

ÍNDICE

- Sumario .....3
- Proceso de fabricación .....5
  - Pintado
  - Recubrimiento secundario
  - Cableado
  - Cubierta
- Elementos de un cable de fibra óptica .....7
  - Fibras
  - Elemento central
  - Elementos de tracción
  - Bloqueantes de humedad
  - Blindaje
- Armaduras metálicas.....10
  - Tubo de acero corrugado
  - Trenza de acero
  - Corona de hilos de acero
- Armaduras Dieléctricas.....11
  - Espiral de hilos de aramida
  - Trenza hilos Fibra de vidrio
- Elementos de cubierta .....12
  - Polietileno
  - Poliamida
  - Poliuretano
  - PVC
  - Resinas fluorados
  - Cubiertas libres de halógenos
  - Caucho nitrílico
- Tipos de cable .....16
  - Cables de interior
  - Cables de exterior
  - Cables universales
  - Cables especiales
    - Cables Submarinos
    - Cables autoportantes
    - Cables antibalísticos
    - OPGW
- Cables anti-roedores.....19
  - Armaduras metálicas
  - Armaduras dieléctricas
  - Barreras biológico-químicas
  - Tabla comparativa de diversos tipos de armaduras

- La seguridad ante el fuego y los cables de Fibra Óptica.....22
  - Propagación del incendio, generación de humos e interrupción de la comunicación
  - Resistencia a las llamas
  - No propagación de las llamas y el incendio
  - Emisión de humos
  - CDAD y los niveles de seguridad
  
- Cables ópticos para LAN.....27
  - Requisitos y características
  
- Fibras multimodo Vs Gigabit Ethernet.....35
  
- Cables de Fibra Óptica OPTRAL para 10 Gigabit Ethernet.....36
  
- Utilización de cables F.O en instalaciones de seguridad CCTV.....40
  - Tipos de fibra y cables ópticos
  - Convertidores electroópticos
  - Accesorios y elementos varios
  
- Fibra y cables ópticos para la industria.....48
  - Tipos de fibra y cables ópticos
  - Convertidores electroópticos
  
- Ejemplos de aplicaciones de cables OPTRAL.....55
  
- Equipos OPTRAL en los mundiales de Atletismo.....56
  
- Estación Base de Cobertura para Telefonía Móvil en el Túnel de Vielha.....57
  
- Fábrica de Cementos Pórtland de "El Alto" en Morata de Tajuña.....57
  
- Impermeabilización de la frontera de la Ciudad de Ceuta con el Reino de Marruecos.....58
  
- OPTRAL suministra a los equipos cable para CCTV por fibra en el Centro de Transportes de Coslada, en Madrid.....59
  
- El puente de Oresund.....60

SUMARIO

Una fibra óptica consta de un núcleo conductor de la luz, un cladding y un recubrimiento primario. No tiene prácticamente propiedades mecánicas, térmicas, de resistencia a la humedad, etc, que la protejan frente al medio en el que se encuentra.

Las fibras ópticas deben localizarse en el interior de cables para protegerlas, permitir manejarlas e identificarlas durante la instalación y a lo largo de su vida útil.

Dada la gran variedad de condiciones ambientales y métodos de instalación, existen diferentes construcciones que protegen las fibras de toda clase de esfuerzos durante su fabricación, almacenamiento, transporte, instalación y operación.

Una forma de clasificar las construcciones es por la clase de recubrimiento secundaria elegido. Este puede ser:



**Estructura ajustada**

En los cables de construcción ajustada se deposita directamente sobre la fibra una capa de material termoplástico (buffer). La fibra así recubierta pasa a tener un diámetro de 0,9 mm, en lugar de los 0,25 mm, lo que permite que sea más fácilmente identificada, manejada, y lo que es más importante, que pueda ser directamente conectorizada.

La capa de material plástico, ajustada a la fibra, la protege mecánicamente y de la humedad.

Dado que las fibras ajustadas se usan en muy distintas aplicaciones, hay diferentes variantes en el diseño del cable. La estructura más simple consta de una o dos fibras dentro del mismo buffer, el cual se rodea de fibras de aramida o vidrio y se protege finalmente con una cubierta de material termoplástico (fig.1). Otra posibilidad, cuando el cable requiere mayor número de fibras, consiste en cablear varias unidades como la anterior y protegerlas conjuntamente con una cubierta. De esta manera los cables individuales pueden ser sangrados y conectados a diferentes puntos de una forma muy fácil y sin que las fibras queden desprotegidas (fig.2). En los cables de distribución los buffers se cablean entre sí, se rodean de elementos de tracción y se les dota de una cubierta exterior común (fig.3)

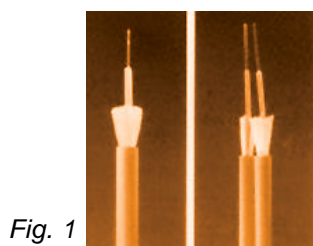


Fig. 1

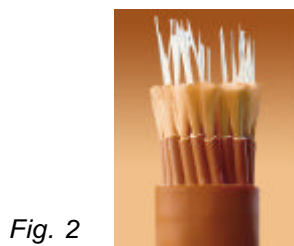


Fig. 2

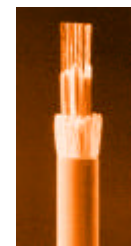
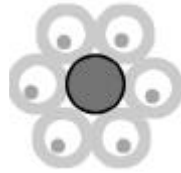


Fig. 3

**Estructura holgada**

El elemento básico de un cable de estructura holgada es el tubo. En este tipo de cables las fibras van embebidas en el interior de un tubo relleno de gel. El diámetro interior del tubo es sensiblemente mayor que el que se necesitaría para las fibras de forma que éstas puedan moverse con holgura en su interior. Además las fibras tienen una sobre longitud, con respecto al tubo, que varía entre el 0,05 % y el 0,10 %.

Los cables pueden fabricarse cableando varios tubos alrededor de un elemento central, construcción multitubo o "stranded loose tube", o partiendo de un único tubo central, construcción monotubo o "central tube"



*Stranded loose tube*



*Central tube*

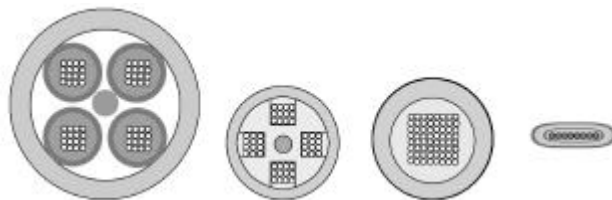
**Slotted core**

En este tipo de diseños, sobre un elemento central se extruye un perfil con ranuras, posteriormente las fibras se cablean de forma que queden en el interior de estas ranuras, protegidas por las paredes de las mismas y por una cubierta exterior que las cierra.



**Estructura Ribbon**

Las cintas de fibra se diseñaron para incrementar la densidad de fibras, reducir los elevados costes de instalación, empalme y medida y facilitar la manipulación.



Las fibras, dispuestas en paralelo se empaquetan con un material plástico. Esta empaquetadura además las protege mecánicamente y de la humedad. Al igual que en los cables ajustados hay diferentes variantes: La estructura mas simple consta de la cinta de fibras rodeadas de hebras de aramida. El conjunto se termina con un cubierta de material termoplástico. Otra posibilidad consiste en introducir una o varias cintas dentro de un tubo relleno de gel. El tubo puede ser único, central, o pueden ser varios cableados alrededor de un elemento central. Por ultimo las cintas de fibra pueden ubicarse en las ranuras de un elemento central ranurado, "slotted" de forma parecida a como lo hacen las fibras individuales en este tipo de construcciones:

PROCESO BÁSICO DE FABRICACIÓN

- Pintado

El primer paso en la construcción de un cable óptico es el coloreado de las fibras para su identificación, aunque en el caso de cables ajustados no es necesario, pues al haber un buffer por fibra, el color de éste sirve de identificación.

