uno o más cables de referencia, según la comprobación realizada y los adaptadores de acoplamiento adecuados para los conectores. Los cables de referencia en general tienen una longitud de 1-2 metros, y tienen fibras y conectores que se ajustan a los cables por ser probados. La precisión de la medición dependerá de la calidad de los cables de referencia, dado que se unirán al cable bajo prueba. La calidad y la limpieza de los conectores en los cables de lanzamiento y recepción son unos de los factores más importantes en la precisión de las mediciones de pérdida. Siempre pruebe los cables de referencia de prueba mediante el cable de conexión (*patchcord*) o el método de un solo extremo que se muestra abajo para asegurarse de que estén en buenas condiciones antes de comenzar a probar otros cables.

Los conjuntos de estándares no han podido especificar exitosamente la calidad de los cables de referencia en cuanto a los componentes con tolerancia restringida como las fibras y los conectores. Los estándares que exigen cables de prueba de referencia especiales de calidad ahora especifican cables con conexiones de baja pérdida. La mejor recomendación para calificar los cables de referencia es elegir cables con baja pérdida, probados con el método de "un solo extremo" de conformidad con el estándar de prueba de cable FOTP-171, según se describe abajo.



Para las realizar las pruebas, se deben utilizar únicamente los adaptadores de acoplamiento de la más alta calidad, dado que también constituyen un factor que influye en la pérdida. Los adaptadores económicos generalmente tienen manguitos de acoplamiento plásticos para alinear las férulas del conector que se gastan rápido, lo que produce pérdidas altas incluso con conectores buenos. Utilice únicamente los adaptadores de acoplamiento con manguitos de acoplamiento de metal o preferentemente cerámica que se especifican tanto para los conectores multimodo como para los monomodo.

Comprobación de pérdida



Existen dos métodos que se utilizan para medir la pérdida por inserción con una fuente de luz y medidor de potencia, una "prueba de cable de conexión", también llamada "pérdida de un solo extremo", según el estándar TIA FOPT-171, y una "prueba de red de cables instalada" o "pérdida de dos extremos", según el estándar TIA OFSTP-14 (multimodo) y OFSTP-7 (monomodo). La diferencia entre las dos pruebas es que la prueba de pérdida de un solo extremo utiliza únicamente un cable de lanzamiento y prueba sólo el conector unido al cable de lanzamiento más la fibra y cualquier otro componente en el cable. La prueba de un solo extremo se utiliza principalmente para probar cables de conexión o cables cortos, dado que puede probar cada conector individualmente.

La comprobación de pérdida de dos extremos utiliza un cable de lanzamiento y un cable de recepción unido al medidor y mide la pérdida de los conectores en ambos extremos del cable bajo prueba.

La comprobación de un solo extremo generalmente se utiliza en cables de conexión para poder probar los conectores en cada extremo de un cable corto individualmente, a fin de asegurar que los dos sean buenos y poder encontrar qué conector podría ser defectuoso en caso de existir algún problema. La comprobación de dos extremos se utiliza con una red de cables instalada para asegurar que la red de cables haya sido adecuadamente instalada y para comparar los resultados de la prueba con las pérdidas ópticas estimadas.

La pérdida de un solo extremo se mide uniéndolo al cable que desea probar al cable de lanzamiento de referencia y midiendo la potencia que sale del extremo con el medidor. Al hacer esto, usted sólo mide la pérdida del conector unido al cable de lanzamiento y la pérdida de cualquier fibra, empalme u otro conector en el cable que está probando. Dado que usted está apuntando el conector que se encuentra al extremo del cable a un detector en el medidor de potencia en lugar de unirlo a

otro conector, en efecto, no tiene ninguna pérdida, por lo que no se incluye en la medición. Este método se describe en FOTP-171 y se muestra en el dibujo. Una ventaja que presenta esta prueba consiste en que usted puede localizar problemas en los cables y encontrar un conector defectuoso, dado que puede invertir el cable para probar los conectores en cada extremo de forma individual. Cuando la pérdida es alta, el conector defectuoso se acopla al cable de referencia.

En una comprobación de pérdida de dos extremos, usted conecta el cable bajo prueba entre dos cables de referencia, uno conectado a la fuente y el otro al medidor. De esta manera, usted mide las pérdidas de los conectores en cada extremo, más la pérdida de todo el cable o todos los cables, con inclusión de los conectores y empalmes, que se encuentran en el medio. Éste es el método especificado en OFSTP-14 (multimodo, la prueba monomodo es OFSTP-7), la prueba estándar para la pérdida en una red de cables instalada.

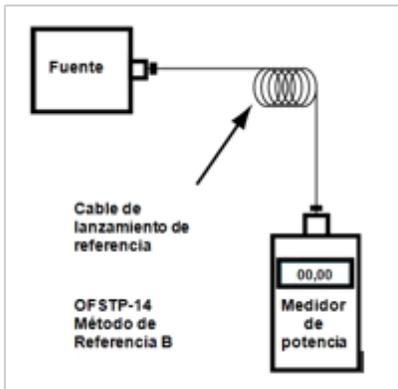
Establecer la referencia "0 dB" para probar la pérdida

A fin de medir la pérdida, primero es necesario establecer una potencia de lanzamiento de referencia para la pérdida que se convierte en el valor 0 dB. Establecer correctamente la potencia de referencia 0 dB es esencial para realizar buenas mediciones de pérdida.

Para las pruebas de un solo extremo, la potencia de referencia para 0 dB se establece al extremo del cable de referencia. Simplemente conecte el medidor de potencia al extremo del cable, mida la potencia de salida y, en la mayoría de los medidores, establezca esa potencia como la referencia para las mediciones de pérdida. El medidor entonces marcará la pérdida de cada cable medido directamente.

Existen tres métodos para establecer la referencia para una prueba de dos extremos, ya sea utilizando uno, dos o tres cables de referencia, y el método elegido afectará la pérdida medida. ¿Por qué existen tres métodos? Los tres métodos fueron desarrollados debido a las variaciones en los estilos de los conectores y la forma en que el equipo de prueba está hecho.

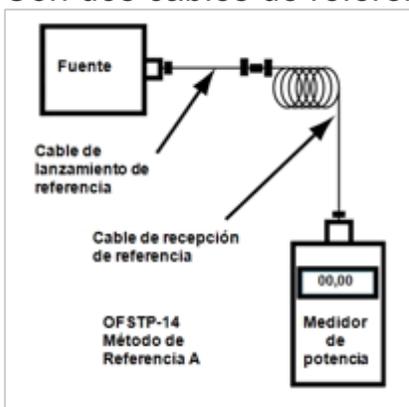
Con un cable de referencia



La mayoría de los conectores de fibra óptica se fabrican de manera que la fibra se monta en una férula que sobresale, denominada conector de estilo "macho". Se unen dos conectores macho utilizando un adaptador de acoplamiento que mantiene las férulas alineadas y permite que se encuentren en el centro. Si se están probando conectores como éstos y el equipo de prueba tiene interfaces que se ajustan a estos conectores, se puede utilizar la referencia de cable único (OFSTP-14 Método B). Este método es el método más simple y es generalmente considerado el método de preferencia dado que no se incluyen conexiones al establecer la referencia 0 dB.

Después de establecer una referencia, el cable de lanzamiento se desconecta del medidor, pero no de la fuente. El cable de lanzamiento de referencia nunca debe desconectarse de la fuente después de establecer la referencia, a fin de asegurar que la potencia de lanzamiento permanezca constante. El cable de recepción se conecta al medidor y luego ambos cables de referencia se conectan al cable que se probará. La lectura de pérdida incluirá ambas conexiones al cable bajo prueba y la pérdida de la fibra y cualquier otro componente en el cable.

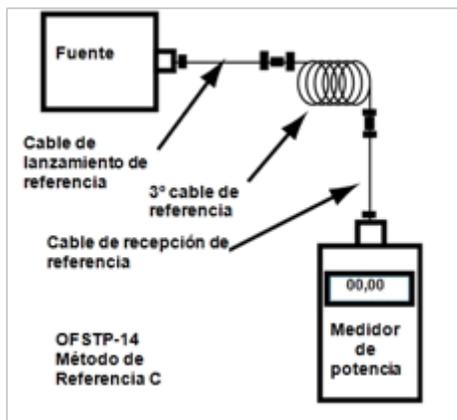
Con dos cables de referencia



Si el equipo de comprobación tiene una interfaz para un conector de otro estilo, de manera que los conectores en los cables que se están probando no pueden unirse a los instrumentos, se podrá utilizar un método de referencia de dos cables (OFSTP-14 Método A). Los cables de referencia deben ser cables híbridos con conectores en un extremo para que se ajuste a la interfaz de los instrumentos y que el otro extremo se acople a los conectores en el cable que se probará. La referencia 0 dB se establece uniendo los dos cables de referencia a los instrumentos y conectando los otros extremos con un adaptador de acoplamiento. Después de establecer la referencia, los dos cables se desconectan en el medio, y el cable que se probará se inserta entre ellos.

La lectura de pérdida incluirá ambas conexiones al cable que se está probando y la pérdida de la fibra y cualquier otro componente en el cable *menos la pérdida de la conexión entre los dos cables de referencia al establecer la referencia*. Por lo tanto, la pérdida medida que se obtiene con la referencia de dos cables será menor que la referencia de un solo cable por la conexión que se incluye al establecer la referencia. La incertidumbre de esta pérdida de conexión incluida en la referencia también se suma a la incertidumbre de la medición de pérdida de todo cable que se prueba de esta manera.

Con tres cables de referencia



Algunos conectores de fibra óptica tienen conectores estilo "macho" y "hembra", en los cuales uno tiene una férula que sobresale mientras que el otro tiene un enchufe hembra o receptáculo. Algunos tienen pines de alineación solamente en un costado, como el conector MTP donde los pines se utilizan en el lado del enchufe hembra. Generalmente se utilizan con enchufes macho en ambos extremos de los cables de conexión y

enchufes hembra o receptáculos en los cables instalados de forma permanente que terminan en racks o tomas de corriente.

Cualquiera de estos dos estilos de conectores sólo puede acoplarse a un estilo de conector apropiado, lo cual hace difícil hacer una referencia de uno o dos cables. La solución es una referencia de tres cables (OFSTP-14 Método C), en la que los cables híbridos conectados a los instrumentos para los cables de referencia terminan en enchufes macho y un tercer cable terminado en enchufes hembra se inserta entre ellos para crear una referencia de 3 cables. Después de establecer la referencia, los dos cables de referencia se desconectan del tercer cable en el medio, y el cable que se probará se inserta entre ellos en lugar del cable de referencia.

Como mencionamos antes, la lectura de pérdida incluirá ambas conexiones al cable que se está probando y la pérdida de la fibra y cualquier otro componente en el cable *menos la pérdida de las dos conexiones entre el tercer cable de referencia y los dos cables de referencia al establecer la referencia*. Dado que generalmente el tercer cable es sólo una fibra de corta longitud con conexiones en cada extremo, la pérdida de la fibra puede ser ignorada. Por lo tanto, la pérdida que se mide con la referencia de tres cables será menor que la referencia de un solo cable por las dos conexiones incluidas al establecer la referencia. La incertidumbre de estas dos pérdidas de conexión incluidas en la referencia también se suma a la incertidumbre de la medición de pérdida de todo cable que se prueba de esta manera.

A pesar de que este método de tres cables tiene la mayor incertidumbre, es el único método que funciona para cualquier conector y equipo de prueba. Por lo tanto, se ha convertido en el método de preferencia en varios estándares internacionales.

El método más popular y el método requerido en TIA-568 es el método de un solo cable, el "Método B", como es su denominación en OFSTP-14.

Elección del método de referencia

Algunos libros y manuales de referencia muestran que para establecer la potencia de referencia para la pérdida se utiliza sólo un cable de lanzamiento de referencia, un cable de lanzamiento y de recepción unidos con un adaptador de acoplamiento o incluso tres cables de referencia. De hecho, los estándares de la industria incluyen los tres métodos para establecer una referencia de "pérdida 0dB". Los métodos de referencia de dos o tres cables son aceptables para algunas pruebas

y son la única manera en que puede probar algunos conectores, pero reducirá la pérdida que usted mide en la cantidad de pérdida entre sus cables de referencia cuando establece su referencia de "pérdida 0dB". Además, si alguno de los cables de referencia es defectuoso, este problema no se pone de manifiesto al establecer la referencia con los cables. En consecuencia, usted podría empezar la prueba con cables de lanzamiento defectuosos, lo que provocaría que todas las mediciones de pérdidas sean incorrectas. Esto significa que la inspección y la prueba de los cables de referencia son muy importantes, a fin de asegurar de que estén en buenas condiciones.

Acondicionamiento de modo para fibras multimodo

La mayoría de los estándares para las pruebas de fibras multimodo incluyen algún acondicionamiento de modo para asegurar resultados repetibles. El método usual es utilizar una fuente cuya salida cumpla con un criterio estándar, acoplado a un cable de lanzamiento de referencia, en el cual se emplea un rollo de mandril para eliminar modos de orden superior. Los estándares pueden tener métodos diferentes, pero el único que se utiliza en TIA 568 es el más frecuente. Para más información sobre efectos modales en las mediciones de las fibras multimodo y mandriles, consulte la página web de FOA.

¿Cuál es la pérdida que debería obtener al probar los cables?

Antes de realizar la prueba, preferentemente durante la fase de diseño, debe calcular la pérdida óptica estimada para la red de cables que se probará, a fin de entender los resultados de medición esperados. Además de brindar valores de pérdida de referencia con los cuales contrastar, confirmará que el equipo de transmisión de red funcionará adecuadamente en este cable. Aunque es difícil generalizar, a continuación proporcionamos algunos lineamientos:

-Para cada conector, calcule una pérdida de 0.3-0.5 dB para los conectores adhesivos/de pulido, 0.75 para los conectores prepulidos/de empalme (0.75 máx de TIA-568)

-Para cada empalme, calcule 0.2 dB (0.3 máx de TIA-568)

-Para la fibra multimodo, la pérdida es de alrededor de 3 dB por km para las fuentes de 850 nm; 1 dB por km para 1300 nm. Esto se traduce aproximadamente en una pérdida de 0.1 dB por 100 pies para 850 nm; 0.1 dB por 300 pies por 1300 nm.

-Para la fibra monomodo, la pérdida es de alrededor de 0.5 dB por km para las fuentes de 1300 nm; 0.4 dB por km para 1550 nm. Esto se

traduce aproximadamente en una pérdida de 0.1 dB por 600 pies para 1300 nm; 0.1 dB por 750 pies para 1300 nm.

Por lo tanto, para la pérdida de una red de cables, calcule la pérdida aproximada según se detalla a continuación:

$(0.5 \text{ dB} \times n^\circ \text{ de conectores}) + (0.2 \text{ dB} \times n^\circ \text{ de empalmes}) + \text{pérdida de la fibra en la longitud total del cable.}$

Consejos para la detección y solución de problemas

La mayoría de los problemas con pérdidas de cable altas son ocasionados por conectores defectuosos o sucios, empalmes con pérdida alta o pérdida por tensión producidos durante la instalación. Se pueden inspeccionar los conectores con un microscopio para detectar suciedad, rasguños, rajaduras u otro daño. Los localizadores visuales de fallos pueden verificar que haya continuidad, conexiones adecuadas y, si la chaqueta del cable lo permite, verificar que no haya quiebres o curvaturas de pérdida alta.

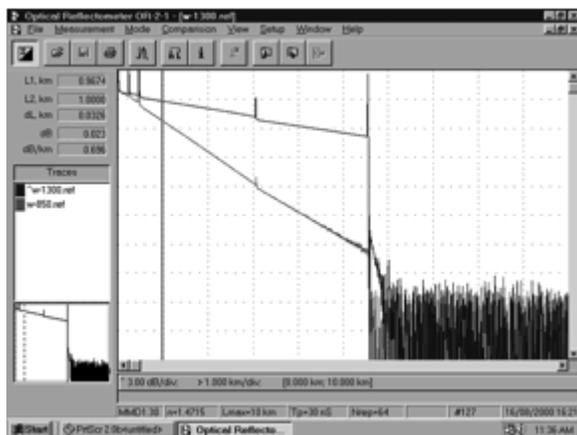
Si un cable presenta una pérdida alta, inviértalo y pruébelo en la dirección opuesta utilizando el método de un solo extremo, si ello es posible. Dado que la prueba de un solo extremo sólo prueba el conector en un solo extremo, puede aislar un conector defectuoso de la siguiente manera: es el que está en el extremo del cable de lanzamiento acoplado al cable de lanzamiento en la prueba cuando mide la pérdida alta.

La pérdida alta en la prueba de dos extremos debe aislarse realizando la prueba nuevamente con el método de un solo extremo e invirtiendo la dirección de la prueba para ver si el conector del extremo es defectuoso. Si la pérdida es la misma, debe probar cada segmento de manera separada para aislar el segmento defectuoso o, si es lo suficientemente largo, utilizar un OTDR.

Prueba con OTDR

Los OTDR son los instrumentos de fibra óptica más complejos que pueden tomar una imagen instantánea de una fibra y mostrar la ubicación de los empalmes, conectores, fallos, etc. Los OTDR son potentes instrumentos de prueba para las redes de cables de fibra óptica, siempre y cuando se comprenda cómo configurar adecuadamente el instrumento para la prueba e interpretar los resultados. Cuando son utilizados por un operador habilidoso, los OTDR pueden localizar fallos, medir la longitud de cables y verificar la pérdida de empalmes. Hasta cierto punto, también

pueden medir la pérdida de una red de cables. Los únicos parámetros de fibra óptica que no miden es la potencia óptica en el transmisor o receptor. Existe mucha información en el trazado del OTDR, tal como se muestra en el trazado real de la imagen a continuación.



Los OTDR casi siempre se utilizan en cables de planta externa para verificar la pérdida de cada empalme y encontrar puntos de tensión ocasionados por la instalación. También son ampliamente utilizados como herramientas para la solución de problemas de planta externa, dado que pueden localizar áreas problemáticas como la pérdida producida por la tensión colocada en un cable durante la instalación. La mayoría de los OTDR carecen de la resolución de distancia para ser utilizados en los cables más cortos que son típicos de las redes en planta interna.

Los OTDR están disponibles en versiones para sistemas de fibra óptica estandarizadas, monomodo o multimodo, en las longitudes de onda adecuadas. Para utilizar un OTDR correctamente, es necesario entender cómo funciona, cómo configurar adecuadamente el instrumento y cómo analizar los trazados. Los OTDR ofrecen una opción de "autoprueba", pero si se utiliza esa opción sin entender el OTDR y sin verificar manualmente su trabajo generalmente lleva a problemas.

Cómo funcionan los OTDR

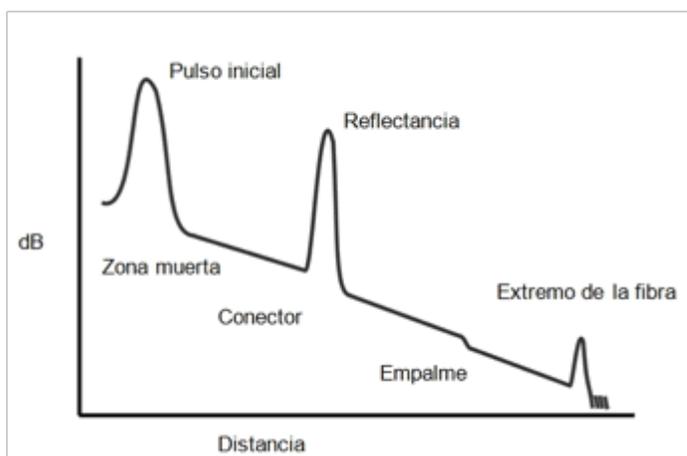
A diferencia de las fuentes y medidores de potencia que miden la pérdida de la red de cables de fibra óptica directamente, el OTDR funciona de manera indirecta. La fuente y el medidor duplican el transmisor y receptor del enlace de transmisión de una fibra óptica, por lo que la medición se correlaciona correctamente con la pérdida real del sistema.

El OTDR, sin embargo, utiliza la luz retrodispersada de la fibra para detectar pérdidas; funciona como un RADAR (detección y medición de

distancias por radio), enviando un pulso de luz láser de alta potencia por la fibra y buscando señales de retorno de la luz retrodispersada en la fibra o la luz reflejada del conector o juntas de empalme. La cantidad de luz retrodispersada es muy poca, por eso el OTDR envía muchos pulsos y hace un promedio para obtener resultados.

En cualquier momento, la luz que el OTDR ve es la luz dispersada del pulso que pasa a través de una región de la fibra. Solamente una pequeña cantidad de luz se dispersa de vuelta hacia el OTDR, pero con pulsos de prueba más amplios, receptores sensibles y promedio de señal, es posible realizar mediciones sobre distancias relativamente largas. Dado que es posible calibrar la velocidad del pulso a medida que atraviesa la fibra, el OTDR puede medir el tiempo, calcular la posición del pulso en la fibra y correlacionar lo que ve en la luz retrodispersada con una ubicación real en la fibra. Por lo tanto, puede crear una imagen instantánea de la fibra, una presentación visual en pantalla de cualquier punto de la fibra.

Dado que el pulso se atenúa en la fibra a medida que pasa a lo largo de ella y sufre pérdidas en los conectores y empalmes, la cantidad de potencia en el pulso de prueba disminuye a medida que pasa a lo largo de la fibra en la red de cables bajo prueba. Por lo tanto, la porción de la luz que se retrodispersa se reducirá en consecuencia, lo que producirá una imagen de la pérdida real que se produce en la fibra. Algunos cálculos son necesarios para convertir esta información para visualizarla en pantalla, dado que el proceso se produce dos veces, una vez cuando sale del OTDR y otra en la vía de retorno de la dispersión en el pulso de prueba.



Hay mucha información en la pantalla del OTDR. La pendiente de la traza gráfica de la fibra muestra el coeficiente de atenuación de la fibra (pérdida por longitud) y se calibra en dB/km por el OTDR. La caída en la

traza gráfica de la fibra a lo largo del conector o empalme permite medir la pérdida en dB. El pico producido por la reflectancia de un conector o empalme mecánico también puede medirse. Si bien algunos usuarios miden la pérdida punto a punto de una red de cables de fibra óptica con un OTDR, se requiere un cable de recepción en el extremo del cable que se está evaluando para probar los conectores en ambos extremos y no mide de la misma manera que la fuente de luz y medidor de potencia (o el transmisor y receptor del sistema), por lo que es posible que no se correlacione con la pérdida del sistema.

Observe el pulso inicial grande en el trazado de OTDR que se muestra en el gráfico arriba. Eso es producido por el pulso de prueba de alta potencia que se refleja en el conector OTDR y sobrecarga el receptor del OTDR. La recuperación del receptor provoca la "zona muerta" cerca del OTDR. A fin de evitar problemas producidos por la zona muerta, es necesario utilizar siempre un cable de lanzamiento de longitud suficiente al probar los cables.

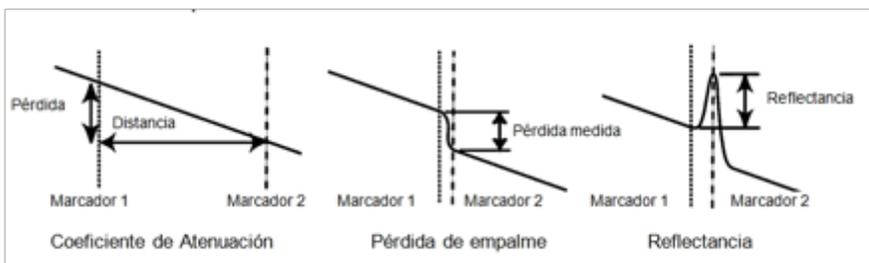
Los conectores y los empalmes se denominan "eventos" en la jerga de OTDR. Ambos deben mostrar una pérdida, pero los conectores y los empalmes mecánicos también mostrarán un pico de reflexión para que de este modo pueda distinguirlos de los empalmes por fusión. Además, la altura de ese pico indicará la cantidad de reflexión en el evento, a menos que sea tan grande que sature el receptor de OTDR. La parte superior del pico será llana y tendrá una cola en el extremo, lo cual indicará que el receptor estaba sobrecargado. El ancho del pico muestra la resolución de distancia del OTDR o cuán cerca puede detectar los eventos.

Los OTDR también detectan problemas en el cable producidos durante la instalación. Si una fibra está rota, aparecerá el extremo de la fibra mucho más corto que el cable o un empalme con alta pérdida en el lugar incorrecto. Si se coloca una tensión excesiva en el cable debido a pliegues o un radio de curvatura demasiado ajustado, se parecerá a un empalme en el lugar incorrecto. No hay mejor ayuda para la detección y solución de problemas con un OTDR que tener una buena documentación, de manera que usted sepa lo que el OTDR debería estar mostrando en los puntos a lo largo de la fibra.

Realizar mediciones con el OTDR

Todos los OTDR mostrarán el trazado en una pantalla y proporcionarán dos o más marcadores para ubicar en puntos de la pantalla, a fin de medir la pérdida y la distancia. Esto se puede utilizar para medir la pérdida de la longitud de una fibra, caso en el que el OTDR calculará el

coeficiente de atenuación de la fibra, o la pérdida de un conector o empalme.



Coeficiente de atenuación de la fibra

Para medir la longitud y atenuación de la fibra, colocamos los marcadores en cualquier extremo de la sección de la fibra que deseamos medir. El OTDR calculará la diferencia de distancia entre los dos marcadores y proporcionará la distancia. También marcará la diferencia entre los niveles de potencia de los dos puntos donde los marcadores cruzan el trazado y calculan la pérdida o la diferencia en los dos niveles de potencia en dB. Finalmente, calculará el coeficiente de atenuación de la fibra al dividir la pérdida por la distancia, y presentará el resultado en dB/km, las unidades normales para la atenuación. Si el segmento de la fibra es ruidoso o no parece recto, el OTDR puede promediar la medición con un método denominado análisis de mínimos cuadrados (LSA, por sus siglas en inglés).

Pérdida por empalmes o por conexión

El OTDR mide la distancia hacia el evento y la pérdida en un evento (un conector o empalme) entre los dos marcadores. A fin de medir la pérdida del empalme, mueva los dos marcadores cerca del empalme que se va a medir, y asegúrese de que tengan aproximadamente la misma distancia desde el centro del empalme. El OTDR calculará la pérdida dB entre los dos marcadores, y le dará una lectura de pérdida en dB.

Las mediciones de la pérdida del conector o los empalmes con alguna reflectancia se verán muy similar, con la excepción de que usted verá un pico en el conector, producido por la reflexión del conector. El OTDR también podrá utilizar un método de mínimos cuadrados a fin de reducir los efectos del ruido y eliminar el error ocasionado por la pérdida de la fibra entre los dos marcadores.