Las fibras se colorean para facilitar su identificación. Para ello, se les aplica una capa de colorante de unas 3 a 6 micras. La fibra se desenrolla de la bobina, pasa a través de un sistema que por electricidad estática elimina el polvo, y se introduce en la unidad de coloreado ; al salir de ésta, entra en un horno de secado por ultravioletas y se bobina de nuevo.

- Recubrimiento secundario

El segundo paso consiste en la aplicación del recubrimiento secundario, ya sea éste ajustado, holgado o Ribbon. En el caso de los cables "slotted core" este proceso no es necesario pues las fibras se cablean directamente sobre el elemento central ranurado. En los cables holgados, una o varias fibras coloreadas se desbobinan simultáneamente, introduciéndose en una extrusora que deposita sobre ellas un tubo de material termoplástico, de un diámetro interior mucho mayor al de las fibras, de forma que éstas queden holgadas en su interior. Simultáneamente, una bomba inyecta en el interior del tubo un gel hidrófugo, siendo muy importante que el gel esté completamente libre de burbujas de aire ; el tubo pasa por una bañera, en la cual se enfría y en la que se controla su contracción longitudinal, de forma que se asegure una determinada sobre-longitud de las fibras ; finalmente, el tubo con las fibras y el gel en su interior se enrolla en una bobina.

En los cables ajustados, una sola fibra sin necesidad de estar coloreada, se desbobina, pasa a través de un horno que elimina completamente la humedad que pudiera contener y se introduce en la extrusora, que deposita, ajustada sobre ella, una capa homogénea de material termoplástico ; después de enfriarse en una bañera, la fibra recubierta se enrolla en una bobina.

- Cableado

Una vez las fibras tienen su recubrimiento secundario, ya sea éste holgado o ajustado, pueden ser cableadas para formar conjuntos de un número variable de fibras. El cableado consiste en reunir varias fibras uniformemente alrededor de un elemento central (no siempre necesario), en forma de hélice. El conjunto se encinta o ata para que mantenga su forma. El cableado en hélice puede ser a detorsión, es decir, las bobinas en las que se encuentran cada una de las fibras se colocan en un plato que gira de forma tal que las fibras se depositan en el conjunto sin sufrir ningún tipo de torsión axial, esto es: no se retuercen sobre su eje. Es la forma de cableado más adecuada para las fibras con recubrimiento secundario ajustado. En este caso, el cableado - la hélice - siempre va en el mismo sentido.



Otra forma de cableado muy popular es la SZ. En este sistema, el sentido de la hélice va alternando periódicamente de derecha a izquierda.

El cableado SZ tiene ventajas para la terminación del cable, pues permite que el sangrado de fibras se realice más fácilmente. No es adecuado para las fibras con recubrimiento secundario ajustado pues las fibras sufren torsiones axiales.

- Cubierta

Las fibras con recubrimiento secundario, cableadas o no, deben ser protegidas para poder ser utilizadas.

En los cables ajustados mono-fibra o bi-fibra, una o dos fibras con recubrimiento secundario ajustado se desbobinan al mismo tiempo que unos elementos de tracción que las cubren, y entran simultáneamente en la extrusora, ésta deposita una capa de material termoplástico. El conjunto pasa a través de una bañera en la que se enfría y se enrolla sobre una bobina.

En los cables de múltiples fibras en un solo tubo, éste se desenrolla, pasa a través de una espiraladora, que deposita helicoidalmente unas hebras de aramida o vidrio y se introduce en la extrusora, que deposita sobre el conjunto una capa de material termoplástico, el conjunto se enfría en la bañera y se enrolla sobre una bobina.

Los conjuntos de fibras con recubrimiento secundario ajustado cableadas se desbobinan al mismo tiempo que unos elementos de tracción, que las cubren, y entran simultáneamente en la extrusora que deposita una capa de material termoplástico, el conjunto se enfría en la bañera y se enrolla sobre una bobina.

Ésta es la forma en que se construyen los cables elementales. En la siguiente sección, al explicar cuales son los elementos de un cable óptico, se explicará también la construcción de cables más complejos, "Slotted Core" y "Ribbon".

## ELEMENTOS DE UN CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Un cable óptico consta de los siguiente elementos funcionales:

1. Fibras
2. Elemento central
3. Elementos de tracción
4. Elementos de bloqueo de la humedad
5. Blindaje, tipos
6. Cubierta, tipos

### 1. Las fibras

Las fibras se dividen en dos tipos:

- Monomodo
- Multimodo

Las monomodo pueden ser:

- Fibras optimizadas a 1310 nm, G-652, 3 ps (nm x Km) @ 1310 nm, 18 ps (nm x Km) @ 1550 nm.
- Fibras para multiplexación, non zero dispersion, G-655, 5.5 - 10 ps/nm x Km @ 1530 - 1565 nm.

Las multimodo, a su vez, pueden ser:

- 50 / 125
- 62,5 / 125
- 100 / 140
- 200 / 230
- Especiales

ISO 11801. Las fibras multimodo de 50 / 125 y 62,5 / 125 se clasifican, según esta norma, en:

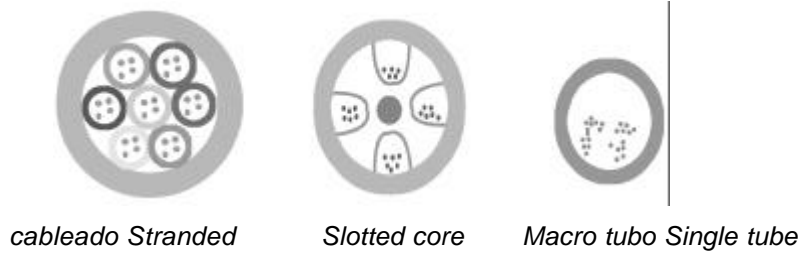
- OM-1 MM62 / MM50 - 200 MHzxKm @ 850 nm / 500MHzxKm @ 1300 nm
- OM-2 MM62 / MM50 - 500MHzxKm @ 850 nm / 500MHzxKm @ 1300 nm
- OM-3 MM50-1500MHzxKm @ 850 nm / 500MHzxKm @ 1300 nm (optimizadas para trabajar a 10 Gb/s a 850 nm).

### 2. Elemento central, construcción

Excepto los cables monofibra, bifibra y algunas construcciones Ribbon sencillas, los cables ópticos constan de gran numero de fibras. Las formas básicas en que estas se reunen podemos clasificarlas como sigue:

- Buffers (ajustados u holgados) cableados
- Slotted core
- Macrotubo

En la construcción cableada los buffers se depositan helicoidalmente sobre un elemento central de tracción.



El cableado en hélice convencional, si se realiza en una cableadora planetaria a detorsión, trata a las fibras de la forma más delicada posible, por lo que es el sistema que ofrece más fibabilidad y durabilidad a los cables. La construcción slotted core consiste en un perfil con ranuras longitudinales y en hélice o en SZ. Las fibras con recubrimiento primario se depositan sobre estas ranuras para que queden protegidas y al mismo tiempo estén libres en su interior.



La construcción macro tubo consiste de un único tubo central que contiene todas las fibras del cable con recubrimiento primario. El diámetro del tubo puede variar entre 6 y 10 mm. Cuando el número de fibras es muy elevado estas se agrupan en bundles (haces) para su mejor identificación y manipulación.

**3. Elementos de tracción**

Un cable óptico debe poseer la suficiente solidez como para aguantar los esfuerzos de instalación y operación. Las fibras deben estar libres de esfuerzos que aumenten su atenuación y reduzcan su vida útil. Los responsables de evitar que estos esfuerzos se transmitan a la fibra son los elementos de tracción. Los elementos de tracción deben tener una elevada carga de rotura y una mínima elongación. Es decir, al estar sometidos a un esfuerzo, deben soportarlo sin romperse ni alargarse. Los elementos de tracción pueden ser metálicos o dieléctricos. El elemento mecánico mas común es un cable semi-rígido de acero galvanizado. Los elementos dieléctricos tienen la ventaja de no conducir la electricidad y ser más ligeros, siendo los mas habituales las fibras de aramida y los perfiles FRP, de fibra de vidrio o aramida poltrusionada.



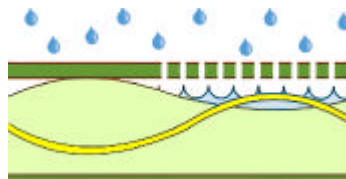
Los elementos de tracción se localizan normalmente en el centro del cable y son rígidos, No obstante, para conseguir cables flexibles, más fáciles de manipular, se utiliza también la técnica de colocar fibras de aramida o fibra de vidrio en la periferia de los buffers. Los cables con un único tubo central tienen también los elementos de tracción situados en la periferia, pudiendo ser rígidos o flexibles.

Los cables aéreos, que se tienden entre postes formando vanos, deben tener elementos de tracción importantes para evitar que tengan que ser atados a un fiador preinstalado. Normalmente tienen figura de 8.

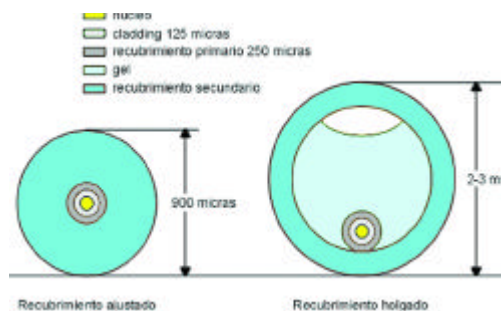


#### 4. Bloqueantes de la humedad

Uno de los principales enemigos de la fibra óptica es la humedad. Por ello es muy importante que los cables estén contruidos de forma que eviten la penetración del agua, su absorción por parte de los materiales, o la formación de gotas por condensación. Los cables de construcción holgada, con tubos en cuyo interior se sitúan las fibras (250 micras), son proclives a tener problemas de humedad, por lo que los tubos deben rellenarse con un gel que evite que la eventual introducción de agua en algún punto se traslade a lo largo del tubo. En la figura adjunta se puede ver como a través de las grietas del tubo penetra la humedad, que queda bloqueada por el gel.



Los cables de construcción ajustada tienen un comportamiento excelente frente a la humedad por lo que no precisan gel. Como puede verse en la figura adjunta, una gruesa capa en relación a las 250 micras íntimamente ceñida a ella protege a la fibra de la humedad, no dejando que esta penetre, si no es antes atravesándola.



Igualmente, debemos evitar que el agua circule a través del cableado, para ello, tradicionalmente también se utiliza gel. Recientemente, han aparecido hebras, cintas e incluso polvo de material, que al contacto con el agua, produce gel. Tienen la ventaja de ser mucho más cómodos de trabajar.

#### 5. Blindaje

Cuando un cable debe soportar esfuerzos mecánicos extremos es conveniente dotarlo de una armadura. Las armaduras pueden ser metálicas o dieléctricas. Las metálicas, en el caso de los cables ópticos tienen la desventaja de eliminar una de sus grandes ventajas, su condición dieléctrica; es decir, a través de la armadura hay una unión eléctrica entre los diferentes puntos que el cable une. Por el contrario la armadura dieléctrica mantiene estos puntos completamente aislados entre sí.

Las armaduras metálicas mas utilizadas son:

1. Tubo de acero corrugado
2. Trenza de acero
3. Corona de hilos de acero

Las armaduras dieléctricas mas utilizadas son:

1. Espiral hilos de aramida
2. Espiral hilos de fibra de vidrio
3. Trenza de fibra de vidrio
4. Cintas de aramida antibalísticas
5. Corona perfiles de aramida o vidrio.

ARMADURAS METÁLICAS

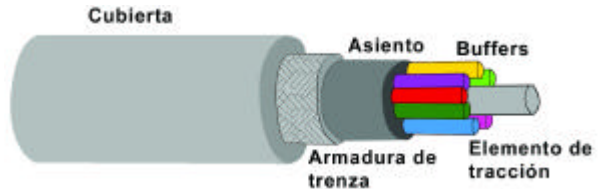
Tubo de acero corrugado

Es un tipo de armadura muy apropiada para cables directamente enterrados o para instalaciones aéreas en los que el cable se ata a un fiador externo. El acero corrugado defiende al cable de los roedores y añade resistencia al impacto y a la compresión. Tiene el inconveniente de que el cable armado de esta manera es muy rígido, tiene un radio de curvatura muy grande y una resistencia a la flexión muy baja (15 ciclos).

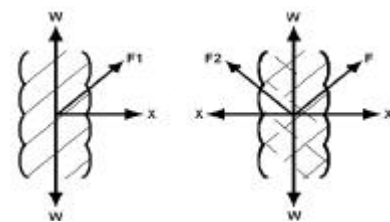


Trenza de acero

El proceso de trenzado consiste en que unos hilos pasen, diagonalmente, de tal forma que queden alternativamente por encima y por debajo de otros hilos situados diagonalmente en dirección opuesta. Dada su construcción equilibrada la trenza tiene propiedades únicas, pues ante toda clase de movimientos no se deshace ni se detorsiona, mantiene la disposición de los hilos intacta y por lo tanto la protección.



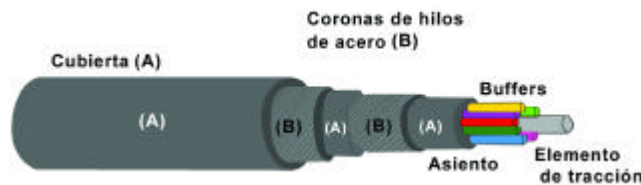
Tal como se observa en la figura, de una fuerza a lo largo del eje W resulta otra fuerza, F1, y en consecuencia otra, X, que tiende a detorsionar el recubrimiento. Por el contrario en la trenza, gracias a su construcción equilibrada, una fuerza similar W, produce fuerzas F1 y F2, iguales y opuestas que eliminan la tendencia a la detorsión.



La trenza de acero tiene una gran resistencia al impacto y la compresión pero además, su resistencia a la tracción y la cizalladura son muy elevadas. Los cables así blindados son flexibles, tienen un radio de curvatura muy bajo y la resistencia a la flexión es muy alta.

Corona de hilos de acero

La corona de hilos de acero es un sistema de blindaje de gran resistencia mecánica usado fundamentalmente como protección de cables submarinos, ya sean estos para grandes tramos en alta mar o bien en pequeños tramos costeros, en lagos y ríos. El número de hilos y su diámetro varía en función de la instalación y de las condiciones de utilización.



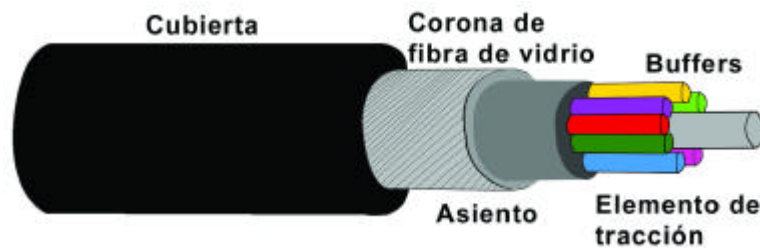
ARMADURAS DIELECTRICAS

## Espirales de hilos de aramida

La aramida es una fibra artificial que posee extraordinarias propiedades mecánicas, normalmente se usa como elemento de tracción, pero depositada longitudinalmente, en espiral, o en forma de trenza confiere al cable una gran resistencia mecánica sin apenas incrementar el peso y manteniendo una buena flexibilidad.

La forma más típica es colocar las fibras en espiral formando una corona de hilos, de esta forma el cable se mantiene flexible. El inconveniente de la corona es que con la manipulación las fibras pueden desplazarse de su posición original, acumulándose en algunos puntos y dejando otros al descubierto.

## Espirales de hilos de fibra de vidrio



La fibra de vidrio, aun teniendo buenas propiedades mecánicas, no iguala las de la aramida. No obstante tiene mejores propiedades como protección antirroedores y es una excelente barrera contra el fuego.