Reflectancia

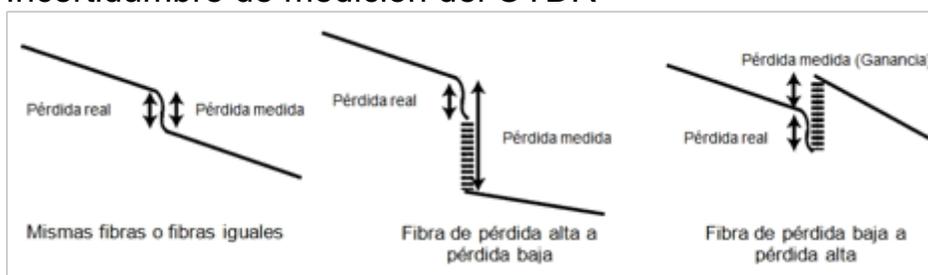
Para medir la reflectancia, el OTDR mide la cantidad de luz que regresa tanto de la retrodispersión en la fibra como de la que es reflejada de un conector o empalme. El cálculo de la reflectancia es un proceso complejo

que involucra el ruido en la línea de base del OTDR, el nivel de retrodispersión y la potencia en el pico reflejado. Como todas mediciones de retrodispersión, la incertidumbre de la medición es bastante alta, pero un OTDR tiene la ventaja de mostrar dónde están ubicados los eventos reflectantes, de manera que puedan ser corregidos en caso de ser necesario.

Comparación de trazado

La comparación de dos trazados en la misma ventana es útil para confirmar la recolección de datos y contrastar diferentes métodos de prueba en la misma fibra. Las comparaciones también se utilizan para comparar las trazas gráficas de la fibra durante la solución de problemas o la restauración con trazados obtenidos justo después de la instalación para ver qué ha cambiado. Todos los OTDR ofrecen esta característica, mediante la cual usted puede copiar un trazado y pegarlo a otro para compararlos.

Incertidumbre de medición del OTDR



La mayor fuente de incertidumbre de medición que tiene lugar cuando realiza la prueba con un OTDR depende del coeficiente de retrodispersión de las fibras que se están probando, la cantidad de luz del pulso de prueba saliente que se dispersa de nuevo hacia el OTDR. La luz retrodispersada que se utiliza para la medición no es una constante, sino que depende de la atenuación de la fibra y el diámetro del núcleo de la fibra.

Si mira dos fibras diferentes empalmadas o conectadas entre sí en un OTDR, notará que la diferencia en la retrodispersión de cada fibra es una fuente de error importante. Si ambas fibras son idénticas, como sucede al empalmar nuevamente una fibra rota, la retrodispersión será la misma en ambos lados de la unión, por lo que el OTDR medirá la pérdida de empalme real. Sin embargo, si las fibras son diferentes, los coeficientes de retrodispersión desiguales harán que un porcentaje diferente de luz sea enviada de regreso hacia el OTDR.

Si la primera fibra tiene más dispersión (mostrada como atenuación) que la otra luego de la conexión, el porcentaje de luz desde el pulso de

prueba del OTDR irá hacia abajo, de manera que la pérdida medida en el OTDR incluirá la pérdida real más un error de pérdida ocasionado por un nivel de retrodispersión más bajo, lo que hará que la pérdida que se muestra sea mayor de lo que realmente es. Si se mira desde el lado opuesto, desde una fibra de baja atenuación hacia una fibra de alta atenuación, encontraremos que la retrodispersión va hacia arriba, haciendo que la pérdida medida sea menor de lo que realmente es. De hecho, si el cambio en la retrodispersión es mayor que la pérdida del empalme, esto muestra una ganancia, lo que genera una gran confusión en usuarios nuevos de OTDR.

Aunque esta fuente de error está siempre presente, puede ser prácticamente eliminada tomando las lecturas en ambas direcciones y promediando las mediciones. Además, muchos OTDR tienen esta función programada en sus rutinas de medición. Esta es la única manera de probar empalmes en línea para verificar si hay pérdida y obtener resultados precisos.

"Fantasmas" del OTDR

Si está probando cables cortos con conectores altamente reflectantes, es posible que encuentre fantasmas. Estos son ocasionados por la luz reflejada desde el extremo del conector que se refleja de un lado a otro en la fibra hasta que se atenúa al nivel del ruido. Los fantasmas suscitan muchas confusiones, dado que parecen ser eventos reflectantes reales como conectores, pero no muestran ninguna pérdida. La mejor manera de determinar si una reflexión es real o se trata de un fantasma es compararlo con la documentación de la red de cables. Puede eliminar los fantasmas reduciendo las reflexiones, por ejemplo, utilizando un fluido adaptador de índice en el extremo del cable de lanzamiento.

Limitaciones del OTDR

La resolución de distancia limitada del OTDR hace que su utilización sea muy difícil en establecimientos o edificios donde los cables usualmente tienen una longitud de algunos cientos de metros. La mayoría de los OTDR tienen muchas dificultades para resolver características en los cables cortos típicos de una red de cables en planta interna, y es probable que muestre "fantasmas" de las reflexiones en los conectores, y así confunda al usuario del OTDR. En cables muy largos, el OTDR mostrará un ruido elevado más lejos del instrumento. Si se utilizan pulsos de prueba más amplios y más promedios de señal, aumentará la capacidad de distancia del OTDR.

Cómo utilizar el OTDR correctamente

Existen ciertas precauciones que harán que la prueba sea más fácil de hacer y de entender a la hora de utilizar un OTDR. Siempre utilice un cable de lanzamiento largo, que permite que el OTDR se establezca después del pulso inicial y proporciona un cable de referencia para probar el primer conector en el cable. Si desea probar el conector final en el cable, se necesita un cable de recepción al extremo de la red de cables.

El operador del OTDR debe configurar el instrumento de manera cuidadosa para cada cable. Otra vez, una buena documentación ayudará a configurar los parámetros de prueba. Siempre comience con el OTDR establecido para el ancho de pulso más corto para la mejor resolución y un rango de al menos 2 veces la longitud del cable que está probando. Realice un trazado inicial y vea la forma en que necesita cambiar los parámetros de prueba para obtener mejores resultados. Algunos usuarios se ven tentados de utilizar la función de autocomprobación del OTDR. La mayoría de los problemas son ocasionados por novatos que utilizan la función de autocomprobación, más que cualquier otro asunto que pueda surgir al usar los OTDR. Nunca utilice la función de autocomprobación hasta que un técnico experto haya configurado el OTDR correctamente y verificado que ésta proporcione resultados aceptables.

Otras pruebas

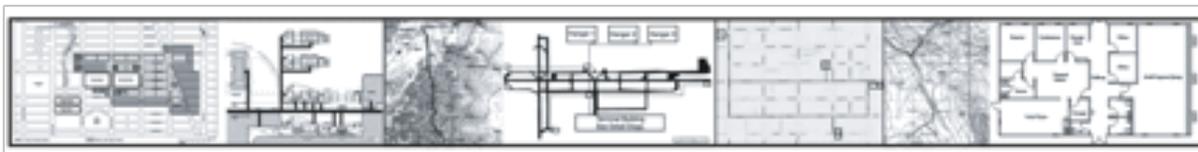
Los fabricantes de componentes de fibra óptica realizan pruebas exhaustivas para calificar los diseños de sus componentes, verificar los procedimientos de manufactura y probar los productos antes de enviarlos a los clientes. Las fibras se prueban para verificar las dimensiones (el tamaño, ovalidad y concentricidad del núcleo y el revestimiento), rendimiento (coeficiente de atenuación, ancho de banda o dispersión), características físicas (resistencia, flexibilidad, etc.) y capacidad de resistir condiciones ambientales (temperatura, humedad y muchas más, incluso durante un tiempo prolongado). Para los cables se agregan pruebas ambientales aun más rigurosas.

Los conectores y empalmes se prueban en tandas más grandes para determinar las pérdidas promedio esperadas en instalaciones normales. Ese método también se aplica para las pruebas ambientales de los cables, pero se pueden agregar pruebas para aplicaciones especiales como la vibración para su utilización en vehículos, embarques o

aeronaves. Los *transceivers*, multiplexaciones por división de longitud de onda, amplificadores de fibra y otros componentes de fibra óptica se probarán tanto para el rendimiento relacionado con la fibra como para el rendimiento eléctrico. La mayoría de estas pruebas han sido estandarizadas a fin de permitir una comparación equitativa entre los productos de diferentes fabricantes.

Existen otras pruebas de campo para las redes de cables que se están volviendo más comunes en los cables monomodo largos, dispersión por modo de polarización (PMD) y dispersión cromática (CD). Estas pruebas se han vuelto importantes para distancias muy largas en velocidades muy altas de transmisión de bits. Son altamente especializadas y requieren una instrumentación compleja, que no se abordan en este libro.

Diseño de la red de fibra óptica



Objetivos: En este capítulo, usted aprenderá:
De qué se trata el diseño de la red de fibra óptica.
Qué conocimientos debe tener un diseñador.
Cómo se desarrolla un proyecto desde la idea hasta la instalación.
Cómo elegir el equipamiento y los componentes para la red.
Cómo realizar un cálculo de la pérdida óptica estimada para el diseño de la red.
Cómo planificar y completar una instalación.

¿Qué es el diseño de la red de fibra óptica?

El diseño de la red de fibra óptica es el proceso especializado que culmina con la instalación y el funcionamiento exitoso de una red de fibra óptica. Implica determinar el tipo de sistema/s de comunicación que se transportará a través de la red, el ámbito geográfico (planta interna, campus, planta externa (OSP), etc.), el equipamiento de transmisión necesario y la red de fibra mediante la cual dicho equipamiento funcionará. Además, para diseñar una red de fibra óptica suele ser necesario interconectarse con otras redes que pueden estar conectadas por un cableado de cobre y por una red inalámbrica.

Luego, debemos considerar los requisitos de los permisos, los derechos de servidumbre, las autorizaciones y las inspecciones. Una vez que llegamos a esa etapa, debemos tener en cuenta la selección de los componentes, la ubicación, las prácticas de instalación, las pruebas, y la instalación y puesta en funcionamiento del equipamiento de red y de solución de problemas. Por último, debemos analizar la documentación, el mantenimiento y la planificación de una restauración en el caso de que se produzca una interrupción en el futuro.

El diseño de la red debe realizarse por completo con anterioridad a la instalación propiamente dicha, pero además, debe realizarse ya que permite estimar el costo del proyecto y le permite al contratista establecer una oferta por el trabajo. El diseño no solo afecta a las cuestiones técnicas de la instalación, sino también a las cuestiones de negocios.

Trabajar con otras personas

Para diseñar una red es necesario trabajar con otros equipos de personal que están involucrados en el proyecto, aparte del cliente. Estos equipos pueden ser ingenieros de redes, generalmente de departamentos de TI (tecnología de la información), arquitectos e ingenieros que supervisan un proyecto más grande, y contratistas que participan en la creación de proyectos. Otros grupos, por ejemplo, los ingenieros o los diseñadores que participan en cuestiones relacionadas con el diseño de proyectos, tales como los diseñadores de sistemas industriales, de televisión por cable (CATV) o de seguridad, o los diseñadores especializados en cableados en planta interna, también pueden supervisar distintas partes de un proyecto que implique el diseño y la instalación de redes de cables y sistemas de fibra óptica. Es posible que incluso los gerentes que no pertenecen al área técnica de la empresa se involucren si se desea exhibir partes del sistema a los visitantes.

Requisitos para los diseñadores de la red de fibra óptica

Los diseñadores deben tener un vasto conocimiento de los sistemas y los componentes de la fibra óptica y de los procesos de instalación, así como también, de todos los estándares, los códigos y las normativas locales vigentes. Además, deben estar familiarizados prácticamente con todo lo relativo a la tecnología de las telecomunicaciones (red por cable o inalámbrica), encuestas de sitios, políticas locales, códigos y estándares, y deben saber dónde recurrir a expertos en esas áreas cuando se los necesite. Es claro que el diseñador de red de fibra óptica debe conocer los sistemas de energía eléctrica ya que, en cualquier ubicación, el hardware electrónico debe alimentarse de energía ininterrumpida de alta calidad. Por otro lado, si el diseñador trabaja para el contratista es muy importante realizar una estimación, ya que esa es la manera de determinar si habrá ganancias o pérdidas.

Todas las personas involucradas en el diseño de proyectos de fibra óptica deben tener conocimientos previos en el área de fibra óptica, como por ejemplo, haber completado un curso para obtener el certificado de técnico autorizado en fibra óptica (CFOT) de la Asociación de Fibra Óptica (FOA), y pueden tener una especialización en el diseño de redes de cables y/o instalaciones eléctricas. Asimismo, es muy importante saber cómo buscar información detallada, principalmente en la web, acerca de productos, estándares, códigos y, en el caso de las redes de OSP, cómo utilizar los servicios de mapas en línea, como Google Maps. Finalmente, la experiencia en sistemas CAD (diseño asistido por computadora) es muy valorada.

Analicemos primero el sistema de comunicaciones

Antes de comenzar a diseñar una red de cables de fibra óptica es necesario determinar junto con el usuario final o el dueño de la red dónde se construirá la red y qué señales de comunicación transportará. La mayoría de los contratistas están familiarizados con las redes en planta interna, en las cuales las redes informáticas (redes de área local o LAN) y los sistemas de seguridad utilizan sistemas de cableado estructurado que se construyen en base a estándares de la industria bien definidos. Una vez que el cableado sale de las instalaciones, incluso en enlaces de corta distancia como en una red LAN a nivel campus o una red de área metropolitana, los requisitos de los tipos de fibra y de cables varían. Los enlaces de larga distancia para las redes de telecomunicaciones, de CATV o de empresas de servicios públicos tienen otros requisitos más estrictos que deben considerarse y que son necesarios para permitir enlaces más largos de alta velocidad.

Sin embargo, si bien el contratista usualmente piensa en primer lugar en los requisitos del cableado, el diseño propiamente dicho comienza con el análisis de los requisitos del sistema de comunicaciones establecidos por el usuario final. Primero, debe prestarse atención a los tipos de equipamiento necesarios para los sistemas de comunicaciones, a la velocidad de la red y a las distancias que cubrirá y, luego, se analiza todo lo relativo a la red de cables. El equipamiento del sistema de comunicaciones determinará si se necesita o se prefiere la fibra y, en ese caso, qué tipo de fibra.

Redes en planta interna

Los sistemas de cableado en interiores están diseñados para transportar redes de computadoras mediante la tecnología Ethernet, que actualmente opera a una velocidad de entre 10 megabits y 10 gigabits por segundo. Otros sistemas pueden transportar sistemas de seguridad con video digital o análogo, alarmas perimetrales o sistemas de control de accesos, que generalmente funcionan a una velocidad baja, al menos en lo que respecta a la fibra. Los sistemas de telefonía en planta interna pueden transportarse por medio de cables de par trenzado o, lo que es más habitual hoy en día, por medio de un cableado de LAN con la tecnología de voz sobre IP (VoIP).

En general, las redes en planta interna son de corta distancia; suelen tener menos de los 100 metros que se establecen como límite para los sistemas de cableado estructurado estandarizado que permiten utilizar el cableado de cobre de par trenzado o de fibra óptica. A su vez, las redes en planta interna que están conectadas a una red LAN a nivel de campus utilizada en complejos industriales o instituciones, cuentan con una red troncal (*backbone*) que alcanza una distancia de 500 metros o más y utiliza la fibra óptica.

Las redes en planta interna suelen operar con la fibra multimodo. Los sistemas multimodo son más económicos que los sistemas monomodo. Esto no se debe a

que la fibra o el cable sean más económicos (no lo son), sino a que el núcleo grande de la fibra multimodo permite la utilización de fuentes de LED o de VCSEL en los transmisores, lo que abarata el costo de los dispositivos electrónicos. Con frecuencia, los diseñadores astutos y los usuarios finales utilizan tanto las fibras multimodo como las monomodo en los cables de la red troncal (*backbone*), llamados cables híbridos, debido a que las fibras monomodo son muy económicas y brindan una posibilidad casi ilimitada de ampliar los sistemas.

Redes en planta externa

Las redes de telefonía suelen ser principalmente sistemas de planta externa (OSP) que conectan edificios tanto en distancias cortas de unos pocos cientos de metros, como en distancias de cientos de miles de kilómetros.

En las telecomunicaciones, la velocidad de transmisión de datos suele ser de 2.5 a 10 gigabits por segundo, y se utilizan láseres muy potentes que solo funcionan en las fibras monomodo. La tendencia de las telecomunicaciones es llevar la fibra directamente a los edificios comerciales o a los hogares ya que, en la actualidad, las señales son demasiado rápidas para los cables de cobre de par trenzado.

La CATV también utiliza fibras monomodo con sistemas basados en una red híbrida de fibra y coaxial (HFC) o con sistemas digitales, en los cuales la red troncal (*backbone*) es de fibra y la conexión hasta el hogar es de cable coaxial. En la CATV aún se utiliza el cable coaxial ya que tiene un ancho de banda grande. Algunos proveedores de CATV debatieron acerca de la posibilidad de llevar la fibra hasta los hogares, o incluso lo intentaron, pero el aspecto económico aún no los convence.

Además de las telecomunicaciones y la CATV, existen muchas otras aplicaciones de la fibra en OSP. Las autopistas inteligentes están dotadas de cámaras de seguridad y carteles y/o señales conectados por medio de la fibra óptica. Los sistemas de control de seguridad en edificios grandes, como aeropuertos, edificios comerciales o gubernamentales, casinos, etc., suelen estar conectados mediante fibra debido a las grandes distancias en estos lugares. Así como en otras redes, en las instalaciones en planta interna se suele utilizar la fibra multimodo, mientras que en planta externa se utiliza la fibra monomodo para poder realizar enlaces más largos.

Las redes de área metropolitana que pertenecen a las ciudades y son operadas por ellas pueden transportar distintos tipos de tráfico, incluso cámaras de vigilancia, servicios de emergencias, sistemas educativos, sistemas de telefonía, LAN, sistemas de seguridad, sistemas de supervisión y control de tránsito e incluso, algunas veces, el tráfico de intereses comerciales al utilizar un ancho de banda alquilado que funciona por medio de fibras oscuras o fibras que pertenecen a la ciudad. Sin embargo, dado que la mayoría de estas redes están diseñadas para

permitir enlaces más largos que las instalaciones en planta interna o a nivel campus, la fibra monomodo es la elegida.

Para todas las instalaciones, excepto en planta interna, la fibra es el medio de comunicación elegido, ya que su capacidad de permitir mayores distancias y ancho de banda la posicionan como la única opción o la que es significativamente menos costosa en comparación con el cable de cobre o la red inalámbrica. Solo en el interior de un edificio está la posibilidad de elegir, y la economía, la arquitectura de red y la tradición de utilizar cables de cobre en los edificios influyen en esa elección. A continuación, analizaremos con más detalle la elección entre la fibra, el cobre y la red inalámbrica.

¿Cobre, fibra o red inalámbrica?

Si bien durante décadas el debate acerca de cuál es mejor (el cobre, la fibra o la red inalámbrica), acrecentó el interés por debatir acerca del cableado, en la actualidad se está volviendo irrelevante. En la tecnología de las comunicaciones y en el mercado del usuario final, al parecer, ya se decidió que, en términos generales, los medios de transmisión y muchas redes deben combinar los tres. Actualmente, para el diseñador de redes de cableado, en especial, de redes de fibra óptica, y para sus clientes, la tarea de decidir qué medio utilizar una vez que se eligieron los sistemas de comunicaciones es muy sencilla.

Larga distancia y planta externa

Casi todos los cables del sistema de telefonía son de fibra óptica, excepto los sistemas de telecomunicaciones que aún utilizan el cobre para la conexión final hasta el hogar. Las empresas de CATV utilizan un cable coaxial de alto rendimiento dentro de los hogares, pero este se conecta a una red troncal (*backbone*) de fibra óptica. La red troncal (*backbone*) de internet está compuesta por fibra en su totalidad. La mayoría de los edificios comerciales que están en áreas muy pobladas reciben conexiones directas de fibra por parte de los proveedores de servicios de comunicación. Las ciudades utilizan la fibra monomodo para conectar a los edificios municipales, a las cámaras de vigilancia, a las señales de tránsito y, algunas veces, ofrecen conexiones comerciales y residenciales basadas en este tipo de fibra. Incluso las torres de antenas de celulares que están junto a las autopistas y en los edificios altos suelen tener conexiones de fibra. Las áreas remotas, como África central, dependen de las comunicaciones satelitales ya que los cables son demasiados costosos para recorrer grandes distancias con relación al poco volumen de tráfico que existe.

En general, diseñar aplicaciones de larga distancia o en planta externa implica elegir un cableado de fibra monomodo por sobre todos los otros medios de transmisión. La mayoría de estos sistemas están diseñados para cubrir distancias y soportar velocidades que imposibilitarían el uso de cualquier medio que no sea la fibra monomodo. Ocasionalmente, existen otras opciones más rentables, por

ejemplo, si una empresa posee dos edificios en los lados opuestos de una autopista, sería más fácil utilizar una red óptica inalámbrica con línea de visión o de radio ya que tiene un costo de instalación más bajo y es más fácil obtener los permisos correspondientes.

Planta interna

Los argumentos acerca de la fibra, el cobre o la red inalámbrica se centran en el cableado en planta interna. La experiencia de un siglo y medio en el cableado de sistemas de comunicaciones basados en el cobre le brinda a los usuarios una familiaridad con el cobre que los vuelve escépticos con respecto a todos los otros medios de transmisión. Además, en muchos casos, el cobre demostró ser una opción válida. La mayoría de los sistemas de gestión de la construcción utilizan cableados de cobre exclusivos, por ejemplo el cableado de un termostato y los sistemas de audio o de altavoz. Los sistemas de control de seguridad y de accesos, seguramente los más económicos, aún dependen del cable de cobre coaxial, aunque los edificios de alta seguridad como las instalaciones gubernamentales y militares suelen pagar el costo adicional que trae aparejado la fibra, ya que es más segura.

Los sistemas de vigilancia son cada vez más habituales en los edificios, en especial en los edificios gubernamentales, los bancos y otros edificios en los que se considera que puede estar en riesgo la seguridad. Las conexiones de cable coaxial son habituales en enlaces cortos, y quienes están a favor de los cableados estructurados afirman que es posible instalar cámaras en distancias limitadas por medio de cables UTP de par trenzado no blindados de categoría 5E o 6, como las redes de computadoras. Sin embargo, la fibra se convirtió en una elección mucho más habitual. Además de ofrecer una mayor flexibilidad para la ubicación de la cámara debido a su capacidad de permitir mayores distancias, el cableado de fibra óptica es mucho más pequeño y liviano. Esto facilita la instalación, en especial en edificios antiguos, como los aeropuertos, o en edificios grandes en los que puede haber espacios disponibles que ya están ocupados por varias generaciones de cableados de cobre.

El cableado de la red LAN suele ser visto como el gran campo de batalla de la fibra contra el cobre, pero para muchos usuarios esa batalla ya terminó. El usuario de la red, que antes se sentaba frente a la pantalla de una computadora de escritorio con cables que conectaban esa computadora a la red corporativa y con un teléfono conectado por medio de otro cable, es una reliquia del pasado. Hoy, las personas desean vivir con la tecnología móvil. Casi todos utilizan computadoras portátiles, excepto los ingenieros y los diseñadores gráficos que trabajan en sus escritorios. Sin embargo, la mayoría de ellos tendrá una computadora portátil como segunda opción para trasladarla, junto con otras personas, a las que todos llevan las propias y se conectan a una red de

conexión inalámbrica (WiFi). ¿Cuándo fue por última vez a una reunión en la que podía conectar su computadora a la red por medio de un cable?

Además de las computadoras portátiles que se conectan a una red de conexión inalámbrica (WiFi), las personas utilizan Blackberries y iPhones para comunicarse de este modo. Algunos dispositivos nuevos, como el iPhone, permiten navegar por la web con la conexión de una red de telefonía móvil o la de una red de conexión inalámbrica (WiFi). Algunos teléfonos móviles son dispositivos portátiles de VoIP que se conectan mediante redes de conexión inalámbrica (WiFi) para realizar las llamadas. La red de conexión inalámbrica (WiFi) atravesó algunas dificultades y constantes actualizaciones para ajustarse al estándar 802.11n; sin embargo, se volvió más confiable y ofrece lo que para la mayoría de los usuarios parece ser un ancho de banda adecuado.

Al parecer, el deseo de una mayor movilidad y la expansión de los servicios conectados dan lugar a un nuevo tipo de red corporativa. Una red troncal (*backbone*) de fibra óptica con una conexión de cobre hasta el escritorio, donde los usuarios desean tener conexiones directas y varios puntos de acceso a la red inalámbrica, más de lo que era habitual en el pasado, para obtener una cobertura total y una cantidad de usuarios razonable por cada punto de acceso, es lo que se impone en las redes corporativas.

¿Qué ocurre con la fibra hasta el escritorio? Los usuarios innovadores pueden elegir la fibra hasta el escritorio (FTTD), ya que una red compuesta de fibra en su totalidad puede ser una solución muy rentable que evita el requisito de contar con salas de telecomunicaciones con muchos switches, energía eléctrica para la calidad de la transferencia de datos, conexión a tierra y aire acondicionado durante todo el año. Quienes utilizan la energía, como los ingenieros, los diseñadores de gráficos y los técnicos en animación pueden utilizar el ancho de banda disponible en la FTTD. Otros prefieren un sistema de zonas con una red de fibra que llega hasta switches locales a pequeña escala que, para los usuarios que desean una conexión por cable en lugar de inalámbrica, está lo suficientemente cerca de ellos de manera que puedan enchufar utilizando un cable de conexión corto.

El trabajo del diseñador es comprender no solo el cableado de la tecnología de las comunicaciones, sino también la tecnología de las comunicaciones, y mantenerse actualizado con los últimos avances tanto en la tecnología como en las aplicaciones en ambos casos.

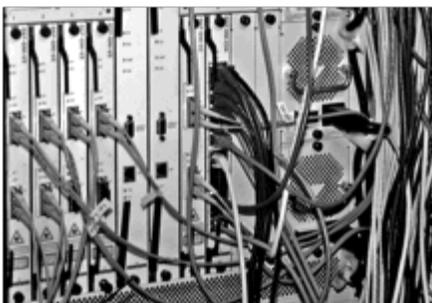
Utilización de estándares de cableado

Muchos documentos relacionados con el diseño de la red de cables se enfocan en los estándares de la industria que se aplican a los sistemas de comunicaciones y a las redes de cables. Es importante entender por qué y quiénes crean estos estándares. Estos estándares los crean los fabricantes de productos destinados a otros fabricantes, y no a usuarios o instaladores. Tal como lo afirmó en una

oportunidad un miembro de uno de los comités de estándares, los estándares son “especificaciones acordadas mutuamente para el desarrollo de los productos”. Garantizan que los productos que pertenecen a distintos fabricantes funcionen de manera conjunta adecuadamente. El propósito principal de los estándares no es capacitar a los instaladores o a los usuarios finales, ya que eso es responsabilidad de los fabricantes de los productos que cumplen con los estándares.