## Trenza de hilos de fibra de vidrio

La trenza, a diferencia de la espiral, dispone las fibras de tal modo que por mucho que el cable se manipule y adopte curvaturas pronunciadas, ni se deshacen ni se deterioran permaneciendo en el lugar deseado y protegiendo el cable en su totalidad. Si la resistencia mecánica debe incrementarse algunos filamentos de fibra de vidrio pueden sustituirse por aramida.

## ELEMENTOS DE CUBIERTA

La cubierta es la parte del cable que está en contacto directo con el entorno del cable, por lo tanto es la principal barrera ante las posibles agresiones que pueden afectar a la calidad de la señal conducida o a la vida del cable. Por ello los materiales escogidos deben poseer:

- Propiedades mecánicas
  - Tenacidad
  - Flexibilidad
  - Resistencia a la tracción
  - Resistencia a la compresión y al impacto
  - Resistencia a la abrasión
  - Resistencia al aplastamiento
  
- Propiedades térmicas
  - Expansión y contracción
  - Reblandecimiento y punto de fluidez
  - Envejecimiento por calor, frío, cambios de temperatura
  - Fragilidad por frío
  
- Propiedades químicas
  - Estabilidad ante aceites e hidrocarburos, ácidos y alcalinos
  - Resistencia al ozono
  - Resistencia a los ultravioletas
  - Absorción de humedad
  
- Propiedades eléctricas
  - Antitracking
  
- Propiedades antifuego
  - Resistencia a la llama
  - Propagación del incendio
  - Emisión de humos

### Polietileno (PE)

El polietileno se ha usado en la industria del cable por su excelente comportamiento como dieléctrico. En los cables ópticos no se precisa esta característica pero la costumbre de la industria del cable, su facilidad de procesamiento y su bajo precio lo han impuesto también como cubierta.

Las resinas de polietileno comprenden una familia de materiales derivados de la polimerización del etileno. Son básicamente resinas de hidrocarburo con pequeñas cantidades de aditivos que le confieren las propiedades necesarias.

Las resinas de polietileno se clasifican en función de su densidad:

- Polietileno de baja densidad (LDPE).- Es un material con una temperatura de trabajo de entre - 65° C y + 75° C. Tiene una muy baja absorción de agua y aunque es inflamable, puede ser formulado para mejorar sus propiedades al respecto. Sus propiedades mecánicas no son muy buenas.

- Polietileno de alta densidad (HDPE).- Es parecido en todo al polietileno de baja densidad, pero tiene propiedades mecánicas mejoradas.
- Polietileno de media densidad (MDPE).- Es un compromiso entre las propiedades de los dos primeros.
- Polietileno lineal (LLDPE).- Es un nuevo tipo de PE que tiene las ventajas del LDPE (facilidad de procesamiento, bajo precio) y las propiedades mecánicas del HDPE.

#### Poliamida (PA)

La poliamida es el producto de la polimerización de aminoácidos o de la condensación de una poliamina con un ácido policarboxílico. La poliamida se utiliza en la industria del cable como material de cubierta, pues tiene una gran resistencia a la abrasión así como una buena resistencia química. Otra ventaja de la poliamida es su bajo coeficiente de fricción lo que hace que deslice con gran facilidad por el interior de tubos y canaletas. Las desventajas de la poliamida son, no obstante, importantes: su rigidez, su fragilidad y su relativamente alta tasa de absorción de humedad.

Como se consigue obtener grandes ventajas de la poliamida es combinándola con otros materiales, PVC o PE, etc.

#### Poliuretano

Los poliuretanos se obtienen de la reacción de poliéster hidroxilos o prepolimeros de polieter con isocianato. Estas resinas, a temperatura ambiente tienen las propiedades físicas de los cauchos siendo termoplásticos. Su carga de rotura y elongación son excelentes y con ellos se obtienen cubiertas duras, flexibles y resistentes a la abrasión. Su resistencia a aceites e hidrocarburos es muy buena, así como su resistencia al ozono y a la radiación ultravioleta. Tiene un coeficiente de fricción elevado por lo que no desliza con facilidad.

#### Cloruro de polivinilo (PVC)

Desarrolladas en los años 30, las resinas de cloruro de polivinilo rápidamente fueron utilizadas como material aislante en la industria del cable. Sus excelentes propiedades mecánicas, resistencia a la oxidación, al ozono, a los rayos ultravioletas, a temperaturas de hasta 100° C y su facilidad de proceso y bajo precio, le convirtieron rápidamente en el material más utilizado como aislante y cubierta de cables de energía y comunicaciones. En los cables ópticos se utiliza también como recubrimiento secundario y como cubierta. Su único inconveniente en la práctica es la elevada presencia de halógenos, que en caso de incendio se desprenden en forma de gases peligrosos, sofocantes y corrosivos, por lo que su empleo en el interior de edificios es cada vez más restringido.

#### Polímeros fluorocarbonados (ETFE, ECTFE, PVDF, FEP, PFA)

Son compuestos a base de resinas fluoradas. Estas resinas se caracterizan por su bajísima flamabilidad, extraordinarias características mecánicas y resistencia química excepcional. A pesar de ser termo-plásticas su punto de reblandecimiento es muy

alto. Su coeficiente de fricción es muy bajo por lo que deslizan con gran facilidad lo que hace que su instalación sea muy cómoda y rápida. Otra gran ventaja es su extremadamente bajo nivel de absorción de humedad y su resistencia a todo tipo de aceites, e hidrocarburos. Sus únicos inconvenientes son un precio elevado y la presencia de halógenos. A este respecto hay que aclarar que a pesar de ello en EE.UU se acepta su instalación en interiores, pues a pesar de contener halógenos son mucho mas seguros en caso de incendio que la mayoría de cables con cubierta cero halógenos.

#### Cubiertas libres de halógenos

En caso de incendio los cables pueden jugar un papel muy importante en su propagación y en la generación de importantes efectos colaterales. Es por ello que en cables que deben ser instalados en el interior de edificios se exige un determinado comportamiento ante el fuego.

Durante años el PVC se ha utilizado como material de aislamiento y cubierta en cables instalados en el interior de edificios. Si bien el comportamiento de determinadas formulaciones de PVC es bueno ante la propagación de la llama y el incendio, su comportamiento en lo que respecta a la cantidad de humo y sus características es muy negativo. Por ello han surgido en los últimos años compuestos que, además de no propagar el incendio, desprendan poca cantidad de humo, lo mas transparente posible y sin contener halógenos que son sofocantes y corrosivos.

La base de estos polímeros es PE o EVA, materiales que sin formular son muy inflamables pero que desprenden humos casi transparentes y gases libres de halógenos. Para solucionar el problema de la flamabilidad, al compuesto básico se le añaden, en porcentajes de hasta el 50%, alúminas que al llegar a los 250º, por la influencia de las llamas, se descomponen y desprenden moléculas de agua ; la evaporación de este agua hace que la combustión pierda energía, la temperatura baje y la concentración de gases inflamables y oxígeno se reduzca gracias al vapor generado, extinguiéndose de esta forma el fuego. Las propiedades mecánicas de estos compuestos se parecen a las del PE.

#### Compuesto nitrílico (NBR)

El caucho nitrílico es un copolímero de acrílo nitrilo y butadiene. Formulado con PVC, adquiere una gran resistencia a la intemperie y al ozono, así como muy buenas propiedades mecánicas, especialmente la abrasión. No obstante, sus mejores características son: La excelente resistencia a aceites e hidrocarburos y su gran flexibilidad, incluso en temperaturas muy bajas.

**Tabla-resumen de características de materiales empleados en cubiertas de cables**

PE = Polietileno

LSZH = Compuesto cero halógenos, baja emisión de humos, retardante a la llama

PVC = Policloruro de vinilo, formulación típica para cubiertas de cables

PUR = Poliuretano, tipo para cubiertas de cable

PA = Poliamida, tipo de cubiertas de cable

NBR = Caucho nitrilo formulado con PVC

ETFE = Etileno tetrafluoretileno

**Comportamiento Mecánico**

Descripción	PE	LSZH	PVC	PUR	PA	NBR	ETFE
Flexibilidad	Media	Media	Alta	Muy alta	Baja	Excelente	Alta
Resistencia a la tracción	Media	Media	Media	Muy alta	Excelente	Media	Excelente
Resistencia a la compresión y al impacto	Media	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Excelente
Resistencia a la abrasión	Media	Baja	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Excelente
Resistencia al aplastamiento	Media	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Excelente

**Comportamiento Térmico**

Descripción	PE	LSZH	PVC	PUR	PA	NBR	ETFE
Expansión y contracción	Media	Media	Media	Media	Muy baja	Baja	Muy baja
Reblandecim. y pto. de fluidez	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto	Medio	Muy alto
Envejecimiento por calor, frío, cambios de temperatura	Medio	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio	Muy bajo
Fragilidad por frío	Media	Media	Baja	Muy baja	Baja	Muy baja	Muy baja

**Propiedades químicas y ambientales**

Descripción	PE	LSZH	PVC	PUR	PA	NBR	ETFE
Estabilidad ante aceites e hidrocarburos	Media	Media	Buena	Exce.	Muy buena	Excelente	Excelente
Estabilidad ante los ácidos	Buena	Buena	Buena	Media	Baja	Muy buena	Excelente
Estabilidad ante los alcalinos	Buena	Buena	Buena	Baja	Muy buena	Muy buena	Excelente
Resistencia al ozono	Exce.	Exce.	Exce.	Exce.	Exce.	Excelente	Excelente
Resistencia a los ultravioletas	Buena	Buena	Buena	Buena	Muy buena	Excelente	Excelente
Resistencia al agua	Exce.	Regular	Regular	Aceptable	Aceptable	Buena	Excelente

TIPOS DE CABLE

Cables de Interior

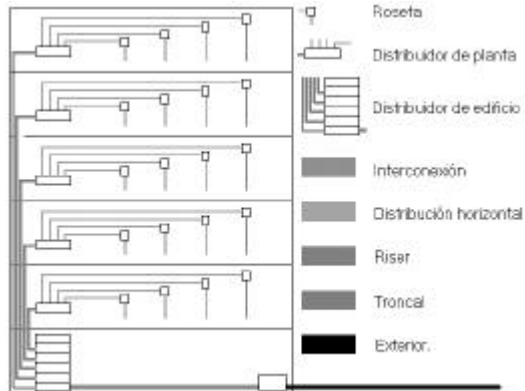
Las características que debe tener un cable de interiores son:

- Buen comportamiento ante el fuego
- Fácil manipulación, flexible y resistente
- Conectorización directa
- Secos, sin gel.
- Dieléctricos.

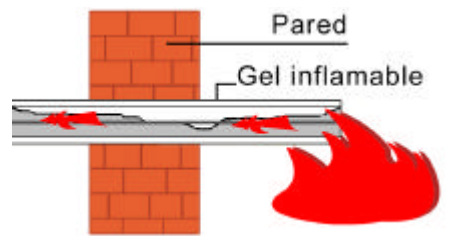
Por ello, los cables de interior deben ser ajustados

Diferentes cables de interior

Los cables de interior pueden ser troncales, que conectan la caja de transición de exterior a interior con el distribuidor de edificio, los riser o verticales que conectan el distribuidor de edificio con los distribuidores de planta, los de distribución horizontal que conectan el distribuidor de planta con las rosetas y los de interconexión que conectan la roseta con los equipos. Los cables que conectan la caja de transición de exterior e interior con el distribuidor del edificio son necesarios pues un cable exterior no debe ser colocado en el interior de un edificio, pues el gel que lleva en el interior de los tubos es inflamable, y a través del mismo, en caso de incendio, puede propagarse la llama; además, estos cables llevan cubiertas y asientos de armadura que no cumplen con las exigencias de resistencia a la llama y no propagación de humos exigidas en los cables alojados en el interior de edificios. Por tanto, tiene que ser un cable de construcción ajustada, sin gel y con una cubierta libre de halógenos.

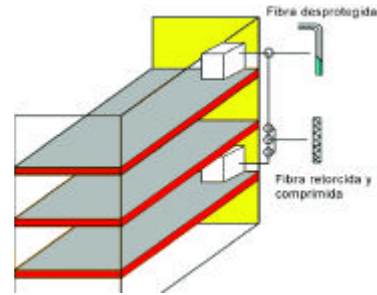


Los riser o cables verticales, que unen el distribuidor del edificio con las diferentes plantas, deben ser también ajustados, pues si son holgados sufren lo que se llama el proceso de migración axial. Como se ve en la figura, al tratarse de un tendido vertical, el gel tiene tendencia a migrar hacia la parte más baja del tramo, invadiendo, con el tiempo, las cajas de empalme; por otro lado, queda desprotegido de gel en la parte superior.





Por su parte, las fibras, que recordamos tienen una sobrelongitud, también se mueven de forma que sufren tensiones en la parte alta de la tirada y se acumulan en la baja, lo que hace aumentar la tensión debido a micro-curvaturas. Para el cableado horizontal, debemos utilizar también cables ajustados, fundamentalmente porque pueden ser conectados directamente.



### CABLES DE EXTERIOR

**Cables bajo tubo.**- Los cables bajo tubo están bien protegidos por éste, por lo cual, no necesitan en principio estar muy reforzados. Es importante que resistan bien la humedad, que sean totalmente estancos.

El tendido de este cable presenta algunos problemas, por lo que es importante que el cable sea ligero (el esfuerzo necesario es proporcional al peso del cable) y que su cubierta deslice lo mejor posible.

**Cables enterrados directamente.**- Este tipo de cables debe ser muy resistente mecánicamente, así como inmune a la humedad. Suelen ser cables pesados con armaduras de trenza de acero, cinta de acero corrugado o corona de hilos de acero o aramida. Siempre debe tener doble cubierta.

### CABLES ESPECIALES

- Cables submarinos

Los cables submarinos, además de resistir los esfuerzos de instalación, deben ser capaces de aguantar los esfuerzos debidos al movimiento del agua y la presión que ésta ejerce.

Para aguas someras, hasta 75 metros de profundidad, es suficiente un diseño como el de la figura adjunta, es decir, un cable armado con una doble corona de hilos de acero, de un diámetro individual de 1,4 mm.

Si el cable debe instalarse en aguas más profundas, se requieren diseños más complejos que incluyen tubos herméticos de acero o de cobre, coronas de yute, impregnaciones de brea, etc.



- Cables aéreos, cables autoportantes

Los cables aéreos deben tener un margen de temperatura de trabajo muy alto, pues deben soportar la acción directa de los rayos del sol y las altas temperaturas en verano y las bajas temperaturas invernales.

Los cables, si no son autoportantes, se tienden atándolos a un fiador, un cable normalmente de acero, por lo que su cubierta debe resistir bien este proceso. Los cables pueden ser autoportantes, es decir, dotados de elementos de tracción capaces de

soportar su propio peso, el efecto del viento y la eventual acumulación de hielo y nieve

en su superficie. Si se tienden en líneas de alta tensión, en la cercanía de cables de muy alto voltaje, deben tener cubiertas anti-tracking, capaces de resistir el efecto corona, que éstos producen.

- Cables anti-cazadores

Son cables aéreos capaces de resistir el impacto de los perdigones de los cartuchos de escopetas de caza. Son cables armados con "escudos" de aramida. Estos escudos son normalmente cintas de aramida que, solapadas a un 50%, recubren el cable.

- Cables OPGW

También llamados cables de tierra. En los tendidos de cable de alta tensión, se coloca siempre por encima de las líneas eléctricas, un cable metálico de gran sección que sirva de pararrayos, evitando así que éstos afecten a las líneas conductoras.

El cable OPGW no es más que un cable de tierra normal, cuyo elemento central es un núcleo óptico, es decir, un tubo extruido o soldado de acero o aluminio, en cuyo interior se encuentra un conjunto de fibras ópticas.

La combinación del núcleo óptico y el cable de tierra constituye una solución muy económica y eficiente.