Dónde se puede obtener información acerca de los estándares pertinentes. Comprar la documentación costosa de los estándares no suele ser la manera apropiada de conocer acerca de ellos. Los fabricantes que crearon los estándares y desarrollan los productos que cumplen con estos estándares brindan material informativo para usted y sus clientes. Casi todos los fabricantes de cableados incluyen una sección al final de sus catálogos, o en sus sitios web, que analiza los estándares pertinentes. Le explica cómo son los sistemas, qué componentes utilizan para desarrollarlos y cómo deben probarse. No hay nada mejor que el catálogo de un vendedor o un archivo descargado de su sitio web para acceder a la información que necesita acerca de los estándares.

Elección del equipamiento de transmisión



Elegir el equipamiento de transmisión es el paso siguiente en el diseño de una red de fibra óptica. Este paso suele ser una oportunidad de colaboración entre el cliente, que conoce los tipos de datos que se necesitan transmitir, el diseñador e instalador y los fabricantes del equipamiento de transmisión. El equipamiento de transmisión y la red de cables están íntimamente relacionados. La distancia y el ancho de banda ayudarán a determinar el tipo de fibra óptica que se necesita, y de eso dependerán las interfaces ópticas de la red de cables. La facilidad para elegir el equipamiento puede depender del tipo de equipos de comunicación que se necesiten.

En el mundo de las telecomunicaciones, los estándares para la fibra óptica se aplican desde hace 30 años, de manera que quienes intervienen en el proceso tienen amplia experiencia en el desarrollo e instalación del equipamiento. Casi todos los equipos de telecomunicaciones cumplen con las convenciones de la industria, por eso, es posible que encuentre equipamiento para la transmisión de las telecomunicaciones para enlaces cortos (en general, redes de área metropolitana que pueden alcanzar los 20 o 30 km) y para enlaces de larga distancia tan extensos como las redes instaladas por debajo del mar. Todos funcionan con fibra monomodo, pero pueden especificar distintos tipos de esta fibra.

Los enlaces de telecomunicaciones más cortos utilizan láseres de 1310 nm en las fibras monomodo comunes, denominadas fibras G.652, que es un estándar internacional. Las distancias más largas utilizan la fibra de dispersión desplazada, optimizada para operar con láseres de 1500 nm (fibra G.652). En casi todas las instalaciones se utiliza una de estas dos opciones. La mayoría de las compañías de telecomunicaciones ofrecen ambas opciones.

La mayor parte de los enlaces de CATV son sistemas AM (análogos) que se basan en láseres especiales de forma lineal, llamados láseres de retroalimentación distribuida (DFB), que utilizan 1310 nm o 1550 nm y funcionan en fibras monomodo comunes. A medida que la CATV se acerque a la transmisión digital,

comenzará a utilizar más la tecnología propia de las telecomunicaciones, que ya es completamente digital.

La elección del equipamiento de transmisión se vuelve más complicada en lo que respecta a los datos y a la televisión en circuito cerrado (CCTV), ya que las aplicaciones son muy variadas y no existen estándares de regulación. Además, es posible que el equipamiento no esté disponible en las opciones de transmisión de fibra óptica, con lo cual es necesario utilizar dispositivos denominados conversores de medios para realizar la conversión de los puertos de cobre a los puertos de fibra.

En las redes de computadoras, los estándares Ethernet, creados por el comité 802.3 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), son completamente uniformes. Es posible leer los estándares y determinar, para cada una de las opciones de equipamiento, cómo son los niveles de transmisión a través de los distintos tipos de fibra y, así, elegir la que se ajusta a sus necesidades. La mayor parte del hardware de red, como los switches o los encaminadores, están disponibles en las interfaces de fibra óptica opcionales, pero las computadoras suelen incorporar solo interfaces de cables UTP de cobre que requieren conversores de medios. Al buscar en internet “conversores de medios de fibra óptica” aparecerán muchas fuentes que informan acerca de estos dispositivos económicos. Los conversores de medios también permiten elegir los medios de transmisión apropiados para la instalación del cliente; se puede utilizar fibra monomodo o multimodo e incluso opciones de *transceivers* para la distancia que debe cubrir el enlace.

La CCTV es una instalación similar. Cada vez más cámaras incorporan interfaces de fibra debido a que muchos sistemas de CCTV están ubicados, por ejemplo, en grandes edificios, en aeropuertos o en áreas en las que las distancias exceden las capacidades de la transmisión por cable coaxial. De lo contrario, existen los conversores de medios de video, que los mismos proveedores que venden los conversores de medios de Ethernet suelen tenerlos disponibles y que, además de ser económicos, vienen listos para utilizar. Insistimos, deben elegirse conversores que cumplan con los requisitos del enlace establecidos en la instalación del cliente, la cual, en el caso del video, no solo incorpora la capacidad de permitir distancias sino también funciones: algunos enlaces de video transportan señales de control a la cámara para realizar paneos, acercar o alejar la imagen y mover la cámara en forma vertical, además de volver la grabación a una ubicación anterior.

¿Qué ocurre con los enlaces de datos de las industrias? Muchas fábricas utilizan la fibra óptica debido a que es inmune a la interferencia electromagnética. Sin embargo, los enlaces de las industrias pueden utilizar medios exclusivos de transmisión para enviar datos convertidos por medio de estándares antiguos de cobre, como RS-232, la antigua interfaz de serie que solía estar disponible en

todas las computadoras; el software SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), popular en la industria de los servicios públicos; o incluso simples cierres del relevo. Muchas empresas que desarrollan estos enlaces de control ofrecen ellas mismas las interfaces de fibra óptica para satisfacer los pedidos de los clientes. Algunos de estos enlaces han estado disponibles durante décadas, dado que las instalaciones industriales fueron algunos de los primeros casos en los que se utilizó la fibra óptica en planta interna, antes de 1980.

Cualquiera sea la instalación, es importante que el usuario final y el contratista del cableado conversen con el fabricante del hardware de transmisión acerca de cuál será exactamente la instalación, para asegurarse de adquirir el equipamiento adecuado. Si bien las instalaciones de las telecomunicaciones y de la CATV están bien definidas y las instalaciones de datos de Ethernet están reguladas por los estándares, en nuestra experiencia, no todos los fabricantes especifican los productos de manera exactamente igual.

Una empresa del mercado industrial ofreció unos quince productos diferentes de fibra óptica, principalmente conversores de medios para su equipamiento de control. Sin embargo, esos quince productos habían sido diseñados por al menos una docena de ingenieros diferentes, de los cuales no todos estaban familiarizados con la fibra óptica y, en especial, con la jerga de la fibra óptica y las especificaciones. Como resultado, no era posible comparar los productos para tomar una decisión, o incluirlos en el diseño de una red según las especificaciones. Hasta el momento de su diseño, los ingenieros en ventas y aplicaciones recibieron un entrenamiento en fibra óptica y crearon pautas generales para las aplicaciones de los productos; pero sufrieron problemas constantes al aplicarlos de acuerdo con el pedido del cliente.

La única manera de asegurarse de elegir el equipamiento de transmisión adecuado es tomar todos los recaudos para que el cliente y el vendedor del equipamiento, y usted, comuniquen con claridad lo que planean realizar.

Planificar el trazado

Una vez que decidió utilizar la fibra óptica y eligió el equipamiento apropiado para la instalación, es momento de determinar con exactitud cuál será la ubicación de la red de cables y el hardware. Debe recordarse que cada instalación es única. La ubicación exacta de la red de cables estará determinada por las ubicaciones físicas a lo largo de todo el trazado, por los códigos y leyes locales de la construcción, y por otras personas involucradas en el diseño. Como es habitual, las instalaciones en planta interna y en planta externa son diferentes, de manera que las estudiaremos por separado.

Las instalaciones en planta interna y a nivel de campus pueden ser más simples ya que el área física del que se trata es más pequeña y hay menos opciones. Debe

comenzar con un buen conjunto de planos de arquitectura y, de ser posible, comunicarse con el arquitecto, el contratista y/o el administrador del edificio. Contactarse con ellos le permite contar con el asesoramiento y la información de otras personas. Afortunadamente, los planos están disponibles en forma de archivos CAD, de manera que puede obtener una copia para hacer el diseño de la red de cableado en su computadora, y esto facilita mucho la posibilidad de hacer ajustes en el diseño y redactar informes acerca de dicho diseño.

Si el edificio aún está en la etapa de diseño, es posible que tenga la oportunidad de aportar ideas acerca de los requisitos de la red de cables. Idealmente, eso significa que usted puede influir en la ubicación que tendrán las salas de equipos, en el encaminamiento de las bandejas y los conductos de cables, en la disponibilidad de la energía acondicionada adecuada y de las conexiones a tierra separadas para centros de datos, y en la capacidad suficiente del aire acondicionado y otras necesidades de la red. En el caso de los edificios ya construidos, los planos detallados de arquitectura le brindan la posibilidad de encaminar el cableado y el equipamiento de red entre los obstáculos que inevitablemente encontrará en su camino.

Hay varias maneras de realizar las instalaciones en planta externa (OSP) según el trazado del cable. El trazado puede cruzar grandes extensiones de campo abierto, extenderse por caminos pavimentados urbanos o rurales, barrancas, ríos o lagos o, lo que es más probable, alguna combinación de todos estos terrenos. Pueden necesitarse cables bajo tierra, cables aéreos o cables por debajo del agua. Los cables pueden estar en conductos subterráneos, de un subducto corrugado, o enterrados de manera directa, y los cables aéreos pueden sostenerse por sí mismos o estar enlazados a un cable mensajero. Los tendidos más largos, en general, implican atravesar zonas de agua, de manera que los cables pueden correr por debajo del agua o estar enlazados a lo largo de un puente junto con otros cables.

Visitas al área de instalación

Tan pronto como sea posible, debe visitar el lugar del trazado, es decir, el área en el que se instalará la red. Es necesario transitar a pie o en un vehículo cada tramo de un trazado de planta externa, para determinar las mejores opciones para la ubicación del cable, los obstáculos que deben evitarse o superarse, y los organismos locales que pueden tener ideas acerca del encaminamiento del cable. En general, los gobiernos de las ciudades o de otras localidades disponen de información acerca de los conductos disponibles o de las normas que rigen la utilización de postes telefónicos o de energía, lo que puede ahorrar tiempo de diseño y esfuerzo.

En las instalaciones realizadas dentro de edificios ya construidos, debe inspeccionar cada área para tener la certeza absoluta de que conoce cómo es realmente el edificio y, luego, hacer anotaciones en los planos para reflejar la situación real, en especial, todos los obstáculos para el tendido de los cables, el hardware, y las paredes que requieren sistemas de protección contra incendios y no aparecen en los planos existentes. Si puede, tome fotografías. En los edificios en construcción, la visita al área de instalación también es una buena idea, tan solo para tener una impresión de cómo quedará la estructura final y para conocer a los supervisores de obra con los que trabajará. Ellos pueden ser la mejor fuente de información acerca de quiénes son las autoridades locales, quiénes inspeccionarán su trabajo y cuáles son sus expectativas.



Con todas estas opciones de instalaciones en planta externa, ¿cómo se empieza? Con un buen mapa. No solo un mapa de calles o un mapa topográfico; un sistema de imágenes satelitales obtenidas a lo largo de las calles es mucho mejor, como el que brinda “Google Maps”. Crear un mapa de calles es el primer paso, y debe identificar a los otros servicios públicos en el mapa, a lo largo de todo el trazado, y verificarlo con los grupos que informan acerca de los servicios públicos existentes para evitar que los contratistas dañen las tuberías y los cables que ya están instalados.

Luego de haber realizado las anotaciones en los mapas, comienza la verdadera “diversión”: averiguar a quién debe solicitarle el permiso para el tendido de los cables. Las instalaciones en planta externa deben tener la aprobación de las autoridades locales, provinciales y estatales, que tendrán una gran influencia en el modo de diseñar el proyecto. En algunas ciudades, por ejemplo, los cables aéreos están prohibidos. Algunas ya tienen conductos bajo tierra que pueden utilizarse para trazados específicos. Dado que muchas municipalidades han instalado redes de fibra que pertenecen a la ciudad, es posible que cuenten con fibra disponible para alquilar y, así, se evita la tediosa tarea de instalar la suya propia.

A menos que trabaje para una empresa de servicios públicos en la que uno de sus miembros tenga contactos y se le hayan otorgado los derechos de servidumbre necesarios, es posible que conozca a un grupo nuevo de personas que controlarán

su trabajo. De esta manera, debe planificar el tiempo adecuado que necesita para obtener la aprobación de todas las personas involucradas.

Comunicarse antes de excavar



Excavar de manera segura es de vital importancia. El riesgo que se corre no es solo interrumpir las comunicaciones, sino el riesgo de vida al excavar sobre tuberías de alto voltaje o de gas. Es posible que encuentre algunos obstáculos durante las visitas, en las que puede visualizar carteles como estos. Varias empresas de servicios mantienen bases de datos con información acerca de la ubicación de los equipos de servicios públicos instalados bajo tierra. Debe comunicarse antes de realizar cualquier excavación, pero debe incluir estos equipos en un mapa durante la etapa de diseño y volver a verificarlos antes de excavar para asegurarse de contar con la última información.

Si todo esto suena confuso, lo es. Cada proyecto es diferente y requiere de un análisis cuidadoso de las condiciones, incluso antes de comenzar a elegir los componentes de fibra óptica y de planificar la verdadera instalación. Adquirir experiencia es la mejor manera de aprender.

Elección de los componentes

Cómo elegir los componentes para las instalaciones en planta externa

La elección de los componentes de la red de fibra óptica en planta externa (OSP) comienza con el trazado de la red de cables. Una vez que el trazado está establecido, queda claro dónde se instalarán los cables, dónde están los empalmes y dónde se hará la terminación de los cables. Todo eso determina qué debe elegirse con respecto al tipo de cable, al hardware y, en algunas oportunidades, a la metodología de instalación.

La mayoría de los proyectos comienza con la elección del cable. Como las instalaciones de OSP suelen demandar grandes longitudes de cables, los cables pueden fabricarse de manera personalizada para optimizar una instalación determinada. En estos casos se suele ahorrar costos pero el usuario debe tener un mayor conocimiento y más tiempo para negociar con varios fabricantes de cable. Para brindar especificaciones acerca del cable, es necesario saber cuántas fibras están incluidas en cada cable y de qué tipo son. Es importante entender que la fibra, en especial la fibra monomodo que se utiliza en casi todas las instalaciones en OSP, es económica y la instalación es costosa. La instalación de un cable de OSP puede costar cien veces más que el costo del cable propiamente dicho. Elegir una fibra monomodo es fácil; la fibra monomodo básica de 1300 nm (denominada fibra G.652) es adecuada para todo excepto para enlaces largos o para los enlaces que utilizan la multiplexación por división de longitud de onda. Es posible que esas instalaciones requieran de una fibra especial optimizada de 1500 a 1600 nm (G.653 o G.654). En las redes de cables de planta interna o a nivel de campus, la fibra multimodo OM3 50/125 optimizada para láser, probablemente sea la mejor elección para cualquier tendido de fibra multimodo en OSP, dado que su atenuación más baja y su ancho de banda más elevado permiten que la mayoría de las redes funcione mejor.

Agregar más fibras a un cable no aumentará el costo del cable de manera proporcional; el costo básico de la construcción de un cable es fijo, pero agregar fibras no aumentará mucho su precio. Elegir un diseño estándar también permitirá ahorrar costos, ya que los fabricantes pueden tener ese cable disponible en depósito o construirlo al mismo tiempo que construyen otros de diseño similar. Lo único que representa el verdadero costo de agregar más fibras es el costo que se genera al agregar empalmes y terminaciones adicionales, que aún es bajo en comparación con el costo total de la instalación. Además, recuerde que disponer de fibras adicionales para futuras ampliaciones, para sistemas de respaldo o para casos de roturas de fibras individuales puede ahorrarle muchos dolores de cabeza en el futuro.

La protección para el agua o la humedad y los elementos de refuerzo son características comunes de las redes de cables de planta externa. La fortaleza necesaria del cable depende del método de instalación (ver abajo). Se debe evaluar la resistencia al agua y a la humedad de todos los cables que se instalan al aire libre. Hasta hace poco tiempo, la mayoría de las personas elegían un cable relleno de gel, pero ahora, los cables secos que bloquean el agua están ampliamente disponibles, y muchos usuarios los prefieren. Estos cables utilizan una cinta que absorbe el agua, y energía que se propaga y sella el cable si ingresa agua. Los instaladores prefieren especialmente los cables secos ya que no es necesario realizar la engorrosa y aburrida tarea de remover el gel que se utiliza en

muchos cables, lo que reduce en gran medida el tiempo de preparación de los empalmes o de las terminaciones.

Las maneras de construir los cables de OSP están específicamente orientadas a la fortaleza del cable, según si estos estarán enterrados de manera directa o dentro de conductores, ubicados bajo el agua, o instalados en el aire sobre postes. Debe elegirse la manera adecuada para el tendido del cable. En algunas instalaciones incluso se utilizan varios tipos de cable. Tener buenos planes de construcción puede ser útil a la hora de trabajar con los fabricantes de cable para encontrar los tipos de cables adecuados y solicitar las cantidades suficientes. Siempre se debe solicitar más cable del que se necesita para la longitud del trazado, con el fin de poder realizar el almacenamiento del cable de servicio en forma de bucle, preparar la terminación del cable y guardar lo que sobre en el caso de que sea necesario realizar una reparación en el futuro.

Así como los tipos de cable, los tipos de hardware de la red de cables son muy diversos y deben elegirse de manera tal que sean compatibles con los tipos de cable que se utilizan. Al haber tantas opciones de hardware, trabajar con los fabricantes de cable es la manera más expeditiva de elegir el hardware y garantizar la compatibilidad. Además de la compatibilidad con el cable, el hardware debe ser el adecuado para el lugar de instalación, que puede ser en exteriores, sobre postes, bajo tierra, bajo el agua, dentro de transformadores tipo pedestal, de contenedores o de edificios. Algunas veces el hardware deberá ser compatible con las normas de urbanismo local, por ejemplo en subdivisiones o en parques industriales. Posiblemente, elegir el hardware lleve mucho tiempo, pero es muy importante para obtener una red de cables confiable a largo plazo.

En la elección de los componentes, el empalme y la terminación son las últimas categorías que deben elegirse. La mayoría de las fibras monomodo de OSP se empalman por fusión debido a que esto brinda baja pérdida, baja reflectancia y confiabilidad. La fibra multimodo, en especial la fibra OM3, también se empalma por fusión, pero si solo requiere pocos empalmes, el empalme mecánico brindará un rendimiento y una confiabilidad adecuados. Si la terminación se hace directamente en los cables de fibra multimodo de OSP, se necesitará un kit para proteger la terminación de la fibra (*breakout kit*), de manera que se pueda vestir la fibra para una mayor confiabilidad al momento de realizar la conexión directa. Esto lleva más tiempo de instalación que empalmar los cables a cables de fibra conectorizados (*pigtail*) preterminados, como es común en los cables de fibra monomodo, y es posible que no genere un ahorro de costos. Además, los sistemas de red de cables preterminados de planta externa están disponibles, lo que reduce el tiempo para realizar la terminación y el empalme. Consulte con los fabricantes de cable para determinar si esta opción es viable.

La elección de los componentes adecuados para las instalaciones en OSP puede llevar tiempo, pero es importante para el funcionamiento del sistema. Una vez

que se eligieron los componentes, las listas de materiales se agregan a la documentación de la compra y de la instalación para consultas futuras.

Cómo elegir los componentes para las instalaciones en planta interna

La elección de los componentes para la instalación de fibra óptica en planta interna está influenciada por varios factores, entre los que se incluyen la elección del equipamiento de comunicaciones, el encaminamiento físico de la red de cables y los códigos y las normativas de la construcción. Si se diseña una red corporativa de tipo LAN, es probable que se incluya una red troncal (*backbone*) de fibra óptica para conectar las habitaciones donde están las computadoras a las salas de conexiones. Las salas de conexiones albergan los switches que convierten la red troncal (*backbone*) de fibra a cables UTP de cobre para los escritorios conectados por cable, y a cobre o a fibra para los puntos de acceso a la red inalámbrica. En algunos escritorios, en especial en los departamentos de ingeniería o de diseño, es posible que se requiera fibra hasta el escritorio debido a que ofrece un mayor ancho de banda. En los sistemas de seguridad (alarmas, sistemas de control de acceso, cámaras de CCTV), es posible que se necesiten cables o fibras adicionales y sistemas de gestión de la construcción).

Para diseñar redes de cables de fibra óptica es preciso coordinar con todas las personas involucradas de una u otra manera en la red, incluidos el personal de TI, la gerencia de la empresa, los arquitectos y los ingenieros, etc., para garantizar que todos los requisitos del cableado se analicen simultáneamente, de manera que los recursos puedan compartirse.

Al igual que en el diseño de OSP, analicemos primero la elección de la fibra. La mayoría de las redes en planta interna utilizan la fibra multimodo; sin embargo, muchos usuarios ahora instalan cables híbridos con fibras monomodo para ampliaciones futuras. La fibra OM1 de 62.5/125 micrones que se utilizó durante casi dos décadas ha sido reemplazada por la nueva fibra OM3 50/125 optimizada para láser, ya que ofrece ventajas significativas con respecto al ancho de banda y la distancia.

Casi todo el equipamiento funciona tan bien con la fibra OM3 50/125 como funcionaba con la fibra OM1 62.5/125, pero siempre es una buena idea consultar con los fabricantes del equipamiento para asegurarse. En la documentación del diseño de la red, recuerde incluir la instrucción de marcar todos los cables y los paneles de conexiones con etiquetas color agua, para indicar que se trata de la fibra OM3.

En las instalaciones en planta interna, el cable suele ser de distribución o “breakout”. Los cables de distribución poseen más fibras dentro de un cable de diámetro más pequeño, pero la terminación debe estar dentro de los paneles de conexiones o de las cajas de terminación montadas en la pared. Los cables “breakout” ocupan más lugar pero permiten la conexión directa sin el hardware,

por eso, son adecuados para su uso industrial. La cantidad de fibras por cable puede ser un problema, ya que los cables de la red troncal (*backbone*) ahora poseen muchas fibras para su uso actual, para ampliaciones futuras y para disponer de cables de repuesto; por eso, los cables de distribución son la elección más popular. La chaqueta del cable debe poseer componentes que retardan el fuego, según el código nacional de equipos eléctricos (NEC). En general, se utiliza la fibra óptica no conductiva para instalaciones de cableado vertical (OFNR), a menos que el cable recorra áreas de circulación de aire por encima de los cielos rasos, en cuyo caso se utiliza la fibra óptica no conductiva para instalaciones de cableado horizontal (OFNP). Se debe solicitar que la chaqueta del cable de fibra OM3 sea de color agua para que pueda identificarse como fibra óptica y como fibra OM3 50/125.

Si el cable se instalará entre edificios, hay diseños disponibles para uso interior y exterior que poseen materiales para el bloqueo del agua y doble chaqueta. La chaqueta que recubre por fuera es resistente a la humedad para uso en exteriores, pero puede quitarse fácilmente para que quede la chaqueta que recubre por dentro que posee protección contra el fuego para uso en interiores.

La elección del conector de fibra óptica también está sufriendo modificaciones. Los conectores ST, e incluso los SC, están quedando relegados debido al éxito del conector LC que es más pequeño. Dado que la mayoría de los equipamientos de alta velocidad (gigabit y superior) utilizan conectores LC, utilizarlos en la red de cables significa que debe haber compatibilidad con un solo conector. El conector LC les brinda una ventaja importante a los usuarios que abandonan versiones anteriores y comienzan a utilizar la fibra OM3. El conector LC no es compatible con los conectores SC y ST, de manera que si lo utiliza en redes de cables de fibra 50/125 no podrá combinarlo con las fibras 50 y 62.5 y experimentará pérdida óptica debido a la incompatibilidad significativa entre las fibras.

Los cables de las instalaciones en planta interna deben instalarse separados de los cables de cobre para evitar que se aplasten y se rompan. Algunas veces cuelgan de manera cuidadosa por debajo de las bandejas de cables de cobre o son introducidos en subductos corrugados. Utilizar los subductos corrugados puede ahorrar tiempo de instalación ya que el ducto (que puede comprarse con una cinta para tirar y extraer el cable ya incorporada), puede instalarse rápidamente sin temor a provocar un daño y, luego, permite tirar para extraer el cable de fibra óptica de manera rápida y fácil. En algunas instalaciones deben instalarse cables de fibra óptica dentro de conductos subterráneos, lo que demanda cuidado para minimizar la posibilidad de curvar el cable, permite extraer el cable aplicando una fuerza intermedia y, así, limitar la fuerza realizada en la extracción, o utilizar lubricantes para cables de fibra óptica.

El hardware que se necesita para la instalación se elige según el lugar en el que se realizará la terminación de los cables. En las instalaciones en planta interna las conexiones suelen ser punto a punto y no se realizan empalmes. Toda vez que sea posible, debe habilitarse espacio para un radio extenso en los paneles de conexiones o en las cajas de terminación montadas en la pared para minimizar el estrés de las fibras. Debe elegir un hardware al que sea fácil acceder para moverlo, realizar agregados o modificaciones, pero que su acceso pueda bloquearse para evitar intrusos.

En las instalaciones en planta interna, vale la pena considerar un sistema preterminado. En estas instalaciones se utilizan cables de red troncal (*backbone*) que terminan en conectores de fibra multimodo y módulos de paneles de conexiones preterminados. Si el diseño de la edificación es el adecuado, el fabricante del cable puede trabajar junto con usted para crear un sistema de fibra óptica “plug and play” que no necesita una terminación local y cuyo costo puede ser muy competitivo en comparación con un sistema de fibra óptica terminado en campo.

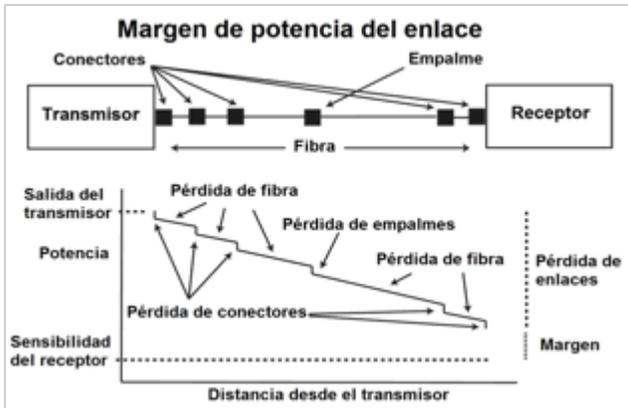
Análisis de la pérdida óptica estimada de enlaces de la red de cables

El análisis de la pérdida óptica estimada es el cálculo y la verificación de las características operativas de un sistema de fibra óptica. Estas incluyen elementos tales como el encaminamiento, la electrónica, la longitud de onda, el tipo de fibra y la longitud del circuito. La atenuación y el ancho de banda son los parámetros clave para el análisis de la pérdida óptica estimada. El diseñador debe analizar la pérdida de los enlaces al principio de la etapa de diseño, antes de instalar un sistema de fibra óptica, para asegurarse de que el sistema funcionará con la red de cables propuesta.

En el cálculo de la pérdida óptica estimada pueden incluirse tanto los componentes pasivos del circuito, como los activos. La pérdida pasiva está compuesta por la pérdida conexión por la fibra, por los conectores y por los empalmes. No se deben olvidar los acopladores y los empalmes en el enlace. Si ya se eligió la electrónica del sistema, se pueden considerar los componentes activos, como la longitud de onda, la potencia del transmisor, la sensibilidad del receptor y el rango dinámico. Si todavía no se eligió, se pueden utilizar los valores estándares de pérdida o genéricos de la industria para la pérdida óptica estimada. Antes de poner en marcha el sistema, realice una prueba de pérdida por inserción de la red de cables con una fuente y un medidor de potencia para asegurarse de que se está dentro de la pérdida óptica estimada.

El propósito de la pérdida óptica estimada es garantizar que el equipo de red funcionará en el enlace de fibra óptica instalado. Es lógico ser conservador en lo que respecta a las especificaciones. No utilice las mejores especificaciones posibles para la pérdida óptica estimada de las fibras o la pérdida por conexión para así dejar un margen para la degradación de los componentes y la instalación a lo largo del tiempo.

La mejor manera de mostrar cómo se calcula la pérdida óptica estimada es con un ejemplo que ilustra el modo en que se realiza este cálculo para una típica red de cables. En este caso, se trata de un enlace híbrido multimodo/monomodo de dos kilómetros con cinco conexiones (dos conectores en cada extremo y tres conexiones en los paneles de conexiones del enlace) y un empalme en el medio. En la siguiente figura se puede observar el diseño del enlace y la potencia instantánea en cualquier punto a lo largo de todo el enlace, dibujado a escala para que coincida con el dibujo del enlace que está por encima.



Pérdida por componentes pasivos de la red de cables

Paso 1. Calcular la pérdida de fibra en las longitudes de onda de trabajo.

Longitud del cable (km)	2.0	2.0	2.0	2.0
Tipo de fibra	Multimodo		Monomodo	
Longitud de onda (nm)	850	1300	1300	1550
Atenuación de la fibra (dB/km)	3 [3.5]	1 [1.5]	0.4 [1/0.5]	0.3 [1/0.5]
Pérdida total de fibra (dB)	6.0 [7.0]	2.0 [3.0]	0.8 [2/1]	0.6 [2/1]

(Las especificaciones entre corchetes son los valores máximos de acuerdo con el estándar EIA/TIA 568. En el caso de fibra monomodo, se permite una pérdida más alta para las aplicaciones en planta interna, 1 dB/km para planta interna, 0.5 dB/km para planta externa.)

Paso 2. Pérdida de conectores

En general, los conectores multimodo tendrán pérdidas de entre 0.2 y 0.5 dB. Los conectores monomodo, terminados en fábrica y con empalme por fusión, tendrán pérdidas de entre 0.1 y 0.2 dB. Los conectores monomodo terminados en campo pueden tener pérdidas de entre 0.5 y 1.0 dB. A continuación, calcularemos la pérdida con los valores de un caso típico y los valores en el peor de los casos posibles.

Pérdida de conectores	0.3 dB (típico conector pulido/con adhesivo)	0.75 dB (conector tipo prepulido y máximo aceptable según la norma TIA-568)
Cantidad total de conectores	5	5
Pérdida total por conexión	1.5 dB	3.75 dB

(De acuerdo con el estándar EIA/TIA 568, todos los conectores pueden tener una máxima de 0.75.)

Al calcular la pérdida óptica estimada, muchos diseñadores y técnicos se olvidan que los conectores en el extremo de la red de cables deben incluirse en dicha pérdida. Al probar la red de cables, los cables de referencia se acoplan con esos conectores y sus pérdidas se incluirán en las mediciones.

Paso 3. Pérdida de empalmes

Los empalmes multimodo suelen realizarse con empalmes mecánicos, a pesar de que se utilizan algunos empalmes por fusión. Al contar con un núcleo más grande y varias capas, el empalme por fusión ofrece la misma pérdida que el empalme mecánico, pero el primero es más confiable en condiciones medioambientales adversas. Calcule 0.1 a 0.5 dB para empalmes multimodo, teniendo en cuenta que 0.3 es un buen promedio para un instalador experimentado. El empalme por fusión de fibras monomodo en general tendrá menos de 0.05 dB (menos de un quinto de dB).

Pérdida por empalmes	0.3 dB
Cantidad total por empalmes	1
Pérdida total por empalmes	0.3 dB

(Para este cálculo de pérdida óptica estimada, todos los empalmes pueden tener una máxima de 0.3, de acuerdo con el estándar EIA/TIA 568.)

Paso 4. Pérdida total de la red de cables

Al sumar las pérdidas de fibra, de conectores y de empalmes se obtiene la pérdida total de enlaces de la red de cables.

	Caso ideal [Máx. según TIA 568]		Caso ideal [Máx. según TIA 568]	
Longitud de onda (nm)	850	1300	1300	1550
Pérdida total de fibra (dB)	6.0 [7.0]	2.0 [3.0]	0.8 [2/1]	0.6 [2/1]
Pérdida total por conexión (dB)	1.5 [3.75]	1.5 [3.75]	1.5 [3.75]	1.5 [3.75]
Pérdida total de empalmes (dB)	0.3 [0.3]	0.3 [0.3]	0.3 [0.3]	0.3 [0.3]
Otras (dB)	0	0	0	0
Pérdida total de enlaces (dB)	7.8 [11.05]	3.8 [7.05]	2.6 [6.05/5.05]	2.4 [6.05/5.05]

Estos valores de pérdida en la red de cables deben ser los criterios para realizar las pruebas. Deje un margen de +/- 0.2 a 0.5 dB correspondiente a la incertidumbre de medida y de esa manera obtendrá un criterio de aprobación.

Cálculo de pérdida óptica estimada de enlaces del equipo

La pérdida óptica estimada de enlaces del hardware de red depende del rango dinámico, la diferencia entre la sensibilidad del receptor y la potencia de salida de la fuente a la fibra. Se necesita cierto margen que corresponde a la degradación del sistema a lo largo del tiempo o debida a causas ambientales. Por lo tanto, reste dicho margen (casi 3 dB) para obtener la pérdida óptica estimada del enlace.

Paso 5. Datos de las especificaciones del fabricante sobre los componentes activos (Típico enlace digital multimodo de 100 Mb/s con una fuente LED de 1300 nm.)

Longitud de onda de trabajo (nm)	1300
Tipo de fibra	multimodo
Sensibilidad del receptor (dBm para el BER requerido)	-31
Salida promedio del transmisor (dBm)	-16
Rango dinámico (dB)	15
Margen de exceso recomendado (dB)	3

Paso 6. Cálculo del margen de pérdida

Rango dinámico (dB) (arriba)	15	15
Pérdida de enlaces en la red de cables (dB en 1300 nm)	3.8 (típica)	7.05 (TIA)
Margen de pérdida de enlaces (dB)	11.2	7.95

Como regla general, el margen de pérdida de enlaces debe ser mayor que 3 dB aproximadamente, de manera que quede contemplada la degradación de los enlaces a lo largo del tiempo. Las LED en el transmisor pueden desgastarse y perder potencia, los conectores o los empalmes pueden degradarse o bien, los conectores se pueden ensuciar si están abiertos en caso de re-encaminamiento o prueba. Si los cables llegaran a cortarse de forma accidental, el margen de exceso será necesario para que los empalmes tengan capacidad para la restauración.

Documentación del proyecto

La documentación de la red de cables es una parte necesaria del proceso de diseño e instalación de una red de fibra óptica que suele pasarse por alto. Documentar la instalación de manera adecuada durante el proceso de planificación ayudará a ahorrar tiempo y materiales en la instalación. Acelerará la instalación de los cables y las pruebas, ya que el encaminamiento y las terminaciones serán conocidos. Una vez realizada la instalación de los componentes, la documentación deberá completarse con los datos de la comprobación de pérdidas para que el usuario final la acepte. Durante la solución

de problemas, simplifica el rastreo de enlaces y la detección de fallas. En general, para que el cliente acepte la instalación, se requiere la documentación adecuada.

El proceso para conseguirla, comienza al principio del proyecto y continúa hasta su finalización. Debe empezar con la ubicación o la trayectoria de la red de cables. Los cables de OSP requieren documentación de todo el trazado, pero también detalles sobre ubicaciones específicas, por ejemplo, de qué lado de las calles están, en qué postes, dónde y a cuánta profundidad están los cables enterrados y los cierres de empalme, así como también, si los marcadores y la cinta de rastreo están enterrados con el cable. Los cables en la planta interna requieren detalles similares dentro de una construcción a fin de poder localizar el cable en cualquier parte de la trayectoria.

La mayoría de estos datos se pueden conservar en dibujos CAD y una base de datos o software comercial que almacene datos de los componentes, las conexiones y las pruebas. Los enlaces largos de planta externa que incluyen empalmes también pueden tener trazados de OTDR (reflectómetro óptico en el dominio de tiempo), los cuales deben ser almacenados como copias impresas y, de ser posible, en archivos de computadora guardados en discos para poder visualizarse más tarde en caso de problemas. Debe haber una computadora con el software apropiado para poder visualizar los trazados, por lo que debe haber una copia de dicho programa en los discos junto con los archivos. Si los datos de OTDR se almacenan de manera digital, es necesario mantener la documentación con una lista de los archivos de datos, de modo que sea más simple encontrar trazados de OTDR específicos.

El proceso de documentación

La documentación comienza con un diseño básico de la red. Puede que un boceto sobre los planos técnicos de una construcción funcione si esta es pequeña, pero en el caso de una red LAN a nivel campus, de área metropolitana o de larga distancia probablemente necesitará un diseño CAD completo. La mejor manera de organizar los datos es utilizar un dibujo de las instalaciones y agregarle las ubicaciones de todos los cables y puntos de conexión. Identifique todos los cables y racks o paneles en armarios y luego estará listo para transferir estos datos a una base.

Los cables de fibra óptica, en especial aquellos de la red troncal (*backbone*), pueden contener varias fibras que conectan varios enlaces diferentes que pueden dirigirse a distintos lugares. Por lo tanto, la red de cables de fibra óptica debe documentar la ubicación de los cables, la trayectoria de cada fibra, las interconexiones y los resultados de las pruebas. Debe registrar las especificaciones de cada cable y fibra: el fabricante, el tipo de cable y fibra, la cantidad de fibras, el tipo de construcción del cable, la longitud estimada y la técnica de instalación (enterrado, aéreo, horizontal, vertical, etc.)

Será útil saber los tipos de paneles y hardware en uso, así como también el equipo que debe conectarse. En caso de instalar una gran red de cables con varias fibras oscuras (sin uso), es probable que algunas queden abiertas o sin terminar en los paneles, lo cual también debe ser documentado. Al diseñar una red, siempre es bueno contar con fibras de repuesto y puntos de interconexión en los paneles para futuras expansiones, re-encaminamiento para reparación o para mover el equipo de red.

Documentar es más que registrar. Todos los componentes deben identificarse con etiquetas permanentes codificadas con colores en lugares accesibles. Una vez determinado el esquema para etiquetar fibras, cada cable, fibra accesible y punto de terminación debe etiquetarse para su identificación. Es preferible que el esquema sea simple y, de ser posible, que se brinden explicaciones en los paneles de conexiones o en la parte interna de las tapas de las cajas de terminación.

Protección de los registros

Los registros de la documentación de la red de cables son documentos muy importantes. Mantenga varias copias de seguridad de cada documento, ya sea que estén en papel o archivadas en una computadora, en distintos lugares para guardar bajo custodia. En caso de que se presente una copia al cliente, el instalador debe quedarse con sus propios registros para trabajos futuros relacionados con el proyecto. Debe mantenerse un juego completo en papel con un “kit de restauración” de los componentes adecuados e instrucciones para las herramientas en caso de interrupciones o daños en los cables. Para ser útil, la documentación debe estar siempre actualizada. Esta tarea debe asignarse a una persona en las instalaciones quien será responsable de informar a todas las partes que mantengan copias de los registros de las actualizaciones necesarias. La modificación de los registros debe estar restringida para evitar que se realicen cambios no autorizados en la documentación.

Planificación para la instalación

Una vez que el diseño de un proyecto de fibra óptica está completo y documentado, uno pensaría que la mayor parte del trabajo de diseño está terminado. Sin embargo, eso es solo el comienzo. El siguiente paso es realizar la planificación para la instalación real. Esta planificación es una etapa fundamental en cualquier proyecto ya que implica coordinar actividades entre varias personas y empresas. Probablemente, la mejor manera de mantener todo en orden es elaborar una lista de verificación basada en el diseño durante las primeras etapas del proyecto.

El gerente del proyecto

Quizás el problema más importante sea contar con una persona que funcione como punto principal de contacto durante el proyecto. El gerente del proyecto debe estar involucrado desde el comienzo, debe comprender el propósito del proyecto, los aspectos técnicos, el diseño físico y estar familiarizado con todo el personal y las empresas que participarán en el proyecto. Asimismo, todas las partes deben conocer a esta persona, saber cómo contactarla (incluso las 24 horas, los siete días de la semana durante la instalación) y estar al tanto de quién es la persona de apoyo en caso de que sea necesaria.

La persona de apoyo también debe estar involucrada a tal punto que pueda responder la mayoría de las preguntas. Incluso puede tener más conocimiento técnico acerca del proyecto, pero no puede tener plena autoridad para tomar decisiones. En los grandes proyectos, esta persona puede ser la que mantenga la documentación y los cronogramas, la que haga un seguimiento de las compras y las entregas, los permisos, los subcontratistas, entre otras cosas, mientras que el gerente del proyecto desempeña un rol más práctico y activo.

Diseño de la lista de verificación

La planificación de un proyecto es fundamental para que este resulte exitoso. La mejor manera es elaborar una lista de verificación antes de comenzar con el proceso de diseño. La lista que aparece debajo es exhaustiva, pero cada proyecto tendrá algunos requisitos únicos que le serán propios y que deberán agregarse. No es necesario que todos los pasos se realicen en serie. Algunos se pueden hacer de forma paralela para reducir el tiempo de diseño del proyecto. Durante el diseño de un proyecto, el diseñador debe comunicarse con varias personas y empresas. Por lo tanto los contactos de los recursos externos deben mantenerse junto con la documentación del diseño.

Proceso del diseño

- Requisitos de las comunicaciones de enlace
- Trazado del enlace elegido, inspeccionado, requisitos especiales anotados, incluidos los permisos y las inspecciones
- Especificar los requisitos del equipo de comunicaciones y los componentes
- Especificar los componentes de la red de cables
- Coordinar con el personal de las instalaciones, personal de electricidad y otros
- Documentación completa y lista para la instalación
- Detallar el plan de pruebas
- Detallar los planes de restauración

Paquete del contratista para la instalación

- Documentación, dibujos, facturas de compra de materiales, instrucciones
- Permisos disponibles para inspección
- Pautas generales para inspeccionar el trabajo en cada etapa, plan de pruebas
- Revisión diaria del avance, datos de las pruebas
- Normas de seguridad que deberán publicarse en los lugares de trabajo y que todos los supervisores y el personal de instalación deberán revisar

Requisitos para completar la instalación de la red de cables

- Inspección final
- Revisión de la información de las pruebas en la red de cables
- Instrucciones para configurar y probar el sistema de comunicaciones
- Última actualización de la documentación
- Actualización y finalización del plan de restauración, almacenamiento de los componentes y la documentación

Elaboración de una lista de verificación de un proyecto

La lista de verificación final de un proyecto constará de varios puntos, todos ellos de gran importancia. Cada punto de la lista requiere una descripción completa que contenga el lugar y el momento en el cual será necesario y la persona responsable de dicho punto. Consulte el capítulo 10 para obtener una lista de verificación recomendada para la instalación de un proyecto. Los componentes tales como los cables y el hardware de la red de cables deben contar con indicaciones respecto a los proveedores, los lugares, las fechas y las horas de entrega e incluso, a veces, la modalidad. El equipo especial para la instalación también se debe planear. Deben incluirse notas sobre lo que se debe comprar y lo que se alquilará. Si el lugar de trabajo no es seguro y la instalación tomará más de un día, es posible que sea necesario contar con guardias de seguridad en los lugares de trabajo.

Debe elaborarse un plan de trabajo que indique las especializaciones que se necesitarán, así como también el lugar y el momento. Las instalaciones de la planta externa (OSP) suelen tener un equipo de trabajo encargado de tirar los cables, en particular los que requieren instalaciones especiales tales como cables enterrados directamente, los de tendido aéreo o bajo el agua, otro equipo a cargo de los empalmes y quizás uno más para realizar las pruebas. Los instaladores de OSP suelen realizar solo una parte del trabajo ya que necesitan no solo

habilidades y entrenamiento para manejar el equipo especializado, como las fusionadoras de fibra óptica o los OTDR, sino también prácticas de instalación: trepar a los postes o pasar los cables por el arado. Las contribuciones de los equipos de instalación pueden ayudar a determinar el tiempo necesario aproximado para cada etapa de la instalación y cuáles son los posibles inconvenientes que pueden afectar la planificación.

Y seguramente habrá inconvenientes. Todo el personal que participe del proyecto debe recibir instrucciones acerca de las normas de seguridad y, preferiblemente, recibir una copia por escrito. Tanto los supervisores como los obreros deben tener los números de contacto del gerente del proyecto, la persona de apoyo y otros empleados que puedan tener que contactar. Debido a que algunos proyectos requieren que el trabajo se realice fuera de las horas laborales regulares, por ejemplo en el caso de los aeropuertos u oficinas gubernamentales muy concurridas, en los cuales el cableado suele hacerse durante la noche, es muy importante contar con un gerente del proyecto que esté disponible - preferiblemente en el lugar- mientras se realiza el trabajo.

Durante la instalación en sí, debe haber un experto en el lugar para controlar el avance de la instalación, inspeccionar el trabajo, revisar los datos de las pruebas, elaborar informes del avance diario y notificar de inmediato a la persona a cargo adecuada si algo no se ve bien. Si el gerente del proyecto no está técnicamente calificado, es importante que pueda contar con alguien que sí cuente con tal conocimiento técnico. Esta persona debe tener la autoridad suficiente para detener la obra o solicitar reparaciones en caso de que se encuentren problemas graves.

Problemas de potencia/puesta a tierra e instalaciones

En este capítulo se hace hincapié en los aspectos únicos del diseño y la instalación de las redes de cables de fibra óptica. Sin embargo, este proceso no se puede realizar de forma aislada. Es posible que se requieran permisos municipales para instalar redes de cables. También puede surgir la necesidad de colaboración con otras empresas para que estas permitan el acceso a sus propiedades e interrupciones en la construcción. Todo sistema de comunicaciones precisa no solo de una red de cables, sino también de instalaciones para las terminaciones en cada extremo. Además, estas instalaciones sirven para ubicar el equipo de comunicaciones y para proporcionar potencia (en general, potencia ininterrumpida para la calidad de la transferencia de datos) y una puesta a tierra separada para centros de datos. Inside the facility, connections must be made to the end users of the link.

Debido a la gran cantidad de opciones que puede existir en casi todos los proyectos resulta imposible resumir los inconvenientes en unas pocas oraciones. Por lo tanto, solo diremos que debe considerar el diseño final completo para

conseguir la cooperación de las partes y coordinar la instalación final. Uno de los recursos más valiosos que puede tener al momento de diseñar e instalar un proyecto de fibra óptica es un contratista experimentado.

Elaboración de un plan de pruebas

Toda instalación necesita una confirmación de que los componentes están instalados de manera adecuada. El instalador o contratista desea asegurarse de que el trabajo está bien hecho, a fin de que el cliente esté satisfecho y de que no sea necesario recibir llamadas para solicitar reparaciones. Antes de aprobar el pago, los clientes suelen pedir los resultados de las pruebas, así como también una inspección visual final como parte de la documentación de una instalación adecuada.

Sin embargo, de acuerdo con nuestra experiencia, a menudo existe una confusión acerca de lo que debe evaluarse y el modo en que deben documentarse los resultados de las pruebas en los proyectos de fibra óptica. Estos asuntos deben acordarse durante la etapa de diseño del proyecto. Los papeles administrativos del proyecto deben incluir especificaciones para las pruebas, referencias a los estándares de la industria y los resultados de las pruebas que se considerarán aceptables según el análisis de la pérdida óptica estimada realizado durante la etapa de diseño del proyecto.

El proceso de prueba de toda red de cables de fibra óptica puede consistir en tres pruebas. Primero, una prueba del cable en la bobina antes de la instalación. Luego, una prueba de cada segmento a medida que se va instalando y, por último, de la pérdida completa de un extremo a otro de cada fibra en la red de cables. Por prueba práctica se suele entender la evaluación de continuidad de solo algunas pocas fibras de cada bobina de cable antes de la instalación para verificar que el cable no haya sufrido daños durante el envío. Luego cada segmento es evaluado a medida que los instaladores los van terminando. Por último, se conecta todo el tendido del cable y se realiza una prueba de la pérdida punto a punto para la documentación final.

Es necesario que se solicite una inspección visual al recibir las bobinas de cable y, en caso de que se detecte un daño visible, que se pruebe el cable en la bobina para determinar su continuidad antes de instalarlo. De esa manera, se comprueba que no haya sufrido ningún daño en el trayecto de envío desde el fabricante hasta el lugar de trabajo. Ya que el costo de instalación suele ser elevado, a menudo mucho mayor que el costo de los materiales, es lógico asegurarse de que el cable instalado esté en buenas condiciones y que luego no deberá ser descartado y reemplazado. Por lo general, alcanza con solo verificar la continuidad por medio de un trazador visual de continuidad o un localizador visual de fallos. Sin embargo, las bobinas de cable se pueden probar con un OTDR si se sospecha que puede existir un daño y se desea documentarlo, o bien determinar si parte del

cable debe descartarse (o conservarse para luego obtener un reembolso por el material dañado).

Tras la instalación y la terminación del cable, cada segmento de la red de cables debe evaluarse de forma individual, tal como está instalado, para garantizar que cada conector y cada cable están en buenas condiciones. Por último, debe evaluarse la pérdida de cada tendido de punta a punta (desde un equipo conectado a la red de cables a otro), tal como lo requieren todos los estándares. Cada fibra en cada cable deberá ser evaluada. Por lo tanto, la cantidad total de pruebas a realizar equivale a la cantidad de segmentos de cable multiplicada por la cantidad de fibras en cada cable. Este proceso puede demandar mucho tiempo.

Pruebas obligatorias vs. pruebas opcionales

Probar toda la red de cables implica que se lleven a cabo pruebas de pérdidas por inserción con una fuente de luz y un medidor de potencia, o con un equipo de comprobación de pérdida óptica (OLTS) de acuerdo con el procedimiento de prueba OFSTP-14 del estándar TIA para multimodo o OFSTP-7 para monomodo. El plan de pruebas debe especificar el método para establecer el nivel de referencia de “0 dB” elegido (uno, dos o tres cables de referencia), ya que esto afectará el valor de la pérdida. El estándar TIA 568 recomienda la referencia de un cable, pero esta puede no ser una opción para todas las combinaciones de equipos de comprobación y conectores de red de cables. Los métodos de prueba requeridos deben ser acordados entre el contratista y el usuario de antemano.

Las pruebas con OTDR no son obligatorias, y tampoco son suficientes por sí solas para obtener la certificación de la red de cables. Sin embargo, los largos tendidos de cable de planta externa que incluyen empalmes pueden probarse con un OTDR para verificar el funcionamiento de los empalmes y detectar posibles problemas generados por tensiones en el cable durante la instalación. Si bien hay quienes defienden el OTDR para probar todo tipo de instalaciones de red de cables, incluidos los cableados cortos en planta interna, no es obligatorio de acuerdo con los estándares de la industria ni se recomienda su uso para los cableados en planta interna. Los tendidos más cortos de cableado en planta interna y las conexiones frecuentes con alta reflectancia suelen crear trazados confusos de OTDR, los cuales causan problemas a la función de prueba automática del OTDR y a veces suelen ser difíciles de interpretar de forma correcta, incluso para usuarios experimentados de OTDR.

Coordinación de las pruebas y la documentación

El plan de pruebas debe estar coordinado con la documentación de la red de cables. Esta debe indicar cuáles son los enlaces que se deben probar y los resultados esperados según los cálculos de la pérdida óptica estimada. Asimismo,

el plan de pruebas debe especificar el modo en que los datos de las pruebas se incluirán en la documentación a fin de que la instalación sea aceptada y en caso de que deba ser consultada a causa de posibles futuros problemas que requieran una restauración de emergencia.

Planificación de la restauración



En los Estados Unidos, aproximadamente una vez por día, se rompe un cable de fibra óptica a causa de alguna excavación alrededor del cable, tal como se muestra en la imagen. Los cables en planta interna no son tan vulnerables, excepto por los daños causados por alguna torpeza del personal o durante la extracción de cables abandonados. Toda red es susceptible de sufrir daños, por lo que cada instalación necesita un plan de restauración.

Una restauración de fibra óptica es eficaz cuando el problema se localiza de forma rápida, se tienen los conocimientos y los repuestos adecuados para solucionarlo y se lleva a cabo la tarea sin demoras y de manera competente. Al igual que con cualquier otro tipo de emergencias, la planificación anticipada minimizará los problemas.

Documentación de la restauración

La documentación es la herramienta más útil al momento de solucionar un problema en una red de fibra, en especial, durante la restauración. Comience con las hojas de datos técnicos del fabricante de cada componente utilizado: sistema electrónico, cables, conectores, equipos como por ejemplo paneles de conexiones, cierres de empalme, e incluso piezas de montaje. Junto con la información, se debe guardar la información de contacto de la línea de atención al cliente del fabricante, la cual resultará de inmensa utilidad durante la restauración.

A lo largo de la instalación, marque cada fibra de cada cable en cada conexión y lleve un registro de dónde va cada fibra con un software para documentación de red de cables o una simple planilla. Al realizar la prueba, agregue los datos de las pérdidas obtenidos con un equipo de

comprobación de pérdida óptica (OLTS) y los datos del reflectómetro óptico en el dominio de tiempo (OTDR) cuando estén disponibles. Debe haber una persona a cargo de esta información, así como también de su actualización, en caso de que se produzcan cambios.

Equipo para la restauración

Pruebas y solución de problemas

Para poder solucionar los problemas de una red de cables y llevar adelante su restauración, es indispensable contar con el equipo de comprobación adecuado. Un OLTS también debe tener un medidor de potencia para probar la potencia de las señales y así determinar si el problema está en el sistema electrónico o en la red de cables. Una falla total en todas las fibras de la red de cables significa una rotura o un corte en el cable. En el caso de los cables en planta interna, la localización suele ser simple si se cuenta con un localizador visual de fallos o VFL, que consiste en un láser de color rojo brillante que se emite en los cables de fibra óptica para comprobar su continuidad, trazar la fibra o encontrar conectores dañados en los paneles de conexiones.