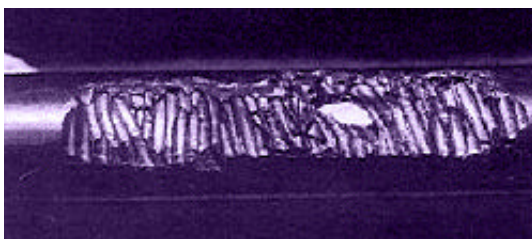
## CABLES ANTI-ROEDORES

Cuando hablamos de un cable anti-roedores, deberíamos decir, más propiamente, cables relativamente resistentes a los roedores. Debiéramos también saber que cualquiera de los cables habitualmente comercializados como tal son, en realidad, parcialmente resistentes a las agresiones de estos pequeños mamíferos.

Aunque efectivamente existen cables extraordinariamente protegidos, su enorme rigidez, peso, volumen y desde luego precio, hace que solo sean utilizados en contadas ocasiones.

Cualquier cable, sometido a numerosos condicionantes ambientales, es siempre un compromiso.

Sus propiedades de resistencia a tan numerosos factores, su facilidad de tendido e instalación, su no propagación de la llama y el incendio, su baja emisión de humos y desde luego el precio son ponderados en cada caso de forma muy distinta. Por ello,



aunque es posible construir cables anti-roedores con total garantía estos son muy raros y a veces inutilizables. Por ello, solo muy pocos cables metálicos, ya sean de potencia, control o comunicaciones, llevan protecciones especiales anti-roedores. Sin embargo, la mayoría de veces sin motivo, se exige a los ópticos que estén dotados

de barreras anti-roedores. Es por ello muy normal que se hayan desarrollado diferentes tipos de barreras que, mejorando las prestaciones de los cables ante este problema, no suponen un incremento sustancial en el precio y mantienen unos niveles de peso, volumen y flexibilidad aceptables.

Ello, no obstante, no debe hacernos olvidar que el problema de los roedores, estando el cable bien instalado, se presenta pocas veces y que cuando se presenta, es complejo y a veces muy gravoso, y la mayoría de las veces su solución es ajena al cable.

Existen diferentes tipos de armaduras anti-roedores, las mas conocidas son:

### 1. Metálicas

#### 1.1. Tubos de pared gruesa

##### 1.1.1. Plomo

##### 1.1.2. Acero

##### 1.1.3. Aluminio

#### 1.2. Coronas de hilos de acero

#### 1.3. Trenzas de hilos de acero

## 2. Dieléctricas

### 2.1. Tubos poltrusionados de fibra de vidrio

### 2.2. Tubos de poliamida u otros materiales plásticos



### 2.3. Coronas de varillas de fibra de vidrio poltrusionada

### 2.4. Hebras de fibra de vidrio depositadas sobre el cable

#### 2.4.1. Longitudinalmente

#### 2.4.2. En espiral



#### 2.4.3. Trenzadas

## 3. Biológico - químicas ( repelentes, tóxicos )

Hasta la fecha todos los sistemas basados en la toxicidad o sabor u olor repelente no han tenido éxito por lo que nos ceñiremos a las barreras mecánicas.

## CONCLUSIÓN

Las armaduras metálicas, las mas utilizadas y por su relación garantía / precio, están entrando en un cierto desuso dado que desbaratan una de las grandes ventajas de los cables ópticos, su condición dieléctrica.

Las armaduras dieléctricas, al contrario, van a mas pero todavía son mas caras y presentan menores garantías que algunas ( no las más habituales ) armaduras metálicas.

A continuación hacemos una comparativa de armaduras, metálicas y dieléctricas, mas utilizadas y una valoración de su efectividad relativa (Cuadro comparativo)

## CUADRO COMPARATIVO

ANÁLISIS COMPARATIVO ARMADURAS METÁLICAS Y DIELECTRICAS						
Tipo	Fiabilidad	Experiencia	Ligereza	Flexibilidad	Asequible	Notas
Tubo de plomo	9	10	0	2	2	23 Solo utilizado en casos muy extremos, impen-sable en la mayoría.
Fleje de acero corrugado	7	10	3	3	8	31 Si bien el acero se co porta excelentemente, para que el cable sea aceptablemente ligero, flexible y barato, los es pesores de fleje son endeblen lo que redu ce su fiabilidad.
Corona de hilos de acero	8	10	1	1	4	24 Si los hilos son de diá metro adecuado su fia bilidad es muy alta pero el precio también.
Trenza de hilos de acero	8	10	3	7	6	34 La trenza, formada por hilos de diámetro ade cuado es muy fiable y, además, es el único sis tema metálico flexible.
Tubo poltrusionado de vidrio	8	1	6	2	5	22 Si bien parece muy fia ble no existe una espe riencia suficientemen te larga.Los cables así protegidos son muy rígi dos y deben trabajarse con herramientas especiales.
Corona de varillas de fibra de vidrio poltrusionada	6	2	7	2	5	22 Más ligeras que el acero las varillas de fibra de vidrio poltru sionadas son tremen damente rígidas y su eficacia ante los roe dores aún no está muy contrastada.
Hebras de F.V. depositadas longitudinalmente	3	5	8	4	9	29 Al depositar la FV lon gitudinalmente esta, al doblar el cable, de ja partes del mismo desprotegidas.
Hebras de F.V. depositadas helicoidalmente	4	5	8	6	8	31 Las fibras al no estar sujetas entre sí, si el cable, durante la insta lación o más tarde, su fre dobladuras repeti das, se reparten de desigual forma
Hebras de F.V. depositadas en trenza	6	5	8	9	6	32 La fibra, al estar tren zada, siempre, por mas que el cable se doble se mantiene recu briendo al 100% el cable.

**LA SEGURIDAD ANTE EL FUEGO Y LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA**

En caso de incendio o catástrofe de cualquier tipo, los cables, ya sean de comunicaciones o de transporte o distribución de energía, deben no solo ser capaces de no originar o propagar el incendio; sino de mantener la comunicación a pesar del aumento de temperatura, presencia de llamas, etc..

Los cables ópticos, y particularmente los dieléctricos, al carecer de elementos metálicos, nunca podrán ser la causa inicial del fuego, ni presentarán riesgo de descargas, inducciones, etc.; pero, si no son correctamente seleccionados, pueden colaborar a su propagación o sufrir sus consecuencias:

Estos serían los riesgos catastróficos a evitar:

- **Propagación del incendio:** La o las cubiertas, o algunos de los componentes del cable pueden ser transmisores de la llama.
- **Generación de humos:** En caso de incendio, los humos generados por la combustión del cable o sus componentes pueden ser altamente corrosivos, con lo que producirán daños suplementarios a las instalaciones; tóxicos, con el consiguiente peligro si son inhalados por las personas; o tan opacos que impidan la visibilidad o la reduzcan muy sensiblemente
- **Interrupción de la comunicación:** Este es un peligro no menor que los anteriores, pues puede ser la causa de cierre o no apertura de puertas, no accionamiento de alarmas o dispositivos de emergencia, etc...

Por todo ello, para que un cable sea absolutamente seguro al ser instalado en:

- Interiores
  - Túneles
  - Locales de pública concurrencia
  - Instalaciones industriales con especiales requerimientos de seguridad (Minas, parques petrolíferos o de transporte, etc...)
- Deberá ser:
- Resistente a la llama
  - No emisor, en caso de incendio, de humos tóxicos, peligrosos, u opacos
  - No propagador del incendio

NORMATIVA	Resistencia a la llama	Propagación del incendio	Emisión de humos
Internacional	IEC-331 IEC-332-2-C	IEC-332-1 No prop. Llama No prop. Del incendio	IEC 754-1 IEC 754-2 IEC 1034-1 IEC 1034-2 IEC 2037-2
España	UNE 20431	UNE 50265-1 (Antes UNE 20432-1)	UNE 50267 (Antes UNE 21147-1)
		UNE 50266 (Antes UNE 20432-3)	UNE 50267 (Antes UNE 21147-2) UNE 50268-1 (Antes UNE 21172-1) UNE 50268-2 (Antes UNE 21172-2)

## COMPORTAMIENTO ANTE EL FUEGO

## Resistencia a la llama: (UNE 20.431)

Esta norma, prevista para cables eléctricos, define cómo *CABLE RESISTENTE AL FUEGO* a aquel que continúa su funcionamiento normalmente durante y después de un fuego prolongado, suponiendo que la magnitud del fuego sea suficiente para destruir los materiales orgánicos en la zona donde se efectúa la prueba.