Para cables más largos, será útil tener un OTDR. Las redes en planta externa debe utilizar el OTDR para documentar la red de cables durante la instalación. De ese modo, durante una restauración, bastará con una simple comparación de los datos de la instalación con los trazados actuales para encontrar los problemas. Los OTDR también son capaces de detectar problemas de menor gravedad, como por ejemplo aquellos que surgen cuando un cable se retuerce o se tensa y genera una pérdida mayor, lo cual también puede causar inconvenientes en la red.

Herramientas y componentes

Una vez detectado el problema, hay que repararlo. Para ello, es necesario contar con las herramientas adecuadas, los suministros y personal entrenado disponible. Además del equipo de comprobación necesario para solucionar los problemas, se requieren herramientas para los empalmes y las terminaciones, entre las que se puede incluir una fusionadora de fibra óptica para los cables en la planta externa. También se necesitarán componentes para realizar las uniones. En cada instalación, se debe separar y almacenar una cantidad adicional razonable de cable y hardware de instalación para futuras restauraciones. Algunos usuarios almacenan los suministros para las restauraciones junto con la documentación en un contenedor sellado listo

para ser utilizado. Debe tenerse en cuenta que los cables de conexión (*patchcord*) de fibra óptica que conectan el sistema electrónico a la red de cables, también puede sufrir daños, pero no se consideran reparables. Solo tenga los repuestos a disposición.

Un gran problema es acercar los dos cables lo suficiente como para poder realizar el empalme. Se precisa cerca de un metro de cable en cada extremo para pelar el cable, empalmar las fibras y ubicarlas en un cierre de empalme. Se recomienda diseñar la red de cables con almacenamiento local del cable de servicio en forma de bucle. Si los extremos de los cables son muy cortos, se debe empalmar una nueva parte de cable, que debe separarse del excedente después de la instalación.

¿Qué más debe haber en un kit de restauración además de cables y hardware de la red de cables? Un kit de terminación o de empalme mecánico y los suministros apropiados. En el caso de los empalmes, serán necesarios los cierres de empalme con el espacio adecuado para tantos empalmes como fibras haya en el cable. Todo esto debe ponerse en una caja debidamente marcada con una copia de la documentación de la red de cables y almacenada en un lugar que sea seguro y de rápido acceso para las personas que puedan llegar a necesitarla.

Preparación del personal

El personal debe estar correctamente entrenado para utilizar este equipo, solucionar los problemas y efectuar la restauración. Por supuesto, también debe estar disponible en el momento en que se lo requiera. La mayor demora en la restauración de un enlace de comunicaciones de fibra óptica suele ser el caos que resulta mientras el personal decide cuáles son los pasos a seguir. El asunto más importante es que el personal responsable conozca el plan.

Los grandes usuarios de fibra óptica cuentan con planes de restauración en el lugar, personal entrenado y kits con suministros listos para usar. No es común que la mayoría de los usuarios en planta interna estén listos para este tipo de contingencias. Para los usuarios, no resulta rentable tener todo este equipo tan costoso. Prefieren tener un equipo económico de comprobación que consista en un VFL y un OLTS en cada extremo del enlace y llamar a un contratista experimentado para que lo restaure.

Gestión de un proyecto de fibra óptica

Gestionar un proyecto de fibra óptica puede ser la parte más fácil de la instalación si el diseño y la planificación se realizaron de manera minuciosa y

completa. De lo contrario, puede ser la parte más difícil. Sin embargo, incluso asumiendo que todo se hizo de forma correcta, algunas cosas pueden llegar a fallar, por lo que la planificación en caso de imprevistos es de suma importancia. A continuación se detallan algunas pautas generales para gestionar un proyecto que pueden minimizar los inconvenientes y contribuir a su rápida solución.

Supervisión y gestión en el lugar

En primer lugar, alguien debe estar a cargo y toda persona involucrada debe saber quién es el jefe, incluido él mismo. Durante el proyecto, el jefe debe estar disponible de inmediato por cualquier consulta o información de último momento. A pesar de que esto puede parecer obvio, a veces el representante del usuario de red tiene otras responsabilidades (tales como la gestión del departamento de TI) y puede no querer o poder dedicar toda su atención al proyecto. La persona que tenga a cargo la tarea de gestionar el proyecto debe estar involucrada en este y disponible a toda hora, de ser posible, en el lugar donde se realiza el trabajo. De ser necesario, se puede delegar parte de la responsabilidad al supervisor de construcción de la parte contratante, quien tendrá la obligación de entregar informes diarios y brindar actualizaciones personales.

Asegúrese de que toda persona responsable de alguna parte del proyecto cuente con la documentación adecuada y haya revisado el plan de instalación. Todos deben hacer un reconocimiento de los lugares de trabajo pertinentes y estar familiarizados con las ubicaciones. En caso de tener preguntas sobre los lugares de trabajo, deben poder contactarse con el usuario de la red, el contratista y cualquier otra organización externa, como por ejemplo, los gobiernos locales o las empresas de servicios públicos. Todos deben tener la información de contacto del resto (en general, los números de los teléfonos celulares, ya que el correo electrónico suele ser muy lento y la mensajería instantánea probablemente no sea una opción para los trabajadores que estén en campo). La persona que supervise en las instalaciones debe tener una cámara digital y tomar muchas fotografías de la instalación que luego se archivarán con la documentación para futuras consultas y restauraciones.

Todo el personal debe conocer dónde están los componentes, las herramientas y los suministros. En el caso de los proyectos grandes, la gestión del equipo y los materiales es una tarea de tiempo completo. El equipo especial, como por ejemplo los remolques o los camiones con grúa, deben programarse según la necesidad. El equipo alquilado se debe verificar con los proveedores para garantizar que se entreguen a tiempo en el lugar del proyecto. La información de contacto de los departamentos de soporte técnico de los proveedores debe constar en la documentación, de manera que puedan responder a las preguntas que seguramente surgirán durante la instalación.

Contacto con las autoridades locales

En el caso de las instalaciones en planta externa que se realicen en espacios públicos, es posible que sea necesario que las autoridades locales envíen personal de supervisión, fuerzas policiales o agentes de tránsito. Por este motivo, también deben estar involucradas en la organización. Si se requieren inspecciones del proyecto, estas deben coordinarse de manera tal que se minimicen las interrupciones del trabajo. El personal a cargo de la supervisión es responsable de la seguridad en el lugar de trabajo por lo que deben tener la información de contacto apropiada, incluida la de servicios públicos tales como la policía, los bomberos y el servicio de ambulancias.

Se recomienda realizar reuniones diarias en el caso de proyectos que duren varios días para revisar el avance de cada día. En estas reuniones deben estar presentes al menos el supervisor del lugar de la construcción y un representante del usuario de red a cargo del proyecto. Mientras todo esté en orden, estas reuniones no deberían ser muy extensas. Cuando se trate de proyectos más extensos, los lugares de trabajo deben estar custodiados por personal de seguridad nocturno, el cual debe contar con la información de contacto de los servicios públicos y del gerente del proyecto, quien estará disponible a toda hora, de lunes a domingos.

Inspecciones, pruebas y correcciones continuas

Tanto las inspecciones como las pruebas de la red de cables instalada no deben dejarse para el final del proyecto. Por medio de las pruebas constantes durante la instalación se pueden detectar y solucionar problemas, tales como tensiones en los cables y altas pérdidas en las terminaciones, antes de que se extiendan. Al momento de realizar una prueba, cada instalador debe utilizar la documentación con los cálculos de pérdida óptica estimada y las pérdidas aceptables para evaluar los resultados de las pruebas. Todos los instaladores deben revisar sus trabajos entre sí para garantizar la calidad final.

¿Qué hacer cuando algo sale mal? Ante un problema, es obvio que el que tiene la responsabilidad de decidir rápidamente si puede hacerse cargo de dicho problema es el supervisor que se encuentra en el lugar. En caso de que no pueda, debe saber a quién llamar para que vaya al lugar del problema y a quién notificar. Una revisión regular del avance del proyecto puede minimizar las interrupciones. Las fallas en el equipo pueden demorar el avance. Sin embargo, si por ejemplo hay un problema en una fusionadora de fibra óptica, otras partes del proyecto, como el tendido de cables, pueden continuar hasta tanto se solucione la falla y se pueda reanudar el empalme. Un instalador experimentado debe revisar los problemas en las terminaciones. Para solucionarlos, es posible que se necesiten nuevos suministros, así como también una segunda revisión por parte de otro instalador

con más experiencia. Cuando surjan este tipo de problemas, no dude en contactar al servicio de atención del proveedor.

Al finalizar la instalación, todo el personal involucrado se debe reunir, revisar los resultados del proyecto, actualizar la información y decidir si hay algún paso adicional que deba realizarse antes de dar por concluido el proyecto.

Instalación de la red de fibra óptica



Objetivos: En este capítulo, usted aprenderá:
En qué consiste la instalación de la fibra óptica.
El rol del contratista y del instalador.
La preparación para la instalación.
En qué consiste el proceso de instalación.
Cómo verificar la calidad de la instalación.
La seguridad en las instalaciones de fibra óptica.

Preparación para la instalación

Una vez finalizado el proceso de diseño de la red de fibra óptica, el siguiente paso es instalarla. ¿A qué nos referimos con el “proceso de instalación”? Suponiendo que el diseño está terminado, nos encontramos frente al proceso de instalar físicamente la red y completarla, convirtiendo el diseño en un sistema operativo. Este capítulo incluye la preparación para la instalación, los requerimientos de capacitación y seguridad, y luego el proceso real de instalación.

El rol del contratista en la instalación

Para comenzar a trabajar en una instalación de fibra óptica, el dueño o usuario de la red debe elegir un contratista. Esta es quizás la decisión más importante de todo el proceso. El contratista deberá ser capaz de trabajar con el cliente en cada proyecto de instalación durante seis etapas: diseño, instalación, prueba, solución de problemas, documentación y restauración. El contratista deberá tener experiencia en la instalación de fibra óptica del tipo en cuestión y deberá dar referencias de trabajos similares.

Uno debe poder confiar en el contratista no sólo para que realice la instalación, sino también para que lo asista en el diseño de la red y para que lo ayude a elegir los componentes y proveedores. Una vez que se le ha asignado la tarea al contratista, éste deberá poder ayudar al cliente con el diseño, lo que incluye la elección de los tipos adecuados de fibras, cables, conectores y el hardware para la instalación. El contratista debería saber qué componentes cumplen con los estándares de la industria para asegurar la interoperabilidad y qué componentes de última generación facilitarán la futura capacidad de expansión.

Un contratista experimentado también podrá ayudar en la elección de los proveedores. La experiencia con determinados tipos de productos en particular y con proveedores harán que el contratista pueda ayudarle al cliente a elegir productos que harán la instalación más rápida y fácil, y muchas veces productos que harán obtener un rendimiento superior y más confiable. Si el cliente elige componentes a los que el contratista no está acostumbrado, es importante que el contratista lo sepa en una etapa temprana del proceso para poder obtener el entrenamiento necesario, generalmente del fabricante, así como también aquellas herramientas especiales necesarias.

En general, el cliente no está familiarizado con la tecnología de la fibra óptica ni tiene tanta práctica como un contratista experimentado. El contratista quizás necesite discutir ciertas elecciones con el cliente cuando considere que otras alternativas son mejores.

El proceso real de instalación puede comprender mucho más que solo instalar cables, colocar terminales y probar la instalación. Si el contratista está informado y es experimentado, el usuario puede pedirle que compre, reciba, inspeccione y traiga los componentes al área de trabajo, lo que puede ser otra buena fuente de ingreso para el contratista. Al tener el control del proceso de los materiales también le simplifica la vida al contratista, quien podrá mantener su trabajo a tiempo, en lugar de depender del cliente, que tiene otras prioridades. Además, tendrá la libertad de elegir aquellos componentes con los que está más familiarizado, lo que facilita el proceso de instalación.

Los técnicos que de hecho realizarán la instalación deben estar entrenados y certificados por una organización como la Asociación de Fibra Óptica

(FOA, www.thefoa.org) y/o por los fabricantes de aquellos materiales que se instalarán. La certificación nos da un nivel de confianza de que los técnicos de la instalación son expertos y que tienen la preparación necesaria para el trabajo en cuestión.

Los últimos cuatro requisitos del contratista (comprobación, solución de problemas, documentación y restauración) deben ser discutidas incluso antes de comenzar el proyecto. Cada proyecto de fibra óptica requiere pruebas de pérdida de inserción de cada conexión con fuente de luz y un medidor de potencia o un equipo de comprobación de pérdida óptica de acuerdo con los estándares de la industria. Algunos proyectos, como por ejemplo largas conexiones con empalmes en planta externa, pueden necesitar también pruebas con OTDR (reflectómetros ópticos en el dominio del tiempo). El contratista y el cliente deben acordar que las pruebas incluyan la solución de problemas y su reparación, como también la documentación de los resultados de las pruebas de cada conexión.

Asimismo, para el contratista, la etapa de documentación debe comenzar antes de que el proyecto empiece, para que todos conozcan el alcance del trabajo, y finaliza cuando se ingresa la información de la prueba final. Si se desea, las copias de la documentación, junto con los componentes sobrantes de la instalación pueden entregarse al cliente para facilitar futuras restauraciones de la red.

El contrato

El contrato para la instalación de fibra óptica deberá incluir los requisitos detallados del proyecto, explicando exactamente qué se instalará, los resultados aceptables de las pruebas y la documentación que deberá suministrarse. El cliente y el contratista deberán discutir todo esto, y todo lo que acuerden deberá asentarse por escrito. No hay detalles irrelevantes, ya que todos son importantes para asegurar que el cliente reciba lo que desea y el contratista sabrá qué espera el cliente de él para el diseño de la red; calcular los costos, realizar la instalación y entregar la prueba de los resultados para demostrar que el trabajo está completo y que el pago debe realizarse.

La planificación del proyecto

Una vez que el contrato ha sido formalizado y ya se le han entregado al contratista una serie de planes, ¿cuál es el siguiente paso?, la primera tarea es planificar el trabajo. Una planificación adecuada es importante para asegurarse de que el trabajo sea instalado correctamente, a tiempo y dentro de los costos establecidos, para que el contratista pueda obtener ganancias.

Se supone que usted tiene un diseño terminado para el proyecto, que sabe donde se instalará cada cosa y cómo, y que tiene todos los requisitos especiales listos, como los permisos. Uno también puede

asumir que tiene una fecha de finalización del trabajo, y de ser posible, una razonable. Lo primero es hacer un cronograma, que será el eje central de todo el proceso de planificación.

Para hacer el cronograma de un trabajo, se necesita mucha información, la mayor parte de ésta se obtiene de los cálculos que se hicieron cuando se ofreció el trabajo. Cuando los compradores cotizan los componentes que se utilizarán en un trabajo, además de los precios, también reciben los plazos de entrega. Algunos de los artículos que se usan en los proyectos de fibra óptica son artículos de stock, como conectores, paneles de conexiones o cierres de empalme. Los cables si tendrán que ser por encargo.

Muchos cables de fibra óptica son hechos a medida, ya que dependen del tipo de cable, el número de fibras, el tipo de fibras y la codificación de colores. Los cables a medida generalmente son más económicos ya que no tienen fibras de más, por ejemplo, para especificaciones que no necesita; pero tienen más tiempo de espera ya que tienen que fabricarse desde cero. De todas formas, cuando especifique un cable de fibra óptica, siempre trate de tener algunas fibras de más, por si alguna se daña durante la instalación.

Un contratista astuto siempre trata de utilizar el mismo tipo de componentes en todos sus trabajos, para estar familiarizado no solo con el proceso de instalación sino también con los costos típicos (a saber, el número de conectores o empalmes que pasarán la prueba de una vez) y con los posibles problemas que pueden surgir.

Si los instaladores no están familiarizados con alguno de los componentes, deberán aprender cómo instalarlo correctamente, ya sea experimentando en su tiempo libre en la oficina o pidiéndole a los fabricantes que les enseñen. La necesidad de aprender también puede surgir cuando se requieren nuevos tipos de herramientas, como por ejemplo herramientas para instalar cables en planta externa o nuevos equipos de pruebas. El principio fundamental de la instalación es nunca llevar al trabajo un componente o una herramienta con el que no esté familiarizado, puesto que es una fórmula para el desastre.

Los compradores necesitan pedir los componentes cuando se ha conseguido el trabajo y organizar la entrega en el área de trabajo, ya sea para tener todo disponible antes de que comience la instalación, o en el caso de un trabajo grande con un cronograma más extenso, cuando se necesite, según cuánto lleve la instalación de ese componente. Aquí también se debe planificar dónde se entregarán los componentes, por ejemplo en un área de descarga en tu depósito o en el área de trabajo.

Aquellos componentes que se entregan en el área de trabajo pueden requerir seguridad. Los robos pueden ser un problema, en particular de los cables, ya que muchos ladrones piensan que todos los cables contienen cobre, y el precio del cobre hace que valga la pena robarlos. El vandalismo es otro problema, ya que requiere que los componentes estén guardados bajo llave o, si no pueden guardarse por ser muy grandes, como las bobinas de cable o subducto corrugado para fibra óptica, se necesitará seguridad en el lugar durante la noche.

Luego, uno debe programar el trabajo. De nuevo, los cálculos nos indicarán cuántos instaladores se necesitan, con cuánta experiencia deben contar y en cuánto tiempo se calcula que terminarán la instalación. Si se requiere alguna capacitación, deberá agregarse más tiempo al programa.

Una vez que el trabajo y los materiales están en el cronograma, la planificación está casi completa. Revise el cronograma con todas las personas involucradas para que empiecen a trabajar y comiencen los procesos, empezando con la adquisición de los materiales. Luego hay que agregar a la planificación una revisión de las normas de seguridad para los supervisores, instaladores y para todas aquellas personas que puedan estar en el área de trabajo. También deben agregarse notas para el guardado de todos los desechos de cables, conectores, etc. e informarle al usuario, por si se necesitan en una restauración futura.

Si la fecha de inicio del trabajo no es mañana (porque el cliente lo quería para ayer...) y usted tiene otros proyectos en el ínterin, controle diariamente este cronograma para ver si todo está en tiempo, para evitar sorpresas a último momento.

Lista de verificación para la instalación

La planificación de la instalación es una etapa crítica de cualquier proyecto, ya que involucra la coordinación de actividades de muchas personas y de empresas. La mejor forma de mantener todo en orden es mediante una lista de verificación basada en el diseño. La lista de verificación que se encuentra a continuación es amplia, pero cada proyecto tendrá requisitos únicos que deberán agregársele.

La lista de verificación antes de la instalación

- Punto de contacto principal/ director del proyecto elegido
- Requisitos para los enlaces de comunicaciones listos

- Requisitos de los equipos y de los componentes listos; proveedores elegidos
- Ruta del enlace elegida, permisos obtenidos
- Los componentes de la red de cables y los proveedores elegidos
- Coordinación con las instalaciones y con el personal de electricidad lista
- Documentación completa y lista para la instalación, planes preliminares de restauración listos
- Plan de pruebas completo
- Programa y fecha de inicio de la instalación establecidos, todas las personas involucradas notificadas
- Los componentes pedidos y la fecha de entrega coordinada; planes para recibir los materiales (hora, lugar), seguridad pedida en el caso de que éstos queden afuera o en el lugar de la obra
- Contratista/ instalador elegido y fecha de inicio coordinada
- Recorrido con el/los contratista/s por la ruta del enlace
- Revisión con el/los contratista/s de planos de la obra
- Revisión con el/los contratista/s de los componentes elegidos
- Revisión con el/los contratista/s del programa
- Revisión con el/los contratista/s de las normas de seguridad
- Revisión con el/los contratista/s de los materiales sobrantes que se guardarán para una restauración
- Revisión con el/los contratista/s del plan de pruebas

Antes de comenzar la instalación:

- Todos los permisos deben estar disponibles para una inspección
- Lugares preparados, con electricidad
- Todos los componentes en el lugar, inspeccionados, con seguridad las 24 hs, en caso de ser necesario
- Contratista disponible
- Personal pertinente notificado
- Normas de seguridad pegadas en el/los lugar/es de trabajo y revisadas con todos los supervisores y el personal de instalación

Durante la instalación:

- Vigilar la calidad del trabajo en todo momento
- Revisión diaria del proceso, del progreso y de la información de las pruebas
- Notificación inmediata y solución de problemas, faltas, etc.

Al completar la instalación del cableado:

- Vigilar la calidad del trabajo
- Revisar la información de las pruebas del cableado
- Montar y probar el sistema de comunicaciones
- Actualizar y completar la documentación
- Actualizar y completar el plan de restauración
- Guardar el plan de restauración, la documentación, los componentes, etc.

Preparación para la instalación de la fibra óptica en planta interna



Antes de comenzar la instalación de los cables de fibra óptica y del hardware en el lugar. Éste último debe estar adecuadamente preparado para la instalación de los cables de fibra óptica, del hardware y del equipo de transmisión. Durante las etapas de diseño y planificación, el lugar debe haber sido inspeccionado, y todo el hardware necesario para el cableado debe estar incluido en el diseño.

Estructuras de apoyo del lugar



Hay tantos tipos de estructuras para amarrar los cables de fibra óptica en el lugar de instalación que es difícil hacer generalizaciones. Los cables pueden colgarse en ganchos, apoyarse en bandejas para cables o instalarse en conductos subterráneos o subductos corrugados. Las terminaciones de los cables pueden estar en racks dentro de una sala de telecomunicaciones, en cajas de terminación o incluso en enchufes de pared. La preparación para la instalación incluye la planificación del almacenamiento del cable de servicio en forma de bucle detrás de los racks, como aquí se muestra.

Deben instalarse estructuras de apoyo para las instalaciones de fibra óptica antes de la instalación del cable. Estas estructuras deben ajustarse a las pautas de las normas adecuadas, tales como las normas TIA/EIA 569-A y las NECA/BICSI 568-2001. Además, al determinar el tamaño de las vías deberá tenerse en cuenta

un espacio para un futuro aumento en la cantidad de cables o en el tamaño de los mismos. Deben seguirse todos los requisitos del radio de curvatura de los cables y, si es posible, evitar tender los cables en lugares peligrosos.

Algunas veces se pueden instalar cables en bandejas existentes. No se debe tender el cable de fibra óptica en un conducto subterráneo o subducto que ya tiene cables, sin importar de qué tipo sean éstos, para evitar daños. Los conductos vacíos, sean nuevos o no, pueden ser modificados para recibir distintas instalaciones mediante la instalación adecuada de subductos corrugados.

Entre las estructuras de apoyo para las instalaciones de planta interna también se incluyen los paneles de conexiones para las terminaciones. Éstos pueden ser cajas o racks para montaje, que deben ser correctamente elegidos según el tipo de cable utilizado. La terminación de los cables simplex o dúplex (*zipcord*) puede realizarse en paneles abiertos, pero las fibras de 900 micrones de estructura ajustada de los cables de distribución deben estar en paneles cerrados para estar protegidas. Si es posible, el diseño de las estructuras de soporte debe ser de forma tal que brinde espacio para la terminación de los cables y para el almacenamiento del cable de servicio en forma de bucle.

Corta fuego



Los cableados en planta interna requieren sistemas corta fuegos en cada uno de los ingresos de los cables en las paredes y techos. Además, los sistemas corta fuegos para las telecomunicaciones deben cumplir con las normas y estándares

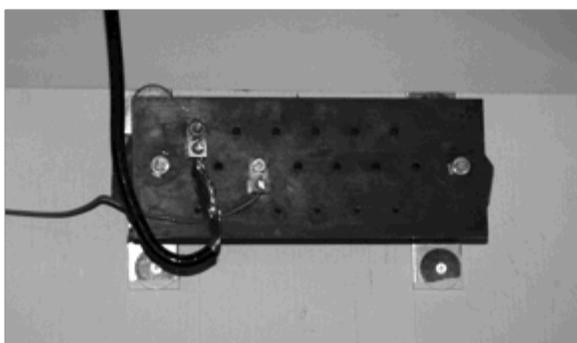
aplicables. Todos los ingresos deben estar protegidos con sistemas corta fuegos aprobados.

En la mayoría de los lugares, una rotura de una separación contra incendios requerirá supervisión física hasta que sea reparada. Consulte con su “Autoridad Competente” los requisitos específicos del proyecto antes de comenzar a trabajar.

Sistemas eléctricos

Todos los equipos de fibra óptica necesitarán electricidad en el lugar donde estén ubicados. La electricidad debe ser de alta calidad, debe tener protecciones contra sobretensiones y picos y, generalmente, debe tener una capacidad de reserva para prevenir la pérdida de las comunicaciones durante un corte de luz. Los equipos de datos requieren una conexión a tierra separada y una alimentación eléctrica adecuada para el aire acondicionado durante todo el año. Debe prestarse atención a la refrigeración para reducir el consumo de energía. Consulte con el dueño del lugar, el cliente y el personal pertinente para planear la instalación eléctrica.

Puesta a tierra y conexión equipontencial



Todos los cables y componentes conductores deben estar debidamente conectados a una puesta a tierra. Las conexiones a tierra deben estar diseñadas de acuerdo con el Código Nacional de Electricidad (NEC) u otros códigos o estándares aplicables. A pesar de que la mayoría de los cables de fibra óptica no son conductores, cualquier hardware metálico utilizado en los sistemas de cableado de fibra óptica (como las cajas terminales de pared, los racks y los paneles de conexiones) debe tener conexión a tierra. Todos los cables conductores deben tener conexión a tierra y estar fijados a los conductores correspondientes.

Marcado e identificación de cables

Los cables de fibra óptica deben tener las chaquetas de colores de acuerdo con los estándares de la industria, para poder identificar los cables de fibra óptica y para indicar el tipo de fibra dentro del cable. Todas las terminaciones de los cables de fibra óptica deben estar marcadas en los racks o cajas donde el termina cable. Los cables deben tener una etiqueta para que se identifique que son cables de fibra óptica y que se requiere un manejo apropiado.

Debe tenerse mayor cuidado en el caso de actualizaciones de red en planta interna. Durante casi dos décadas, la fibra multimodo 62.5/125 fue la más utilizada para los cableados. Con el surgimiento de las redes gigabit, se hizo más popular la fibra 50/125 optimizada para láser. Si se mezclan ambas fibras, el resultado puede ser una pérdida excesiva en la comunicación, lo que hace que los sistemas no operen correctamente. Siempre que sea posible, deben utilizarse las cubiertas de colores, el marcado e incluso la utilización de conectores no compatibles SC o ST con fibra de 62.5/125 y LC con fibra de 50/125).

Eliminación de cables abandonados

Salvo indicación del dueño o de otro organismo de que los cables sin utilizar se reservan para ser utilizados en el futuro y los cables se marcan de acuerdo con esto, es necesario retirar los cables abandonados de fibra óptica (cable que termina con un conector y no en otro equipo, y que no tiene identificación con una etiqueta para su utilización futura) como requiere el Código Nacional de Electricidad (NEC) o los códigos locales.

A elección del dueño del lugar, se le pedirá además al contratista que retire otros cables (por ejemplo de comunicaciones de cobre o de electricidad). El retiro de los cables consume más tiempo que la instalación, ya que cada cable debe ser identificado y retirado cuidadosamente para no dañar otros cables. Ningún cable debe ser cortado para ser retirado salvo que haya sido debidamente identificado como aquel cable que debe retirarse.

Todos los cables deben ser reciclados adecuadamente. La mayoría de los cables de comunicaciones tienen valor como chatarra, no solo por los conductores de cobre sino también por otros elementos metálicos, incluso por algunos plásticos.

Preparación para la instalación en planta externa



Las instalaciones de fibra óptica en planta externa (OSP) pueden ser muy diferentes a las instalaciones internas. Las instalaciones en planta externa pueden

incluir la instalación de cables aéreos, de cables directamente enterrados, de cables en conductos o subductos corrugados, o el tendido de cable submarino. Una misma conexión puede incluso comprender varios tipos de instalación, por ejemplo aérea en una sección, la colocación de un conducto subterráneo en un cruce de un puente y el resto del cable enterrado.

Los cables pueden terminar al entrar a un edificio, o en la punta de un poste donde se encuentran las cámaras de seguridad o los puntos de acceso a una red inalámbrica. Los empalmes, donde los cables se concatenan, pueden ubicarse en pedestales, enterrarse bajo tierra o colgar de cierres de empalme aéreas.

La diversidad de las instalaciones en planta externa hace que sea muy importante que el contratista conozca adecuadamente la ruta del cable a instalarse. Así como el estimador debe recorrer la ruta antes de comenzar el proceso de estimación, el contratista necesita ver por sí mismo las situaciones reales con las que se encontrará. Dicha inspección le permite determinar qué problemas encontrará, qué equipo especial necesitará e incluso verificar dos veces que todos los permisos necesarios estén en orden. El tendido de cables largos a través de conductos subterráneos puede requerir el uso de lubricantes o una tracción intermedia que los instaladores deben conocer para evitar pliegues del cable óptico figura 8.

Comunicarse antes de excavar



Esa vieja historia de que la falla más común de los sistemas de telecomunicaciones de fibra óptica es causada por una retroexcavadora que corta los cables no es una broma. Nos recuerda que el cavar de forma segura es extremadamente importante. El riesgo que se corre no es solo interrumpir las telecomunicaciones, sino también el riesgo de vida que significa cavar donde hay cables de alta tensión o tuberías de gas. Hay numerosos servicios que mantienen bases de datos con la ubicación de los servicios bajo tierra, que deben ser

contactados antes de cualquier excavación, pero el mapeo de éstos debe hacerse en la etapa de diseño y verificarse de nuevo antes de comenzar a cavar, para asegurar que se cuenta con la información más reciente.

Hardware y equipamiento

Las instalaciones en planta externa pueden requerir la instalación de estructuras de apoyo antes de que pueda comenzar la instalación de los cables. Los nuevos conductos o subductos corrugados pueden requerir ser enterrados o aquellos conductos existentes pueden necesitar verificación, retiro de los cables viejos y la instalación de los nuevos subductos corrugados. Incluso algunos cables enterrados pueden necesitar la instalación de alcantarillas o de bóvedas de ambiente controlado para los equipos, así como también de conductos.

El contratista no solo debe considerar todo el hardware que necesitará instalar, sino también debe programar el equipo especial necesario: zanjadoras o remolques, retroexcavadoras, camiones con grúa, tiradores de cable, etc. y debe asegurarse también de que el personal esté bien entrenado para utilizarlo.

Empalmado de cables

Una vez que la infraestructura está en su lugar y los cables han sido instalados, comienza el trabajo con la fibra óptica. En esta etapa lo importante es programar la disponibilidad de los equipos apropiados para la fibra óptica. Si el empalme se realiza en el exterior, normalmente se utiliza una bandeja de empalmes, salvo que los empalmes se hagan en un poste o en una cesta. En ese caso se necesitará una carpa si hay malas condiciones meteorológicas.

Si hay empalmes, significa que cada empalme deberá ser verificado mediante una prueba con OTDR. Preferentemente y para que sea eficiente, la prueba deberá realizarse cada vez que se hace un empalme, mientras que la persona que realiza el empalme está en el área de trabajo en el otro extremo del cable hay un técnico para pruebas OTDR para verificar cada empalme. Las máquinas para empalmar fibra óptica dan un estimado de las pérdidas por empalme, pero es sólo eso, una estimación, y tener que volver a abrir la caja de empalmes para volver a empalmar es una opción más costosa.

Debe asegurarse que cada fibra esté cuidadosamente ubicada en la caja de empalmes para evitar daños y la caja debe ser sellada cuidadosamente para evitar su degradación a largo plazo. Finalmente, como siempre les advertimos a los que realizan empalmes, la identificación adecuada de las fibras dentro de la caja hará su identificación mucho más simple si en el futuro un problema requiere el ingreso nuevamente a la misma.

Terminación



Los cables terminan dentro de instalaciones donde se conectan con equipos de telecomunicaciones. En general, los cables de planta externa no cumplen con los requisitos de inflamabilidad establecidos por el NEC, por lo que el cable que ingresa a un edificio debe terminar en cables de interior, o ser empalmado a cables de interior apenas ingresa, por lo general, dentro de los 16 metros para cumplir con los códigos contra incendios. Algunos cables de planta externa tienen doble revestimiento, uno exterior para exteriores y uno interior para uso interior, por lo que la exterior puede retirarse para su utilización dentro del edificio y que el cable llegue a la sala de equipos. Aquellos cables que terminan en pedestales o bóvedas no tienen este requisito.

En general, los cables monomodo de planta externa terminan en cables de fibra conectorizados (pigtailes) y los empalmes se instalan en una caja de empalmes. Las fibras multimodo pueden manipularse del mismo modo o terminar directamente en las fibras. Casi todos los cables de planta externa requieren la instalación de un kit para proteger la terminación de la fibra (breakout kit) que viste cada fibra óptica con un tubo lo suficientemente resistente como para una terminación directa.

Provisión de equipos para el personal de instalación

Provisión de herramientas para el instalador

Cuando se acerca la hora de la instalación, es hora de decidir como equipar al personal que realizará el trabajo. Elegir los equipos para la instalación y las pruebas es importante, ya que afectará el tiempo que tomará la instalación y la calidad de la misma, e incluso determinará la rentabilidad del trabajo. La frecuencia con la que aparecen problemas ocasionados por las herramientas es impactante: por su diseño deficiente, por su uso incorrecto, por el mal estado o por la falta de familiaridad con su uso.

Las herramientas para la instalación incluyen algunas de gran tamaño como camiones grúa, zanjadoras, tiradores de cable o remolques. En la etapa de planificación se determinará si se necesitan estas herramientas. Muchos contratistas no cuentan con equipos costosos como éstos, por lo que es más rentable alquilarlos a medida en que sean necesarios. Si su personal no está familiarizado con un equipo en particular, será más rentable delegarle el trabajo a alguien que tenga el equipo y el personal calificado, ya que los errores en la operación del equipo serían desastrosos (ambos, costosos y peligrosos).

Los cables de planta externa y los cables monomodo para una instalación interna generalmente requieren de empalmes por fusión para la concatenación de tendidos de cable largas y de cables de fibra conectorizados (*pigtails*) para su terminación. Como los empalmes por fusión son ahora más económicos, muchos contratistas los han adquirido. Aquellos contratistas que tienen pocos proyectos que requieran empalmes prefieren alquilarlos, porque así saben que obtienen el modelo más nuevo con la última tecnología. La desventaja de alquilar el equipo es que sus instaladores pueden no estar familiarizados con cierto modelo y necesitarán entrenamiento o tiempo para familiarizarse con él. Si cuenta con su propio equipo, se supone que su personal está familiarizado con su utilización y solo necesitan inspeccionarlo para asegurarse de que está funcionando correctamente y que los arcos de electrodos están en buenas condiciones.

Los contratistas suelen tener equipos de terminación para fibra multimodo, ya que es la que se utiliza en la mayoría de los trabajos. Generalmente los contratistas tienen un método de terminación preferido, ya sea del tipo adhesivo o pulido, o conectores prepulido. Cualquiera de los dos métodos requiere poseer juegos de herramientas especiales. Para los conectores epóxicos o *Hot Melt* se necesita un horno asequible, pero ambos son diferentes, el horno *Hot Melt* trabaja a mayor temperatura. Si utiliza epóxicos o adhesivos anaeróbicos que ya tiene, verifique la fecha de vencimiento, para asegurarse de que aún sean puedan utilizar. También verifique otros insumos como bayetas, alcohol isopropílico, gel limpiador para cables y, por supuesto, los conectores.

Los conectores prepulidos han mejorado y son más fáciles de usar. Los kits de terminación más modernos incluyen una cortadora de precisión como las que se utilizan con las fusionadora y un localizador visual de fallos para verificar el empalme interno. Como los nuevos kits ahora pueden producir conectores que tienen menos pérdidas, de alrededor de 0.5 dB, la adquisición de un nuevo kit con los conectores más modernos y quizás un poco de entrenamiento serían una buena inversión.

Al verificar los kits de terminación, hay que prestar particular atención al estado de las herramientas. Por supuesto que aquellas herramientas faltantes requerirán su reposición, pero con suerte esto debe haber sido realizado al finalizar el último trabajo, al realizar la verificación. De todas formas, las herramientas como las

peladoras de cable, las peladoras de fibra o las cortadoras de precisión pueden gastarse o dañarse, por eso es importante verificar su correcto funcionamiento con algunas fibras de muestra.

Es obligatorio verificar cada pieza del equipo que se pretende llevar al área de trabajo para asegurar su correcto funcionamiento y permitirle al personal de instalación que se familiarice de nuevo con su funcionamiento. Este proceso debe llevarse a cabo con tiempo suficiente, para poder llevar a reparar o reemplazar la pieza o reponer otros insumos. También es evidente que jamás debe guardarse un equipo que ha tenido problemas en el área de trabajo. Lo que debe hacerse es reponerlo o enviarlo a reparar para que esté listo para el próximo trabajo.

Hay que mencionar otro problema que se ha observado últimamente con las herramientas. Ha habido quejas recientes sobre la mala calidad de las herramientas, en especial de las cortadoras de fibras, lo que nos lleva a pensar que se están haciendo muy comunes las importaciones de herramientas de baja calidad. En un caso, las herramientas parecían ser falsas, pero con la marca de una empresa estadounidense muy conocida. Sugerimos adquirir las herramientas en lugares confiables e inspeccionarlas al recibirlas para asegurarse de que funcionen correctamente.

Por último, una vez que el equipo ha sido verificado y está listo para ser utilizado, asegúrese de que esté junto con el equipo de seguridad apropiado. Cualquier persona que trabaje con fibras necesita gafas de seguridad limpias y sin rayones ayudarán a ver los finos hilos de fibra más fácilmente. Un paño de trabajo negro para los empalmes y las terminaciones también ayuda a ver las fibras y a encontrar los restos de fibra para una limpieza más fácil.

Provisión de equipos de prueba para el instalador

Los instaladores también necesitan equipos de prueba. Hay muchas opciones de equipos de prueba según la complejidad y el costo. Una buena elección puede reducir el costo de los equipos y el costo de los trabajos de pruebas. El tipo y la cantidad de equipos de prueba necesarios dependerán del tipo de trabajo.

Todos los técnicos de la instalación deben tener un trazador visual de continuidad o un localizador visual de fallos. El trazador es una fuente de luz, una linterna o fuente LED que se utiliza con las fibras multimodo para verificar la continuidad y para asegurar que no haya conectores defectuosos. Un localizador visual de fallos es un láser de alta potencia que puede utilizarse con fibras monomodo o multimodo, pero también permite encontrar otros fallos como roturas en la mayoría de los cables simplex o dúplex (*zipcord*) o fibras planas. Los trazadores visuales o los localizadores de fallos no son muy costosos pero son invaluable durante los procesos de instalación y de solución de problemas.

Cada una de las fibras de una red de cables requiere pruebas de pérdida con una fuente de luz y un medidor de potencia, también llamado equipo de comprobación de pérdida óptica (OLTS). El OLTS confirmará que la fibra fue instalada y las terminales colocadas correctamente, mediante la prueba de pérdidas punto a punto y mediante la comparación con la pérdida estimada en el cálculo de pérdida óptica estimada realizado durante la etapa del diseño. Los trabajos grandes requerirán más de un equipo para terminar a tiempo. Los equipos de pruebas de pérdidas están disponibles en diferentes versiones, como un equipo que se vende como un kit de prueba que trae una fuente de luz y un medidor de potencia por separado; un OLTS que es un único instrumento que incluye ambos, la fuente de luz y el medidor de potencia; o módulos para transformar los equipos para pruebas sobre redes de cobre en OLTS. La fuente de luz y el medidor de potencia por separado siempre son la solución más económica, en especial en el caso de trabajos pequeños, ya que se pueden llevar por separado, llevando un técnico uno y otro técnico el otro, uno a cada extremo del cable que debe probarse. Si se utiliza un OLTS, se necesitan dos técnicos para probar un cable de punto a punto, pero pueden probarse dos fibras al mismo tiempo, ahorrando costos de trabajo. Los adaptadores OLTS para los equipos de comprobación de redes de cobre no son económicos, pero se puede aprovechar el manejo de datos de estos costosos equipos para la elaboración de informes detallados. Los contratistas suelen elegir estos adaptadores si ya invirtieron en un equipo de comprobación para redes de cobre.

Cada equipo de comprobación de pérdida necesita cables de referencia de prueba. Estos son cables de conexión (*patchcord*) de fibra óptica de 1 o 2 metros de longitud del mismo tamaño de la fibra y con el mismo tipo de conectores de los cables que se están probando. Los cables de referencia no necesitan ser cables

especiales, tan solo deben ser cables que hayan sido probados y que tengan poca pérdida. Unos cables de conexión (*patchcord*) defectuosos darán malos resultados, ocasionando que buenas fibras no pasen las pruebas. Los cables de referencia deben probarse frecuentemente para asegurarse de que continúan en buenas condiciones y que tienen poca pérdida. Tiene mucho sentido que cada equipo de prueba tenga varios juegos de cables de referencia, ya que estos se gastan o se dañan y necesitan reposición.

Los cables largos con empalmes intermedios de planta externa requieren pruebas con OTDR. Los OTDR son buenas herramientas para la solución de problemas en el caso de cables largos en planta externa, pero no están diseñados para ser utilizados en tramos cortos de cable como los de las instalaciones internas. Los OTDR son instrumentos costosos y complejos. Salvo que sean utilizados con frecuencia, no se justifica su costo. Aquellos usuarios que no están familiarizados con las particularidades de interpretar la información de los OTDR pueden causar muchos problemas, reprobando cables buenos y aprobando cables malos, generalmente con consecuencias costosas. Los OTDR pueden alquilarse, pero considerando la cantidad de problemas que observamos que los usuarios sin experiencia causan, delegar las pruebas con el OTDR a un contratista experimentado puede ser un acierto.

Los OTDR también necesitan cables de referencia, en especial un cable largo de lanzamiento, lo suficientemente largo para permitirle al OTDR estabilizarse de la sobrecarga causada por el impulso de la prueba. Para la fibra monomodo se recomienda un cable de lanzamiento de 1 kilómetro. Cien metros es lo adecuado para la mayoría de las pruebas OTDR en fibra multimodo. Algunos estándares nuevos requieren un cable en el otro extremo del cable bajo prueba para permitir probar el conector del extremo opuesto, para lo que 100 metros de cable normalmente alcanzan.

Lo que se debe tener presente de los equipos de prueba es que se debe saber cómo utilizarlos y siempre se los debe verificar antes de llevarlos al área de trabajo. Deben cambiarse o cargarse las baterías, probar los cables de referencia y, lo más importante, el usuario debe tomarse algunos minutos para refrescar su memoria sobre cómo se utiliza el instrumento. El área de trabajo no es el lugar para descubrir que el equipo no está listo para utilizarse.

Capacitación y seguridad

Capacitación en fibra óptica

La regla número uno de la instalación de fibra óptica es nunca jamás tratar de instalar un tipo nuevo de componente o iniciar una nueva aplicación sin la capacitación adecuada. El no tener el conocimiento o las facultades relacionadas con ese componente o esa aplicación torna imposible la posibilidad de asegurar el éxito del trabajo y los trabajos pueden ser muy costosos. En la FOA conocemos

muchos ejemplos de instalaciones que salieron mal y tuvieron lamentables consecuencias.

Nadie puede saberlo todo o tomar todos los cursos de capacitación posibles para cubrir todos los aspectos de la fibra óptica, todos los tipos de componentes y de aplicaciones. De todas formas, la tecnología avanza constantemente, lo que torna importante el continuar adquiriendo conocimientos de todas las fuentes disponibles. Muchos de los conocimientos técnicos necesarios pueden obtenerse de sitios web como la guía de referencia en línea de la FOA, ¿pero qué sucede con las habilidades necesarias para trabajar con los componentes para la instalación, solución de problemas y restauraciones de la fibra óptica? Estas habilidades solo se pueden adquirir mediante capacitación y práctica.

Obtener más capacitación

¿Qué tipo de capacitación es necesaria para triunfar como un contratista de fibra óptica o instalador y dónde puede obtenerse? Hay muchas opciones para obtener más capacitación, pero lo primero que debe hacer es decidir cuáles son sus necesidades, que capacitación debe incluir y quién puede brindarla. Como regla general, toda la capacitación sobre fibra óptica que está destinada a instaladores debe incluir suficientes actividades prácticas con el equipo, las herramientas y los componentes pertinentes, para que el estudiante desarrolle las habilidades necesarias para dicha actividad.

Los técnicos en fibra óptica con algo de experiencia generalmente pueden aprender cómo instalar muchos de los tipos nuevos de componentes o cómo operar equipos nuevos sin ayuda. En el sitio web de la FOA y de muchos fabricantes hay tutoriales de muchos de los temas de instalación, como también están los tutoriales de la FOA de “prácticas virtuales” (VHO, por sus siglas en inglés) con guías paso por paso. La mayoría de los fabricantes tienen buenas instrucciones y muchas veces tutoriales en línea para ayudar. Si cuenta con las herramientas adecuadas y la información sobre las aplicaciones, un técnico astuto debe ser capaz de aprender nuevos procesos en poco tiempo. El secreto es hacerlo en una oficina tranquila y limpia antes de probarlo en el lugar de trabajo de un cliente, ¡con él vigilando!

Algunas veces es mejor hacer un curso. Muchos institutos aprobados por la FOA ofrecen cursos avanzados o especiales en terminación, empalmado, prueba, fibra hasta el hogar, etc., que ofrecen varios días de entrenamiento intensivo, para preparar herramientas, equipo e insumos, como también ofrecen instructores que están familiarizados con los procesos que enseñan. Los fabricantes también ofrecen capacitación para determinados productos, pero uno debería intentar obtener capacitación de ingenieros de aplicaciones, no del personal de ventas, quienes no poseen los conocimientos necesarios para capacitar adecuadamente a instaladores.

Aprender cómo se instalan componentes nuevos

Hay cientos de diferentes componentes de fibra óptica que los fabricantes han desarrollado para aplicaciones específicas o para simplificarle el trabajo al instalador. Muchos de estos componentes solo los hace un fabricante, por lo que pueden requerir herramientas y procesos de instalación especiales. Algunos ejemplos son los conectores de empalmes prepulidos como los de Corning Unicam, los conectores 3M *HotMelt* de fusión en caliente, los cierres de empalmes, todos los cables dieléctricos autosoportados, los cables a tierra de fibra óptica (OPGW), los sistemas de cables prefabricados, etc.

Uno debería capacitarse directamente con el fabricante, salvo que un instructor independiente ya haya sido capacitado, el fabricante lo recomiende y cuente con las herramientas y los componentes apropiados para enseñar los procesos necesarios. Algunos fabricantes ofrecen cursos cortos introductorios de los productos nuevos que incluyen algunas prácticas. Esta capacitación puede ser ideal para aquellas personas interesadas en aprender más sobre ese producto antes de comenzar a comprar todas las herramientas y componentes necesarios para utilizarlo. Luego de adquirirlos, puede continuarse con una capacitación más completa.

Aprender cómo se utilizan equipos nuevos

Parte del equipo necesario para la instalación de la fibra óptica es complejo y puede ser difícil aprender cómo utilizarlo sin la capacitación adecuada sobre ese equipo en particular. Algunos ejemplos son las fusionadoras automáticas, en especial las fusionadoras para fibras tipo cinta (*ribbon*), los tiradores de cable o remolques y los OTDR.

Algunos de estos equipos son bastante complicados y tienen otros equipos periféricos que deben utilizarse en conjunto para lograr los resultados esperados. Las fusionadoras para fibra tipo cinta (*ribbon*), por ejemplo, usan cinta de impresión y cortadoras de precisión, ambas imprescindibles para lograr empalmes de calidad. Todas las fusionadoras automáticas tienen características de programación únicas, por lo que uno tiene que aprender cómo operar la fusionadora y también cómo hacer empalmes utilizándola.

Los OTDR también son dispositivos complejos y aprender a utilizarlos abarca dos fases: aprender cómo operar el OTDR con todas sus opciones y aprender cómo interpretar la información que requiere probar una fibra (llamada trazado o firma gráfica). A pesar de que todos los fabricantes de OTDR ofrecen opciones de “comprobación automática”, uno no puede confiar en estas en todos los usos, ya que pueden confundirse con efectos “fantasmas” no deseados. El usuario siempre debe verificar manualmente el trazo del OTDR para sacar las conclusiones adecuadas del informe de la prueba.

Uno debe capacitarse sobre el tipo y modelo de equipo de interés en cuestión, ya que cada fabricante produce diferentes productos o diferentes modelos que pueden tener características únicas. Para ser eficaz, la capacitación debe incluir dos etapas: cómo montar y operar el equipo y cómo completar los procesos para los que está destinado. En general, los fabricantes que dan capacitación para el uso de estos productos y los instructores independientes utilizan el mismo equipo o están dispuestos a capacitarlo utilizando su equipo si usted ya lo ha comprado.

Aprender sobre nuevas aplicaciones

Algo que señalamos siempre es que hay muchas aplicaciones diferentes para la fibra óptica y que hay diferencias importantes en su diseño, instalación y prueba. Por ejemplo, los técnicos en las planta externa siempre efectúan las terminaciones con cables de fibra conectorizados (*pigtails*) de fabricación industrial, mientras que los técnicos en instalaciones internas realizan las terminaciones directamente en las fibras con adhesivo o pulido, o con conectores prepulido. Los técnicos FTTx solo utilizan cables preensamblados. Aquellos técnicos que cambien de una aplicación a la otra, además de capacitación, necesitarán capacitación en el lugar de trabajo para entender la aplicación y desarrollar las habilidades necesarias.

Cómo encontrar la capacitación adecuada

Lo que sea que le interese, asegúrese que los cursos que tome sean adecuados para sus intereses, de lo contrario serán una pérdida de dinero y de tiempo. A continuación proponemos unas opciones para considerar:

¿Puede aprenderlo usted mismo? Algunos aprendemos mejor por nuestra cuenta. ¿Hay información disponible sobre el tema, por ejemplo en la guía de referencia en línea sobre fibra óptica de la FOA? Hay buenos videos que pueden ayudar también, en especial aquellos con temas prácticos como el tendido de cable y terminación. ¿Puede conseguir las herramientas y los componentes correctos que deben utilizarse para desarrollar las habilidades necesarias? ¿Hay alguien a quien puede acudir por ayuda?

¿El fabricante ofrece capacitación? ¿Ésta cubre lo que necesita saber? ¿Ésta ofrece mucha práctica con el equipo y los componentes? ¿Usted obtendrá una certificación como instalador aprobado por parte de dicho fabricante? La certificación puede ayudarlo a conseguir negocios con clientes de ese fabricante.

¿Hay en su zona instructores independientes como los institutos aprobados por la FOA? ¿Ésta cubre lo que usted necesita saber? El instructor, ¿posee la última versión del equipo necesario para la capacitación? ¿Usted recibirá capacitación sobre sus equipos? ¿Tiene el instructor experiencia y conoce los productos y la

tecnología? ¿Puede el instructor ofrecer la certificación del fabricante, así como otras certificaciones?

¿En qué lugar se ofrece la capacitación? Los costos de transporte pueden aumentar significativamente los costos de la capacitación.

Recuerde que las instituciones aprobadas por la FOA suelen ofrecer otros tipos de clases y no solamente las de Técnico Certificado de Fibra Óptica (CFOT, por sus siglas en inglés). Para más información, consulte en su institución aprobada por la FOA o en la lista en línea de las instituciones aprobadas por la FOA.

La seguridad al trabajar con la fibra óptica



Seguridad

La seguridad en la planta externa es una cuestión muy importante, más allá de los problemas más usuales de la fibra como proteger los ojos de los fragmentos de fibra o trabajar con químicos potencialmente peligrosos. La ruta debe despejarse llamando primero a los servicios pertinentes para asegurarse de que no hay cables o tuberías enterrados en la ruta prevista. Los instaladores que trabajan con maquinaria que instala cables necesitan ser capacitados para operarlas de forma segura. Las instalaciones aéreas son particularmente peligrosas, ya que los postes generalmente tienen cables eléctricos cerca. Cada trabajo en planta externa debe tener los procedimientos de seguridad publicados y todo el personal debe estar informado sobre cómo proceder.

La seguridad en el laboratorio o en el área de trabajo debe ser la prioridad de todos. Además de las cuestiones de seguridad comunes para una construcción, que están reguladas en los Derechos del Empleado en el Lugar de Trabajo (OSHA, por sus siglas en inglés), que deberían conocer todos los contratistas e instaladores, los trabajos con fibra óptica incluyen la seguridad ocular, los químicos, las chispas provocadas por los empalmes por fusión, la eliminación de los

fragmentos de fibra y otras cuestiones más. Antes de comenzar una instalación, las normas de seguridad deberían ser pegadas en la pared del salón de clases, la pared del laboratorio y en el área de trabajo, y deben revisarse junto con el personal que esté en el área de trabajo. Además de la ropa de seguridad para la construcción, todo el personal debe usar protección para los ojos cuando esté trabajando con fibras.

Seguridad ocular

Muchas personas piensan que lo más peligroso de trabajar con la fibra óptica es la posibilidad de lastimarse los ojos con la luz láser en la fibra. Parece que confunden la fibra óptica para comunicaciones con la fibra óptica acoplada para láser de alta potencia utilizada para cortar metal, para que el doctor quemé verrugas o quizás hayan visto muchas películas de ciencia ficción.