Adaptando esta norma, y sustituyendo la puesta en tensión durante la prueba (3 h.) y posteriormente (12 h. Después) por medidas de atenuación en el cable, cuya variación garantice la transmisión, podríamos considerar el cable que supere el ensayo, como *CABLE RESISTENTE A LA LLAMA, O AL FUEGO*.

Conviene recordar al respecto, que se trata de una prueba a superar por un cable en sí, no pudiendo considerarse que sea una característica intrínseca de la cubierta. Esto es, un cable resistente a la llama **NO ES UN CABLE STANDARD CON UNA CUBIERTA ESPECIAL**. Deben ser tenidos en cuenta otros elementos, como podrían ser la presencia de gel antihumedad combustible, los materiales incluidos en los tubos o protecciones internas, las armaduras, etc..

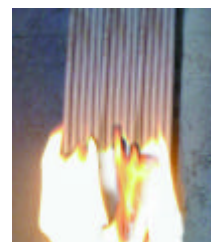
## No propagación de la llama: (UNE 50265-2-1 Antes UNE 20432-1 IEC332-1)

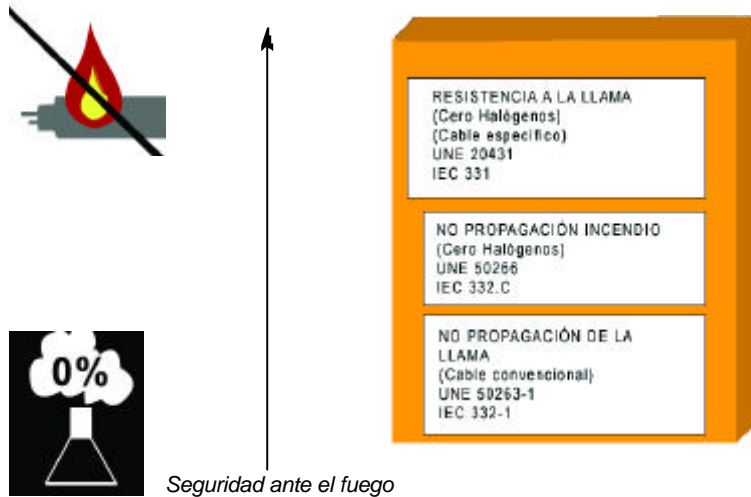
Son considerados como *NO PROPAGADORES DE LA LLAMA* los cables que superan los límites fijados por esta normativa para la propagación vertical de la llama para un conductor individual aislado, o un cable. Aplicada normalmente a cables convencionales, su cumplimiento no garantiza la no propagación del incendio en el caso de cables situados en una misma canalización o conducto.



## No propagación del incendio: (UNE 50266 Antes UNE 20432-3 IEC332-3)

Característica habitual de los cables libres de halógenos; son considerados como tales los que superan las pruebas de no propagación del fuego establecidas por la norma, agrupados por capas. El cumplimiento de esta norma sí garantiza la no propagación de la llama durante un incendio, y a partir del cable; pero no el inicio del fuego en el cable y su destrucción a partir de una fuente externa, por lo que, en aras de la seguridad, parece lógico escoger.





Emisión de humos: (une 50267 1-2-3 (Antes 21147-1-2) IEC 754-1-2

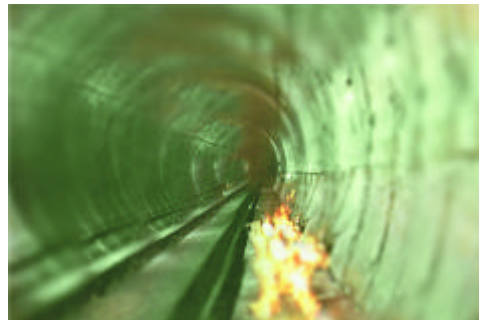
*Toxicidad y Corrosividad.* Los cables considerados como Libres de Halógenos, o Cero Halógenos, de acuerdo con la citada norma, deberán presentar un pH superior o igual a 4,3, lo que limita la acción corrosiva de los humos sobre el entorno (destrucción de máquinas o circuitos electrónicos, etc...) generando asimismo unas cantidades mínimas de CO y de CIH (inferior al 0,5%); lo que minimiza su toxicidad. Deberá presentar un Índice de Toxicidad (IT) acorde a lo estipulado en la norma UNE 21174- IEC 2037-2.

ESTA CARACTERÍSTICA PERMITE LIMITAR LOS RIESGOS DE INHALACIÓN DE GASES, A MENUDO LETALES, E IMPIDE LA CORROSIÓN DE LOS ELEMENTOS PRÓXIMOS AL CABLE.

Densidad de humos: (UNE 50268 ½ (ANTES 21172 ½) CEI 1034 ½

Según esta norma, la transmitancia lumínica recomendada será como mínimo; en condiciones de incendio, y para los humos producidos por los cables ensayados, de un 60% y con una medida estable durante 40 minutos.

Los cables libres de halógenos desprenden un humo casi transparente (Transmitancia lumínica superior al 90% a los 15 minutos de ensayo en cabina según UNE 50268).





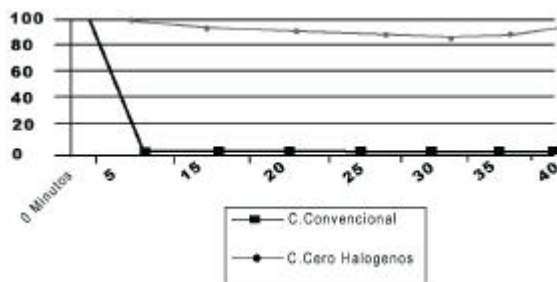


Diagrama comparativo de la evolución de la transmitancia en el tiempo para cables convencionales y libres de halógenos.

ESTA CARACTERÍSTICA PERMITE DISPONER EN CASO DE INCENDIO DEL TIEMPO Y DE LA VISIBILIDAD SUFICIENTES PARA UNAS CORRECTAS EVACUACIÓN Y ACTUACIÓN CORRECTIVAS.

En conclusión, para poder garantizar un comportamiento seguro en caso de incendio, será preciso seleccionar un cable de fibra óptica que cumpla con:

#### CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA AL FUEGO S/UNE 20431

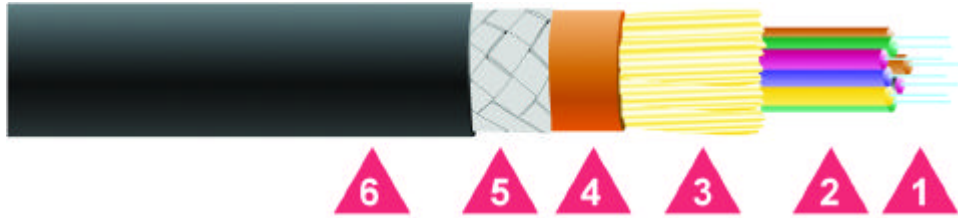
Construido con materiales libres de halógenos de forma que cumpla con:

- *BAJA CORROSIVIDAD S/UNE 50267 1-2-3 (pH > ó = 4,3 y bajos índices de CO y de CIH)*
- *BAJA TOXICIDAD (Índice de toxicidad < ó = 1,5 según UNE 21174)*
- *EMISIÓN DE HUMOS OPACOS. Transmitancia de luz suficiente según UNE 50268-2*

Y que, además, no precise de elementos auxiliares que forzosamente incorporen a la instalación materiales que no cumplan con lo anterior (Termorretráctiles, etc...).