De hecho, la mayoría de los sistemas de fibra óptica no tienen la potencia necesaria para causar daño alguno a sus ojos. Además, la luz que proviene de una fibra se expande, por lo que, más lejos usted está del final de la fibra, menor es la exposición. Dicho esto, considérese advertido. En los últimos tiempos, algunos sistemas de fibra óptica tienen la potencia suficiente para ser peligrosos, y algunas técnicas de inspección de la fibra óptica que se utilizan en los sistemas operativos pueden aumentar la posibilidad de sufrir daños. De todas formas, éste no es el mayor peligro que los instaladores enfrentan.

La clave para entender el problema de la electricidad es entender los niveles de potencia, la longitud de onda y la naturaleza de la transmisión de la luz en la fibra óptica.

Los sistemas de láser médico de fibra óptica utilizados para cirugías y los sistemas de láser mecanizados tienen la potencia suficiente para causar daño en los ojos, como también para quemar verrugas o producir algunos tipos de materiales. Estos sistemas usan láser de alta potencia, en general láser de CO₂, que emite radiaciones en una longitud de onda que es de calor en lugar de luz, de alrededor de una longitud de onda de 10 micrones. Esta longitud de onda es rápidamente absorbida por los materiales y los calienta rápidamente, cortándolos de forma fácil.

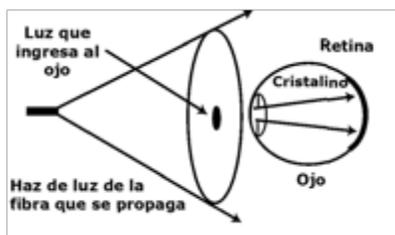
Los sistemas de comunicaciones de fibra óptica utilizan mucha menos potencia. En primer lugar, la mayoría de las fuentes utilizadas en la fibra óptica están controladas en una velocidad de modulación ajustada, no a máxima potencia. Los cableados internos con fibra multimodo y fuentes LED tienen niveles de potencia bajos, demasiado bajos como para ser peligrosos. Las conexiones internas de alta velocidad utilizan láser de

cavidad vertical y emisión superficial (VCSEL), que todavía tienen niveles de potencia bajos y en general no son dañinos. La mayoría de las empresas de telecomunicaciones utilizan conexiones láser con niveles de potencia un poco mayores que los VCSEL.

Hay dos tipos de conexiones que tienen alta potencia, de hasta 100 veces más que otros sistemas de telecomunicaciones, que son la de televisión por cable o conexiones de video a 1550 nm y las conexiones de telecomunicaciones de larga distancia que utilizan DWDM (multiplexación por división de longitud de onda densa). Las conexiones de televisión por cable o conexiones de video utilizadas en la fibra hasta el hogar (FTTH – leer más) pueden utilizar amplificadores (leer más) que aumentan la potencia a niveles realmente altos, potencialmente peligrosos para los ojos. Las conexiones DWDM de telecomunicaciones se utilizan en conexiones de muy larga distancia (leer más). No sólo utilizan amplificadores de fibra para aumentar la potencia, sino que también tienen muchas señales diferentes operando a distintas longitudes de onda en una misma fibra monomodo. Cualquier longitud de onda no sería un problema, pero la suma de 16, 32 o 64 longitudes de onda individuales pueden ser muy potentes.

El siguiente problema es enfocar la luz de una fibra en su ojo. La luz dentro de una fibra óptica se propaga en forma de cono, cuyo ángulo se define por las características de la transmisión de la fibra determinadas por la apertura numérica. A medida que su ojo se aleja del final de la fibra, la cantidad de radiación que recibe es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia; es decir, al doble de distancia, se disminuye la potencia en 1/4, diez veces la distancia reduce la potencia al 1%. No debe estar tan lejos para reducir los niveles de potencia a niveles bajos no dañinos.

Como el haz de luz que sale de la fibra óptica lo hace de forma cónica, el ojo no puede enfocarlo en la retina. Esto no sucede con el típico láser de laboratorio o el puntero láser, que emiten un haz de luz angosto y dirigido, que no se propaga; un haz que puede fácilmente el ojo enfocar en la retina y causar una ceguera temporal.



Por último, tenemos la cuestión de la longitud de onda. El ojo no puede ver muchas de las longitudes de onda utilizadas en la fibra óptica ya que el ojo es sensible a la luz en las regiones visibles de azul a roja del espectro, mientras que el sistema la fibra óptica trabaja en el infrarrojo. El líquido del ojo, que es mayormente agua, absorbe en gran cantidad a la luz infrarroja. La luz de la mayoría de las fuentes de fibra óptica será absorbida por este líquido, por lo que cualquier daño potencial probablemente quedará en el cristalino o la córnea, no en la retina.

Mientras que el haz de luz de la fibra óptica que se propaga hace que sea menos peligroso verla directamente, el utilizar un microscopio para la inspección de fibra óptica puede ser un problema. El microscopio enfocará prácticamente toda la luz dentro del ojo. Es por ello que muchos microscopios utilizados en la fibra óptica tienen filtros para absorber cualquier luz infrarroja que podría ser dañina. Hay que tener cuidado con los microscopios económicos, ya que podrían no tener filtros bloqueadores de luz infrarroja.

Para estar seguro de que las fibras son seguras para ser inspeccionadas o para trabajar con ellas, siempre verifique las fibras de una red en funcionamiento con un medidor de potencia de fibra óptica para asegurarse de que no hay luz antes de inspeccionar un conector con un microscopio.

Medidas de seguridad para fibras desnudas

La instalación fibra óptica tampoco está libre de riesgos. El problema más común es que entren en el ojo restos de fibra cuando se está trabajando con ella. A pesar de que pocos sistemas de fibra óptica tienen niveles de potencia peligrosos, cada terminación y cada empalme producen fragmentos (restos) de fibra óptica que pueden ser potencialmente muy dañinos para los ojos y la piel, o que pueden adherirse a la ropa y ser llevados a otros lugares, donde pueden causar daño a otros.

Estos fragmentos de fibra son pequeños, delgados y generalmente muy afilados en la parte donde se partieron de la fibra. Estos pueden fácilmente perforar su piel, enterrándose lo suficiente como para que sea difícil sacarlos, tan solo si se pudieran ver. Al ser transparentes prácticamente desaparecen una vez que ingresan en la piel. En la mayor parte del cuerpo, pueden ser tan solo una molestia, quizás causan una infección o causan una protuberancia irritante, hasta que logran salir.

En cambio, alrededor del ojo pueden ser mucho más difíciles de encontrar y quitar. Las lágrimas que mojan los ojos hacen que los fragmentos de vidrio transparentes sean imposibles de encontrar y

quitar. Los afilados bordes pueden hacer que la fibra se meta en el ojo o en el tejido alrededor del mismo, haciendo más difícil su remoción. A diferencia de las partículas metálicas, no pueden quitarse con un imán.

Es imprescindible seguir los procedimientos que reducen los peligros para los ojos. Siempre utilice gafas de seguridad con protección lateral, aún si normalmente utiliza gafas, para evitar que cualquier fragmento vuele cerca de sus ojos. Debe ser extremadamente cuidadoso al manipular las fibras, en especial al pelarlas o al tomarlas y pelarlas cuando salen de un conector adhesivo. En lugar de romperla, tómelas suavemente, luego deslice sus dedos hasta la férula, agarrando la fibra y tirándola hacia afuera. Luego deshágase de ella cuidadosamente.

La mayoría de las cortadoras de precisión que se utilizan para empalmar o terminar los conectores de empalmes prepulidos sostienen la fibra luego de atravesarla, por lo que el único problema es deshacerse de ella. Recomendamos usar un contenedor desechable como los que se usan para las sopas en los restaurantes para llevar. Utilícela para todos los restos de fibra y luego séllelo y deséchelo en la forma apropiada.

También puede organizar su lugar de trabajo para evitar problemas. Utilice un paño de plástico negro para la superficie de trabajo. Será más fácil ver las fibras con las que esté trabajando con el fondo negro y podrá manipularlas con más cuidado. Cualquier fibra que caiga sobre la esterilla será más fácil de encontrar para ser desechada.

Algunos técnicos prefieren adherir una pieza de cinta doble o cinta aisladora negra en la esterilla y que las fibras se peguen a la superficie adhesiva y luego desechan la cinta cuando terminan. Yo prefiero simplemente utilizar un contenedor desechable y poner cada resto de fibra en el contenedor, en lugar de dejarlas expuestas en la superficie de trabajo.

Otras consideraciones sobre la seguridad

Químicos: Los empalmes y las terminaciones de fibra óptica utilizan varios limpiadores y adhesivos químicos como parte del proceso. Debe cumplirse con la manipulación adecuada de estas sustancias. Incluso el simple alcohol isopropílico que se utiliza como limpiador, es inflamable y debería manipularse con cuidado. Si se solicita, los fabricantes proporcionan la hoja de datos de seguridad de sustancias (MSDS, por sus siglas en inglés) o pueden encontrarse en Internet.

Peligros durante la fusión: Las fusionadoras utilizan un arco eléctrico para hacer los empalmes, por lo que debe tenerse cuidado de que no haya gases inflamables presentes en el lugar donde se está realizando el empalme por fusión.

No fumar: Tampoco debe permitirse el fumar cerca de donde se está trabajando con fibra óptica. Las cenizas del cigarrillo contribuyen a los problemas de las fibras y la suciedad, además de que puede haber sustancias combustibles (y, por supuesto, los riesgos de salud).

Riesgos eléctricos: La instalación de los cables de fibra óptica normalmente no conlleva ningún riesgo eléctrico, salvo que el cable incluya conductores. De todas formas, los cables de fibra óptica suelen instalarse cerca de cables eléctricos y conductores. Cuando esté cerca de estos cables, siempre hay un potencial peligro de descarga eléctrica. ¡Tenga cuidado! Si no está familiarizado con la seguridad eléctrica, le recomendamos tomar un curso del Código Nacional de Electricidad (NEC), y ¡prácticas seguras para los instaladores!

Normas de seguridad en la instalación de fibra óptica

Todo esto es muy importante, tan importante que hay que tener algunas normas para el lugar de trabajo para todos los técnicos en fibra óptica, que pueden evitar accidentes allí:

- Trabajar en una superficie negra para que ayude a encontrar los restos de fibra.
- Usar delantales desechables para minimizar la cantidad de partículas de fibra en tu ropa. Las partículas en la ropa luego pueden trasladarse a la comida, bebida y/o ser ingeridas de otra forma.
- Siempre utilizar gafas de seguridad con protección lateral y guantes protectores. Las astillas de fibra óptica deben ser tratadas de la misma manera en que usted trataría las fibras de vidrio.
- Nunca mirar directamente al interior de los cables de fibra hasta estar seguro de que no hay una fuente de luz en el otro extremo. Utilizar un medidor de potencia óptico para asegurarse de que la fibra es fibra oscura. Al utilizar un localizador óptico o un verificador de continuidad, ver la fibra desde un ángulo a al menos 15.24 centímetros de distancia del ojo para determinar si hay luz visible.
- Sólo trabajar en áreas bien ventiladas.
- Aquellos que usen lentes de contacto no deben manipular sus lentes hasta que hayan lavado sus manos cuidadosamente.
- No deben tocarse los ojos cuando se esté trabajando con los sistemas de fibra óptica hasta que las manos hayan sido cuidadosamente lavadas.

- Deben mantenerse todos los materiales combustibles lejos de los dispositivos eléctricos, incluidos las empalmadoras, los verificadores y los hornos aqueables.
- Deben ponerse todos los pedazos de fibras cortadas en un contenedor etiquetado adecuadamente como desechos.
- Limpiar detenidamente toda el área de trabajo una vez que se termina.
- No fumar mientras se trabaja con sistemas de fibra óptica.
- Deben mantenerse todas las comidas y bebidas fuera del área de trabajo. Si las partículas de fibra son ingeridas, pueden causar hemorragias internas.

Instalación del cable de fibra óptica

Recepción del cableado de fibra óptica y del equipo en el área de trabajo
Los equipos y los componentes de fibra óptica pueden dañarse a través de una manipulación o almacenamiento inadecuados y debe manipularse en la forma correcta.

Recepción

La entrega del cable de fibra óptica, los equipos y los insumos debería programarse en el área de trabajo en la fecha más cercana posible al momento de su uso, para reducir el riesgo de posibles daños por la construcción, el clima o los robos. La coordinación de la entrega puede ser complicada, es por ello que debe coordinarse en un área fuera de la construcción o en un depósito de almacenamiento cerrado en el área de la construcción. Una vez que se reciben, todos los componentes deben ser cuidadosamente revisados para ver que no presenten ningún daño. Si se sospecha que están dañados, debe verificarse la continuidad y si hay pérdidas. Asegúrese de que todos los componentes y partes fueron enviadas, recibidas, que las cantidades ordenadas coinciden (por ejemplo, que los cables de fibra óptica contienen la cantidad y el tipo de fibra ordenadas, que son del largo ordenado) y si se verifica alguna diferencia o que algún producto está dañado, debe notificarse al proveedor y solicitar su reemplazo.

Manejo del cable de la fibra óptica

Las bobinas de cable deben manipularse con cuidado. Todas las bobinas, sin importar su tamaño o longitud, deben tener ambos extremos

del cable disponibles para la verificación de continuidad. Para la verificación de continuidad, pueden utilizarse un trazador visual de continuidad o un localizador visual de fallos y los adaptadores de fibra desnuda.

Las bobinas de cable deben moverse cuidadosamente para evitar dañar el cable. Las bobinas de cable de poco tamaño se mueven a mano. Las bobinas grandes deben moverse con el equipo de elevación adecuado o por medio de dos o más instaladores con experiencia en la operación del traslado. El equipo de elevación debe mover las bobinas con un equipo de cabestrillo o eslingas que coincidan junto con un tubo del tamaño adecuado insertado en el agujero del centro de la bobina. Los cabestrillos y las eslingas nunca deben sujetarse alrededor del área donde está el cable en la bobina.

Almacenamiento

Todo el equipo y los cables deben ser almacenados en un lugar limpio y seco, protegidos de ambientes hostiles como el frío o el calor extremos. A causa del valor del cable y de las posibilidades de un robo, todos los componentes deben estar guardados en un almacén seguro con guardias en el momento o lugar que sea necesario.

Líneas generales para la instalación del cable de fibra óptica

Los cables de fibra óptica se instalan de tantas maneras diferentes que generalizar cómo se instala la fibra es muy difícil, es por ello que este libro tratará de abarcar todos los asuntos de interés universales y mencionará especificaciones cuando sea apropiado.

El cable de fibra óptica puede instalarse en el interior o en el exterior, utilizando diferentes procesos de instalación. En el exterior, los cables pueden ser rectamente, tirados o soplados en los conductos o subductos corrugados, o instalados de forma aérea en postes. Los cables en interiores pueden instalarse en cable canales, en bandejas para cables arriba de los techos o debajo de los pisos, tirados en conductos subterráneos o subductos corrugados, o soplados en conductos especiales con gas comprimido. El proceso de instalación dependerá de la naturaleza de la instalación y el tipo de cable utilizado.

Los métodos de instalación para los cables de cobre y los cables de fibra óptica para telecomunicaciones son similares. Los cables de fibra están diseñados para ser tirados con mucha más fuerza que los de cobre, si se lo hace correctamente, pero demasiada tensión en el cable puede dañar las fibras, lo que puede potencialmente causar una eventual falla. Debe

tenerse particular cuidado en la instalación para prevenir exceder el radio de curvatura o los pliegues del cable ya que pueden dañar las fibras.

Lineamientos para la instalación

Siga las indicaciones del fabricante, ya que nadie sabe manipular los cables tan bien como la empresa que los fabricó. El cable de fibra óptica muchas veces es diseñado a medida para la instalación y el fabricante puede tener indicaciones específicas para su instalación.

Verifique la longitud del cable para asegurarse de que el cable que está siendo tirado es lo suficientemente largo para el tendido de cable planeado. Si es posible, trate de completar la instalación de una sola tirada. Antes de cualquier instalación, evalúe la ruta cuidadosamente para determinar los métodos de instalación y los obstáculos que puedan surgir.

Tensión de tracción

Los fabricantes de cable instalan elementos de resistencia mecánica especiales, en general hilados de aramida (Dupont Kevlar) para absorber la tensión de cuando se tira del cable. El cable de fibra óptica sólo debe tirarse mediante estos elementos de resistencia, salvo que el diseño del cable permita tirar mediante mallas de agarre. Cualquier otro método podría tensionar las fibras y dañarlas.

Los eslabones giratorios deben utilizarse para enganchar la cuerda o cinta de tracción al cable para evitar que el cable se retuerza durante el arrastre del cable.

No debería tirarse de los cables por la chaqueta salvo que esté aprobado por los fabricantes del cable y que la malla utilizada sea una aprobada, en general la llamada "sujeción tipo Kellm", también estas sujeciones suelen atarse a los elementos de refuerzo.

Si se utiliza una bobina grande (equivalente a 40 cm) como mandril para tirar del cable, se puede tirar de la chaqueta de los cables de estructura ajustada en las instalaciones de cableado en planta interna. Envuelva el cable alrededor de la bobina 5 veces y sujétela suavemente cuando tire.

No debe exceder el valor máximo de la tensión de tracción. Debe consultarse con los fabricantes y los proveedores de los conductos, las tuberías corrugadas y los lubricantes de cable por los lineamientos sobre valores de tensión y uso del lubricante.

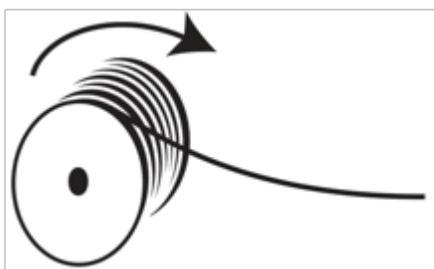
Al tirar de cables de gran longitud en conductos o subductos corrugados (hasta 3 millas o 5 kilómetros en planta externa o cientos de metros en cableados de planta interna), debe utilizarse el lubricante de cable

adecuado, pero asegúrese de que sea compatible con la chaqueta del cable. Si es posible, utilice un tirador de cable con control de tensión y/o un eslabón giratorio de enganche individual. En tendidos de cable de gran longitud en planta externa (de más de 2.5 millas o 4 kilómetros) debe tirarse desde el medio del cable hacia ambos extremos o utilizar un tirador de cable automático en uno o varios puntos intermedios para una tirada continua.

Cuando apoye los bucles de fibra sobre una superficie mientras se realiza una tirada, debe apoyarse en forma de “figura de 8” para evitar retorcer el cable.

Pliegues en el cable

No se debe retorcer el cable, ya que esto puede tensionar las fibras. La tensión y las cintas de tracción pueden provocar que el cable se retuerza. Utilice un eslabón giratorio para enganchar la cinta de tracción al cable para evitar la tensión del arrastre que causa fuerzas de tensión en el cable.



Desenrolle el cable de la bobina en lugar de tirar de él para evitar pliegues en el cable cada vez que gire la bobina. Cuando apoye un cable para un tendido largo, utilice una figura de 8 en el piso para evitar pliegues. La figura de 8 ubica la mitad de una vuelta del cable en un lado del 8 y toma la otra mitad en el otro lado, evitando pliegues.

Instalación del eslabón giratorio de enganche en el cable de fibra óptica

Los fabricantes de cable instalan elementos de resistencia mecánica especiales, en general hilados de aramida (Dupont Kevlar) para absorber la tensión cuando se tira del cable. El cable de fibra óptica sólo debe tirarse mediante estos elementos de resistencia, salvo que el diseño del cable permita tirar de la chaqueta. Cualquier otro método podría tensionar las fibras y dañarlas.

Los eslabones giratorios deben utilizarse para enganchar la cuerda o cinta de tracción al cable para evitar que el cable se retuerza durante el arrastre del cable.

Procedimiento para instalar los eslabones giratorios:



Pele la chaqueta del cable y corte todas las fibras hasta el final de la chaqueta, dejando solamente los elementos de refuerzo de aramida.

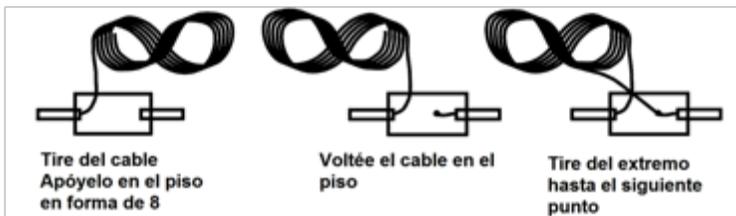
Separe los hilados de aramida en dos grupos y páselos a través del eslabón en direcciones opuestas.

Ate nudos en cada uno de los grupos en el eslabón y vuelva a poner los miembros de resistencia dentro de la chaqueta del cable.

Encinte los elementos de resistencia a lo largo de la chaqueta y hasta el eslabón giratorio de enganche.

Cómo realizar una “figura de 8” en un cable para arrastres intermedios en instalaciones de planta externa

En tendidos de cable de gran longitud en planta externa de alrededor de 4 kilómetros, puede ser necesario utilizar un tirador de cable automático en uno o más puntos intermedios para una tirada continua o arrastrar desde el medio hacia ambos extremos (arrastré intermedio-*midspan*). Cuando apoye los bucles de fibra sobre una superficie mientras se realiza una tirada, utilice bucles de cable en figura de 8 para evitar retorcer el cable. La figura de 8 ubica la mitad de una vuelta del cable en un lado del 8 y toma la otra mitad en el otro lado, evitando pliegues.



Utilice este procedimiento para arrastrar desde un extremo:

Tire del cable fuera del conducto o del subducto corrugado y apóyelo en el piso en forma de una gran figura de 8. El tamaño del 8 estará determinado por el tamaño y la rigidez del cable, pero entre 2 y 4 metros es el tamaño común. El extremo del cable estará en el piso (necesitará una lona o una lámina de plástico para mantener limpio el cable). Tire suavemente y apoye el cable en forma de figura de 8 para evitar que se retuerza.

Varios instaladores deben levantar el cable y voltearlo para que el extremo que debe tirarse quede arriba.

Enganche el extremo de la cinta de tracción con el eslabón giratorio de enganche adecuado y continúe con la tirada.

Para un arrastre intermedio, siga las siguientes instrucciones:

Este procedimiento elimina la necesidad de voltear el cable en el procedimiento de la figura de 8 en el piso.

Ubique la bobina del cable en un punto intermedio del tramo largo (asegurándose de no exceder el máximo de longitud de tracción en ambas direcciones).

Tire de uno de los extremos del cable dentro del conducto subterráneo hacia un extremo del tramo.

Desenrolle el cable de la bobina y deje el resto del cable en forma de figura de 8 en el piso. El extremo del cable estará en la parte de arriba de la figura de 8.

Tire del segundo extremo del cable dentro del conducto hacia el otro extremo del tramo.

Radio de curvatura

No se debe exceder el radio de curvatura de los cables. El cable de fibra óptica puede romperse cuando se retuerce o se dobla demasiado, en especial durante el tirado. Si no hay recomendaciones específicas del fabricante del cable, éste no debería tirarse a un radio de curvatura menor a 20 (veinte) veces el diámetro del cable.

Al terminar de tirar, el cable no debería tener ningún radio de curvatura menor a 10 (diez) veces el diámetro del cable.

Instalaciones verticales de cable

Siempre que sea posible, es mejor tender los cables verticalmente hacia abajo que tirarlos hacia arriba. Se deben sujetar los cables en intervalos frecuentes para evitar un exceso de tensión en la chaqueta. Pueden sujetarse con sujetacables (bien ajustados, pero no tanto como para deformar la chaqueta del cable) o con sujeciones tipo Kellem. Utiliza los

bucles de almacenamiento para ayudar a fijar el cable y para proveer cable para futuras reparaciones o un reencamamiento.

Cableado en planta interna con bandejas

Muchas veces, el cable de fibra óptica en los cableados en planta interna se instala en bandejas de cable. Las bandejas de cable no deben tener también cables de telecomunicaciones de cobre, ya que su peso podría dañar los cables de fibra. Del mismo modo, una gran cantidad de cables de fibra en una misma bandeja podría ejercer mucha presión a los cables que se encuentran en la base. En las instalaciones donde las bandejas están ocupadas con cables de telecomunicaciones de cobre, pueden suspenderse los cables de fibras livianas debajo de las bandejas de cable.

Uso de subductos corrugados

Es prudente instalar los cables de fibra óptica en interiores dentro de "subductos corrugados" naranjas para facilitar la instalación del cable y protegerlo de futuros daños. Los subductos corrugados de color naranja brillante harán que cualquier trabajador en el futuro pueda identificar el cable de fibra óptica y evitar posibles daños. El costo adicional inicial de los subductos corrugados se compensa por la simplificación de la instalación, lo que ahorra tiempo de trabajo.

Uso de sujetacables

Los cables de fibra óptica, como todos los cables de telecomunicaciones, son sensibles a las cargas de compresión. Los sujetacables utilizados con muchos cables, en especial cuando se ajustan con una herramienta de instalación, dañan los cables de fibra óptica, debilitando el cable y posibilitando la rotura de las fibras. Cuando se utilizan los sujetacables, deberían ajustarse a mano, pero no tanto, permitiendo mover el sujetacables a lo largo del cable a mano. Luego debe cortarse el exceso del sujetacables para evitar que lo ajusten en el futuro. Los sujetacables de velcro son los preferidos para los cables de fibra óptica, ya que no pueden comprimir lo suficiente como para dañar el cable.

Corta fuego

Los cables de interiores deben cumplir con los códigos contra incendios y pasar inspecciones, por lo que cada cable que ingresa un muro con riesgo de incendio, debe tener sistemas corta fuegos. Todos los sistemas corta fuegos para las telecomunicaciones deben cumplir con las normas

y estándares. Todos los ingresos deben estar protegidos con sistemas corta fuegos aprobados. Todos los compuestos y dispositivos corta fuego deben ser utilizados cuando se rompe una separación contra incendios con una instalación. En la mayoría de los lugares, una rotura de una separación contra incendios requerirá supervisión física hasta que sea reparada. Consulte con su “Autoridad Competente” los requisitos específicos del proyecto antes de comenzar a trabajar.

Puesta a tierra y conexión equipotencial

Los cables conductores deben tener una conexión a tierra debidamente conectada. A pesar de que la mayoría de los cables de fibra óptica no son conductores, cualquier hardware metálico utilizado en los sistemas de cableado de fibra óptica (como las cajas terminales de pared, los racks y los paneles de conexiones) debe tener conexión a tierra. Las conexiones a tierra deben estar diseñadas de acuerdo con el Código Nacional de Electricidad (NEC) u otros códigos o estándares aplicables. La mayoría de las salas de telecomunicaciones tienen una barra de conexión de puesta a tierra que tiene una estructura de conexión a tierra de alta calidad y conexiones para los dispositivos que requieren conexión a tierra.

Terminación y empalme

Los procesos de terminación y empalme se tratan en profundidad en el Capítulo 7. Las terminaciones y los empalmes en esta materia no tienen otros requerimientos salvo un ambiente libre de polvo con temperaturas moderadas para trabajar.

Empalme

En general, los empalmes en planta externa se realizan en un tráiler o camión especial. Dentro del camión hay un laboratorio de empalmes climatizado, con el espacio adecuado para trabajar con los cables y los cierres de empalmes. Algunas veces es necesario realizar los empalmes al aire libre, en una carpa o incluso en un remolque con grúa. El instalador debe poder lidiar con las condiciones a las que se enfrente en la instalación. En condiciones extremadamente frías, probablemente se necesite un sistema de calefacción, ya que los cables se vuelven rígidos y el equipo es difícil de operar. En climas cálidos el proceso puede ser más fácil pero es igual de incómodo para el instalador.

Lo ideal sería que los empalmes sean probados con un OTDR apenas se realizan y antes de ubicarlos en una bandeja de empalmes. Las fusionadoras dan un estimado de la pérdida por empalme, pero es sólo un estimativo. El OTDR puede confirmar la calidad de los empalmes, dándole al instalador la seguridad de que el empalme es bueno y que la caja de empalmes no necesitará ser abierta de nuevo para rehacer un empalme defectuoso.

Debe tenerse especial cuidado al poner los empalmes en las bandejas y al organizar los conductos subterráneos o las fibras en la caja. Un problema que surge mucho es que las fibras están rotas cuando las bandejas y las cajas son ensambladas. Encontrar las roturas de las fibras dentro de la caja es complicado ya que están demasiado cerca del empalme como para resolverlas con un OTDR. Si el empalme está lo suficientemente cerca como para permitir su localización con un localizador visual de fallos puede encontrarse la rotura con una inspección visual.

Terminación

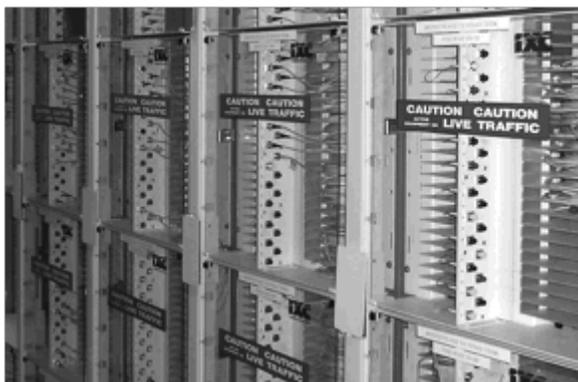
Al menos la terminación se hace generalmente dentro de un edificio cerca del equipamiento de telecomunicaciones, ya sea una la terminación de un cableado de una instalación en planta externa o interna. El instalador puede tener problemas para encontrar el espacio adecuado, por ejemplo en una sala de telecomunicaciones con filas de paneles de conexión y racks. Con suerte, el instalador de cable habrá almacenado cada uno de los cables de servicio en forma de bucle para poder llevarlos a un área abierta y terminarlos. Muchos instaladores utilizan mesas plegables portátiles o carritos con ruedas para crear un área de trabajo donde pueden alcanzar los extremos de los cables.

Si el edificio todavía está en construcción, el polvo puede ser un problema. Incluso en edificios terminados, los sistemas de aire acondicionado pueden levantar el polvo. Debe controlar que no haya polvo; si es necesario trabajar en un ambiente con polvo, limpie todas las herramientas, los papeles de lija granulados para pulir y los conectores con la frecuencia que sea necesaria.

Si son cables monomodo que terminan con un cable de fibra conectorizado (*pigtail*), siga las mismas precauciones al ubicar los empalmes o las fibras en las bandejas y cajas de cables para evitar daños. Para las fibras multimodo de 900 micrones de estructura ajustada con terminación directa en un cable de distribución, debe dejar una longitud adecuada para almacenar las fibras sobrantes y evite las curvaturas ajustadas ya que pueden causar problemas con pérdidas de la fibra en el futuro.

Al igual que con los empalmes, cada conector debe ser probado cuando la terminación de la fibra está completa. Verifique cada conector pulido con un

microscopio para asegurarse de que el pulido fue realizado correctamente. Si es posible, pruebe cada conector prepulido con un localizador visual de fallos. Luego de que ambos extremos de la fibra están terminados, debe probarse la pérdida de punto a punto y documentar todo. Los conectores con mucha pérdida deben terminarse nuevamente y con esto se ahorra el tiempo de tener que hacerlo cuando el instalador está listo en el área de trabajo.



Etiquetado y documentación

Usualmente, el instalador que termina el cable tiene el trabajo de etiquetar cada punto de terminación. Lo ideal es que la etiqueta haya sido creada como parte del diseño de la red de cables y que el instalador sólo tenga que unir los códigos de color de las fibras a la etiqueta y, si no estuviese colocada todavía, pegar la etiqueta en el panel de conexión en el lugar correcto. Este es un proceso importante, ya que la designación de cada fibra será utilizada para registrar la información de las pruebas, la conexión al equipo y continuará durante los movimientos, adiciones y modificaciones futuros. Las puertas de los paneles de conexión deberían tener carteles con las especificaciones de uso y advertencias sobre el personal autorizado para ingresar.

La limpieza del área de trabajo

Luego de la terminación o el empalme de los cables, el instalador debería limpiar cuidadosamente el área de trabajo y dejarla tan limpia como la encontró, preferentemente más limpia de lo que la encontró. Todos los restos, en especial de las fibras, que deberían ser sellados en contenedores desechables, deben quitarse del área.

Almacenamiento de los componentes sobrantes

Cualquier componente que sobre deberá ser guardado para utilizarse en el futuro. Los conectores y los cables pueden almacenarse junto con la documentación del cableado para que en el caso de que haya una restauración en

el futuro, se cuente con componentes compatibles para utilizar en el empalmado o la terminación de los cables.

Prueba del cableado de fibra óptica instalado

Durante la etapa de diseño, cada tendido de cable debería tener un cálculo de las pérdidas estimadas basado en las especificaciones de los componentes. Luego de la instalación, es necesario probar cada fibra de todos los cables de fibra óptica para verificar la correcta instalación, comparando la pérdida medida con la pérdida óptica estimada.

Comúnmente el instalador realizará las siguientes pruebas:

La verificación de continuidad para determinar que el encaminamiento de la fibra y/o la polarización son correctos y que la documentación es adecuada.

Pruebas de pérdida de inserción de punto a punto con un medidor de potencia y fuente OLTS. Los cables multimodo deben testearse utilizando el Método B de TIA/EIA 526-14 y los cables monomodo utilizando el TIA/EIA 526-7, salvo que la compatibilidad del equipo de prueba de los conectores requiera otro método de referencia. La pérdida total debería ser menor a la calculada en la pérdida óptica estimada utilizando los estándares apropiados o las especificaciones del cliente. Si la prueba muestra diferencias con las pérdidas estimadas, debe diagnosticarlas y solucionarlas.

Opcionalmente, puede utilizarse un OTDR para verificar la instalación del cable y el funcionamiento de los empalmes. De todas formas, las pruebas con OTDR no deben utilizarse para determinar pérdidas en los cables. Si los cables son cortos, no es apropiado utilizar un OTDR en instalaciones de planta interna. Un técnico de OTDR experimentado debe determinar cuándo es apropiada su utilización.

Si la documentación del diseño no incluye la longitud de la red de cables, y esto no se registra durante la instalación, debe leer la longitud desde las marcas de distancia en las chaquetas de los cables o pruebe la longitud de la fibra utilizando la opción de longitud disponible en un OTDR o en algunos OLTS.

Verificación de continuidad

Para verificar la continuidad de las fibras ópticas debe utilizarse un trazador visual de continuidad, un localizador visual de fallos o un equipo de comprobación de pérdidas ópticas (OLTS). Trace la fibra de punto a

punto a través de cualquier interconexión para asegurarse de que la trayectoria de la fibra está debidamente instalada y que la polarización y el encaminamiento son correctos y están documentados.

Pérdidas por inserción

Las pérdidas por inserción se refieren a las pérdidas ópticas de las fibras instaladas cuando se prueban con un equipo de comprobación de pérdidas ópticas (OLTS). Es mejor probar los cables multimodo utilizando el Método B de TIA/EIA 526-14 (siempre documente el método utilizado) y los cables monomodo utilizando el TIA/EIA 526-7.

Pruebe las fibras multimodo en 850 y 1300 nm y las fibras monomodo en 1310 y 1550 nm, salvo que los estándares o el cliente requieran otros valores.

Pruebe los cables de referencia antes de la prueba para verificar la calidad y límpielos con frecuencia.

Aquellos cables que serán utilizados con sistemas de alta velocidad y fuentes de láser deben ser probados con fuentes láser adecuadas para asegurar su funcionamiento con este tipo de fuente.

Pruebas con OTDR

El reflectómetro óptico en el dominio de tiempo (OTDR) utiliza técnicas como las de un radar para crear un dibujo de la fibra de una instalación de cable de fibra óptica. El dibujo, denominado firma o trazado, contiene la información sobre la longitud de la fibra, las pérdidas en los segmentos de las fibras, en los conectores, en los empalmes y las pérdidas ocasionadas debido a la tensión durante la instalación. Los OTDR se utilizan para verificar la calidad de la instalación o para solucionar problemas. De todas formas, las pruebas con OTDR no deben utilizarse para determinar pérdidas en los cables.

Los OTDR tienen resolución limitada según la distancia y pueden mostrar resultados no deseados cuando se prueban cables cortos, característicos de las instalaciones en planta interna. Si se desea realizar una prueba OTDR en cableados de instalaciones de planta interna, personal con experiencia debería evaluar si la misma es adecuada.

Las pruebas OTDR deberían ser realizadas solamente por personal entrenado, utilizando equipo certificado y diseñado para ello. Los técnicos que realicen las pruebas deben estar entrenados, no sólo en el manejo del OTDR sino también en la interpretación de los trazados del OTDR.

Administración, dirección y documentación

La documentación del cableado de una planta es una parte fundamental del diseño, de la instalación y del proceso de mantenimiento de la red de fibra óptica. Realizar la documentación de la instalación correctamente facilitará la instalación, permitirá una mejor planificación para una actualización, simplificará las pruebas y futuros movimientos, adiciones y modificaciones.

Salvo que el usuario lo especifique de otra manera, la documentación del cableado de fibra óptica de una planta debería seguir los estándares ANSI/TIA/EIA-606 para la infraestructura de las telecomunicaciones en edificios comerciales.

Los cables de fibra óptica, en especial aquellos que se utilizan para la red troncal (*backbone*) pueden contener fibras que conectan diferentes conexiones que van a diferentes lugares con interconexiones en paneles de conexión o cierres de empalmes. Debería documentarse la trayectoria exacta que siguen todas las fibras en cada cable, también las conexiones intermedias y todos los tipos de conectores. La documentación también debería incluir la información sobre pérdidas de inserción y opcionalmente, el trazado del OTDR.

Definiciones de términos

A

Absorción: atenuación de la fibra óptica que resulta de la conversión de la potencia óptica en calor.

Acoplador: dispositivo óptico que divide o combina luz proveniente de más de una fibra.

Amplificador óptico activo: dispositivo que amplifica la luz sin convertirla en una señal eléctrica.

Amplificador óptico pasivo: amplificador totalmente óptico que utiliza fibra dopada con erbio u otro tipo de fibras dopadas y láseres de bombeo para aumentar la potencia de salida de la señal sin conversión electrónica.

Analógico: señales que cambian continuamente, en contraposición a la codificación digital.

Ancho de banda: rango de frecuencias de señal o tasa de bits en el que un componente, enlace o señal de fibra óptica operará.

APC: contacto físico angulado, conector APC.

Apertura numérica (NA, por sus siglas en inglés): medición del ángulo de aceptación de la luz de la fibra.

Atenuación: reducción de la potencia óptica cuando atraviesa una fibra, generalmente se expresa en decibelios (dB). Remitirse a pérdida óptica.

Atenuador: Dispositivo que al generar pérdida reduce la potencia de la señal en un enlace de fibra óptica.

B

Bit: Pulso eléctrico u óptico que lleva información.

C

Cable de fibra conectorizado (*pigtail*): fibra de corta longitud conectada a un componente de fibra óptica, como un láser o un acoplador.

Cable de interconexión: cable corto de una sola fibra con conectores en ambos extremos, que se utiliza para interconectar otros cables o probarlos.

Cable de lanzamiento: cable de interconexión de fibra óptica que se conecta a una fuente y cuya potencia de salida se calibra; se utiliza como cable de referencia para comprobación de pérdidas. Este cable tiene que estar fabricado con fibras y conectores compatibles con los cables a los que se realizarán las comprobaciones.

Cable de prueba: cable corto de una sola fibra con conectores en ambos extremos, que se utiliza para pruebas. Este cable tiene que estar fabricado con

fibras y conectores compatibles con los cables a los que se realizarán las comprobaciones.

Cable de referencia: cable de interconexión de fibra óptica que se conecta a una fuente de luz o a un medidor de potencia y se utiliza como cable de referencia para comprobación de pérdidas.

Cable receptor: cable de interconexión de fibra óptica que se conecta a un medidor de potencia y se utiliza como cable de referencia para comprobación de pérdidas. Este cable tiene que estar fabricado con fibras y conectores compatibles con los cables a los que se realizarán las comprobaciones.

Cable: una o más fibras dentro de cubiertas protectoras y con elementos de refuerzo.

CATV: abreviatura de televisión por antena comunitaria o de televisión por cable.

Chaqueta: cubierta exterior que protege el cable.

Coefficiente de atenuación: Atenuación de una fibra óptica por unidad de longitud, en dB/km.

Conector: dispositivo con el que se realiza la terminación de una fibra óptica y que permite unir temporalmente fibras con terminaciones similares.

Conector: dispositivo que protege a la fibra y que ofrece una conexión desmontable entre dos fibra o entre una fibra y un dispositivo activo.

Cubierta: término utilizado para designar las capas protectoras exteriores de un cable, que consta de chaqueta, blindaje y elementos de refuerzo.

CWDM: multiplexación por división de longitudes de onda ligeras utilizando láseres espaciados ampliamente en un rango de 1260 a 1670 nm.

D

dBm: potencia óptica en relación a 1 milivatio.

Decibelios (dB): unidad de medida de la potencia óptica que indica la potencia relativa en una escala logarítmica, a veces se lo llama dBr. $dB=10 \log$ (relación de potencia).

Detector: Fotodiodo que convierte señales ópticas en señales eléctricas.

Diámetro del campo modal: medida del tamaño del núcleo de una fibra monomodo.

Digital: señales codificadas en bits independientes.

Diodo de emisión marginal (E-LED): LED que emite desde el borde de un chip semiconductor, y así genera mayor potencia y un ancho espectral más angosto.

Diodo emisor de luz, LED: dispositivo semiconductor que emite luz cuando una corriente eléctrica lo estimula; se utiliza en transmisores para enlaces de fibra multimodo.

Diodo láser, ILD: dispositivo semiconductor que emite luz coherente de alta potencia cuando una corriente eléctrica lo estimula; se utiliza en transmisores para enlaces de fibra monomodo.

Dispersión cromática: Dispersión temporal de un pulso en una guía de ondas ópticas causada por la dependencia de la longitud de onda de las velocidades de la luz.

Dispersión modal: dispersión temporal de un pulso en una guía de ondas ópticas causada por efectos modales.

Dispersión: cambio de dirección de la luz luego de chocar con pequeñas partículas que causan pérdida en la fibra óptica.

Dispersión: dispersión temporal de un pulso en una guía de ondas ópticas; puede ser causado por efectos cromáticas o modales.

Dispositivo de comunicación (*talkset*), de fibra óptica: dispositivo de comunicación que permite comunicar acerca de las fibras que no se están utilizando.

Distribución de modos en equilibrio (EMD): estabilidad de la distribución de los modos en una fibra multimodo, que se obtiene a partir de cierta distancia desde la fuente, en donde la potencia relativa en los modos se estabiliza a medida que aumenta la distancia.

E

EDFA: amplificador de fibra dopado con erbio, amplificador completamente óptico para sistemas de transmisión monomodo en 1490-1650 nm.

Empalme (mecánico o por fusión): dispositivo que permite conectar dos fibras, generalmente con la intención que tal conexión sea permanente.

Empalme mecánico: conexión semipermanente entre dos fibras que se realiza con un dispositivo de alineación y un adhesivo o fluido igualador de índice.

Enlace, fibra óptica: combinación de transmisor, receptor y cable de fibra óptica que se conectan y pueden transmitir información; puede ser analógico o digital.

Equipo de comprobación de pérdidas ópticas (OLTS): instrumento de medición para pérdidas ópticas que incluye tanto un medidor como una fuente.

ESCON: estándar de IBM para conectar periféricos a una computadora con fibra óptica. Acrónimo de: conexión de sistema empresarial, por sus siglas en inglés.

Estabilidad de la distribución de los modos: distribución de los modos en equilibrio (EMD) en una fibra multimodo, que se obtiene a partir de cierta distancia desde la fuente, en donde la potencia relativa en los modos se estabiliza a medida que aumenta la distancia.

F

Férula: tubo de precisión que sostiene a una fibra para que se mantenga alineada para una interconexión o terminación. Puede formar parte en un conector o en un empalme mecánico.

Fibra de sílice con revestimiento plástico (PCS): fibra con núcleo de vidrio y revestimiento (*cladding*) de plástico.

Fibra monomodo: fibra con un núcleo pequeño, menor que la longitud de onda de luz transmitida, lo que permite que se propague sólo un modo de luz. Generalmente se utiliza con fuentes láser para enlaces de alta velocidad y de larga distancia.

Fibra multimodo: fibra con un diámetro del núcleo mucho mayor que la longitud de onda transmitida que permite que se propaguen muchos modos de luz. Generalmente se utiliza con fuentes LED para enlaces de baja velocidad y de distancia corta.

Fibra óptica de plástico (POF): fibra óptica hecha de plástico.

Fibra óptica Transmisión de luz a través de fibras ópticas para comunicar o iluminar.

Fibra óptica: guía de ondas ópticas que está compuesta por un núcleo que transporta la luz y un revestimiento (*cladding*) que atrapa la luz en el núcleo.

Fibras de índice escalonado: fibra multimodo en la que todo el núcleo tiene el mismo índice de refracción.

Filtro de modo: dispositivo que elimina la potencia óptica en modos de orden superior en la fibra.

Fluido igualador de índice: líquido con índice de refracción similar al vidrio para adaptar los materiales en los extremos de dos fibras para así reducir la pérdida y la reflexión de retorno.

FO: abreviatura común de "fibra óptica".

Fotodiodo: semiconductor que convierte la luz en señal eléctrica, y se utiliza en los receptores ópticos para fibra.

FTTH: fibra hasta el hogar

Fuente de comprobación: diodo láser o LED que se utiliza para inyectar una señal óptica en una fibra para medir la pérdida de la fibra o de otros componentes.

Fuente: diodo láser o LED que se utiliza para inyectar una señal óptica en una fibra.

Fusionadora de fibra óptica: instrumento que empalma fibras al fusionarlas o soldarlas, normalmente con un arco eléctrico.

I

Identificador de fibra: dispositivo que se sujeta a una fibra y acopla luz desde ella al curvarla para identificar la fibra y detectar la alta velocidad de tráfico de un enlace en funcionamiento o el tono de 2 kHz inyectado por una fuente de comprobación.

Índice de refracción: medida de la velocidad de la luz en un material.

Índice de refracción: propiedad de los materiales ópticos que se relaciona con la velocidad de la luz en el material.

Índice gradual (GI): un tipo de fibra multimodo que tiene un perfil gradual de índice de refracción en el material del núcleo para corregir la dispersión.

K

Kit de comprobación: conjunto de instrumentos para fibra óptica que generalmente incluye un medidor de potencia, una fuente y accesorios para pruebas; se utiliza para realizar mediciones de pérdida y de potencia.

L

Lanzamiento saturado: condición de lanzamiento de luz en la fibra en donde la luz tiene el tamaño de un punto y una apertura numérica mayor que la aceptada por la fibra, y así llena todos los modos en la fibra.

Láser DFB: láser de retroalimentación distribuida que se utiliza para transmisores de alta velocidad y larga distancia.

LED de emisión superficial: LED que emite luz perpendicular al chip semiconductor. La mayoría de los LED que se utilizan en comunicaciones de datos son emisores superficiales.

Localizador visual de fallos (VFL): instrumento que acopla luz visible dentro de la fibra y así permite comprobar la continuidad. Algunos son lo suficientemente brillantes como para permitir encontrar roturas en la fibra a través de la chaqueta del cable.

Longitud de onda corta: término comúnmente utilizado para hacer referencia a la luz en los rangos de 665, 790, y 850 nm.

Longitud de onda de corte: longitud de onda por encima de la cual la fibra monomodo solo soporta un modo de propagación.

Longitud de onda larga: término comúnmente utilizado para hacer referencia a la luz en los rangos de 1300 a 1550 nm.

Longitud de onda: medición del color de la luz, generalmente se expresa en nanómetros (nm) o micrones (*m).

M

Margen de operación: diferencia (en dB) entre el presupuesto de potencia óptica y la pérdida óptica estimada (es decir, el exceso de margen de potencia).

Margen: cantidad adicional de pérdida que puede tolerar un enlace.

Medidor de potencia, de fibra óptica: instrumento que mide la potencia óptica que emana desde el extremo de una fibra.

Método de medición por alteración o por corte (*cutback method*): técnica de medición de la pérdida de una fibra desnuda que consiste en medir la potencia

óptica transmitida a través de un tramo largo de fibra, luego cortar la fibra y medir la potencia de ese segmento.

Mezclador de modos: dispositivo que mezcla la potencia óptica en la fibra para lograr una distribución de potencia uniforme en todos los modos. Supresor de modos: Dispositivo que suprime la luz del revestimiento (*cladding*) de una fibra óptica.

Micrón (*m): Unidad de medida, 10^{-6} m, que se utiliza para medir la longitud de onda de la luz.

Microscopio, inspección de fibra óptica: microscopio que se utiliza para inspeccionar la superficie final de un conector en busca de imperfecciones o de contaminación o bien para inspeccionar la calidad de corte de una fibra.

Modo: un único patrón del campo electromagnético que viaja a través de la fibra.

Multiplexación por división de longitud de onda (WDM): técnica de envío de señales de diferentes longitudes de onda de luz en la fibra simultáneamente.

N

Nanómetro (nm): unidad de medida, 10^{-9} m, que se utiliza para medir la longitud de onda de la luz.

Núcleo: centro de la fibra óptica a través del cual se transmite la luz.

P

PC: contacto físico, conector PC.

Pérdida de retorno óptica, reflectancia, reflexión: luz reflejada desde el extremo pulido o cortado de la fibra a causa de la diferencia entre los índices de refracción del aire y del vidrio. Se expresa en dB, con relación a la potencia incidente.

Pérdida en exceso: cantidad de luz perdida en un acoplador, por encima de la pérdida inherente de la división en múltiples fibras.

Pérdida óptica estimada: cantidad de potencia perdida en el enlace; generalmente se refiere a la pérdida máxima que un enlace en particular puede tolerar.

Pérdida, óptica: la cantidad de potencia óptica perdida cuando la luz se transmite a través de la fibra, los empalmes, los acopladores, etc.

Pérdidas por curvatura, pérdida por microcurvatura: pérdida en la fibra causada por la tensión que genera un pliegue con un radio pequeño.

Pérdidas por inserción: pérdida causada por colocar en una fibra un componente como un empalme o un conector.

Perfil del índice: índice de refracción de una fibra como función de la sección transversal.

PMD, dispersión por modo de polarización: dispersión en fibra monomodo causada por la diferencia de velocidad de la luz de los modos de polarización de la fibra.

Potencia óptica: cantidad de energía radiante por unidad de tiempo, expresada en unidades lineales de vatios o en una escala logarítmica, en dBm (donde, 0 dB = 1 milivatio) o dB* (donde 0 dB*=1 microvatio).

Potencia promedio: Promedio en relación al tiempo de una señal modulada.

Preforma: varilla de vidrio de gran diámetro a partir de la cual se fabrica la fibra.

Presupuesto de potencia óptica: diferencia (en dB) entre la potencia óptica transmitida (en dBm) y la sensibilidad del receptor (in dBm).

R

Receptor: dispositivo que cuenta con un fotodiodo y con una circuito que acondiciona la señal y convierte la luz en una señal eléctrica en transmisiones de fibra óptica.

Recubrimiento (buffer): cubierta protectora aplicada directamente sobre la fibra.

Red de cables, fibra óptica: combinación de tramos de cables de fibra óptica, conectores y empalmes, que forman un trayecto óptico entre dos dispositivos terminales.

Red: sistema de cables, hardware y equipamiento que se utilizan para las comunicaciones.

Reflectancia: luz reflejada desde el extremo pulido o cortado de la fibra a causa de la diferencia entre los índices de refracción del aire y del vidrio.

Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR): instrumento que utiliza luz retrodispersada para encontrar fallas en fibra ópticas y posibles pérdidas.

Reflexión de Fresnel, reflexión, pérdida de retorno óptica: luz reflejada desde el extremo pulido o cortado de la fibra a causa de la diferencia entre los índices de refracción del aire y del vidrio. Generalmente un 4% de la luz incidente.

Reflexión interna total: confinamiento de luz en el núcleo de una fibra por la reflexión fuera del límite entre en núcleo y el revestimiento (*cladding*).

Reflexión, reflectancia, pérdida de retorno óptica: luz reflejada desde el extremo pulido o cortado de la fibra a causa de la diferencia entre los índices de refracción del aire y del vidrio. Se expresa en dB, con relación a la potencia incidente.

Relación de distribución: distribución de la potencia entre las fibras que salen de un acoplador.

Repetidor, regenerador: dispositivo que recibe una señal de fibra óptica y la regenera para retransmitirla, se utiliza en enlaces ópticos de distancias muy largas.

Retrodispersión: luz que se dispersa en una fibra hacia la fuente, que se utiliza para realizar medidas con un OTDR.

Revestimiento (*cladding*): cubierta óptica con menor índice de refracción que recubre al núcleo de la fibra y que "atrapa" la luz en el núcleo.

S

Switch óptico: dispositivo que encamina una señal óptica desde uno o más puertos de entrada hacia uno o más puertos de salida.

T

Tasa de bits erróneos (BER): fracción de bits de datos transmitidos que se recibieron erróneos.

Terminación: calidad de la superficie del extremo de una fibra preparada para empalmarse o para terminarse con un conector.

Terminación: preparación del extremo de una fibra para que pueda conectarse a otra fibra o a un dispositivo activo, a veces se lo llama "conectorización".

Transmisor: dispositivo que incluye una fuente LED o láser y un acondicionador de señal electrónico, que se utiliza para inyectar una señal en una fibra.

Trazador visual de continuidad: instrumento que acopla luz visible dentro de la fibra y así permite comprobar visualmente la continuidad y el trazado para lograr conexiones adecuadas.

V

Vatios: medida lineal de potencia óptica, generalmente se expresa en milivatios (mW), microvatios (μ W) o nanovatios (nW).

VCSEL: láser de cavidad vertical y emisión superficial, un tipo de láser que emite luz verticalmente fuera del chip, pero dentro del borde, que se utiliza ampliamente en redes multimodo de alta velocidad.