**CDAD Y LOS NIVELES DE SEGURIDAD**

1. Fibra Óptica de estructura ajustada
2. Buffer a 900 m
3. Refuerzo de aramida
4. Cubierta interior LSZH
5. Armadura de trenza de fibra de vidrio
6. Cubierta exterior LSZH



Cable de distribución armado dieléctrico, antihumedad, flexible, libre de elementos rígidos, formado por "n" fibras ópticas de estructura ajustada (SM ó MM 62,5/125 ó MM 50/125) con recubrimiento individual a 900 µm, libre de gel, refuerzo común de aramida y cubierta interior, protección antirroedores mediante una armadura de trenza de fibra de vidrio y cubierta exterior LSZH, tipo CDAD.

Características	Normativa	Comportamiento de CDAD
Resistencia al fuego	UNE 20431	PASA
No propagación de la llama	UNE 50265	PASA
No propagación del incendio	UNE 50266	PASA
Emisión de halógenos (Cero Halógenos)	UNE 50266	LIBRE
Corrosividad de los humos	UNE 50267	pH min. 4,3
Índice de Oxígeno	ASTM D-2863	> 35%
Emisión de humos opacos	UNE 21172	Baja Densidad

Este es un valor añadido de las instalaciones ya realizadas con nuestro cable standard CDAD

CABLES ÓPTICOS PARA LAN

Un cable óptico debe ser:

- Duradero y fiable
- Fácil de tender e instalar
- De conectorización sencilla y rápida
- No propagador de incendio

Nuestros cables diseñados para:

- Distribución en interiores
- Distribución en "campus"

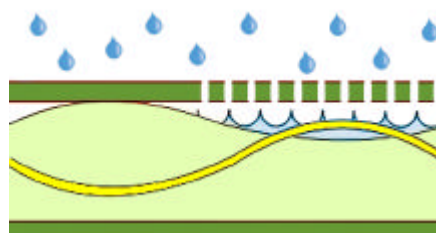
Son mucho más resistentes que los de estructura holgada, a los esfuerzos de tracción; impacto, compresión y cizalladura, típicos de estas instalaciones. También se comportan mejor ante el fuego, son mucho más resistentes a la humedad y resultan, dado su menor diámetro, menos expuestos a los roedores.

**Durabilidad y fiabilidad**

Las principales causas del envejecimiento prematuro de las fibras son la humedad, un fenómeno conocido como migración axial, la fatiga mecánica y en algunos casos los roedores.

**Resistencia a la humedad** .- Los cables de estructura holgada son proclives a tener problemas con la humedad. Aún en el mejor de los casos el gel y las fibras sólo rellenan el 85% del volumen interior del tubo, quedando por tanto cavidades huecas en su interior. Si en estas, ya sea por condensación o por filtración, se da la presencia de agua, podemos estar seguros que tarde o temprano acabará entrando en contacto con la fibra, que, recordemos, sólo tiene un recubrimiento primario de 250 micras. Si durante la instalación el cable sufre esfuerzos mecánicos de consideración, es probable que se produzcan grietas y poros en los tubos que protegen las fibras.

Tal como se observa en la figura, el gel, que debería mantenerlas a salvo de humedad, deja tramos de fibra al descubierto. Estos tramos de fibra al entrar en contacto directo con el agua empezaran a degradarse. En las instalaciones interiores los cables se cortan y empalman múltiples veces. Cada vez que un cable holgado se conectoriza o se empalma se produce una discontinuidad en el tubo que queda abierto permitiendo la entrada de humedad y la salida de gel. La estanqueidad del conjunto queda rota.

**Influencia de la humedad en el comportamiento de los cables ópticos**

Todos los profesionales relacionados de una u otra manera con los cables ópticos han tenido referencias o, en el peor caso, amargas experiencias, del efecto negativo que la humedad produce cuando logra penetrar en un cable de fibra óptica.

**Efectos de la humedad sobre la fibra**

La humedad provoca en la fibra:

- Aumento progresivo de la atenuación
- Interrupción total de la comunicación
- Rotura de la fibra

Estos efectos se deben a dos causas distintas

- Una reacción química
- Esfuerzos mecánicos



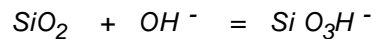
Las fibras ópticas están formadas básicamente por dióxido de sílice, SiO<sub>2</sub>, es decir, cristal. Se trata pues de un material frágil y quebradizo, que si bien presenta una espléndida zona elástica, carece de zona de fluencia, pasando rápidamente del límite elástico a la rotura.

Las fibras ópticas se obtienen al estirar una masa fundida de SiO<sub>2</sub>. La superficie de la fibra así obtenida presenta diminutas grietas que según su mayor o menor entidad determinan su resistencia mecánica.

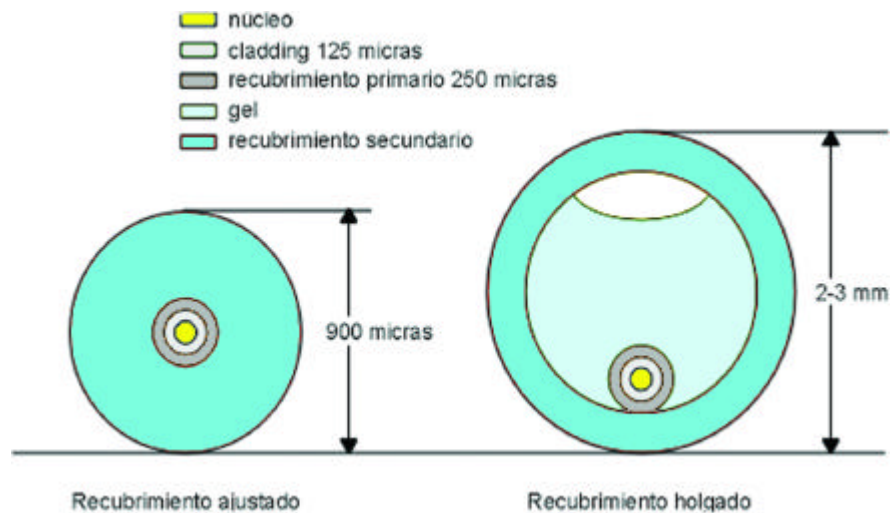
También en las grietas da inicio la reacción química que produce una degradación todavía mayor que la mecánica.

**Reacción química**

El agua contiene una mínima cantidad de radicales libres H<sup>+</sup> (ácidos) y OH<sup>-</sup> (básicos). Tal cantidad es, sin embargo, suficiente para desencadenar la siguiente reacción:



SiO<sub>3</sub>H<sup>-</sup> es un silicato que se asocia inevitablemente con el Na o Ca que contenga el agua para formar silicato sódico o bien silicato cálcico, los cuales si son solubles. Al entrar en contacto el agua con la fibra se inicia una corrosión cuya principal consecuencia es la profundización de las grietas que acaban convirtiéndose en auténticas cuñas que provocan un importante aumento de la atenuación, fragilización y finalmente la rotura de la fibra.



### Esfuerzo mecánico

La segunda causa de deterioro de las fibras por su contacto con la humedad tiene lugar por un efecto mecánico.

Las fibras ópticas tienen dos recubrimientos principales:

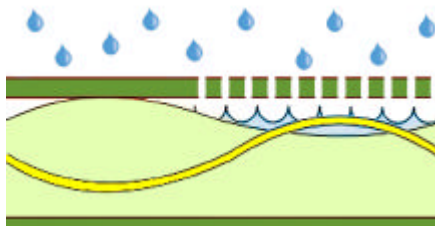
El recubrimiento primario formado por una leve capa de PBT de 62 micras de espesor íntimamente ajustado a su superficie y un recubrimiento secundario que puede ser de dos tipos: **Ajustado** y **Holgado**

### El recubrimiento holgado

Se desarrolló para solucionar los problemas productivos que suponían el extruir una gruesa capa de recubrimiento de material termoplástico directamente sobre el recubrimiento primario. Entonces (principios de los ochenta) no había forma de lograr atenuaciones aceptables, ya que la capa de recubrimiento al enfriarse y contraerse, después de la extrusión, sometía a la fibra a grandes esfuerzos.

Hubo que abandonar la técnica de recubrimiento ajustado y desarrollar una nueva, la de recubrimiento secundario holgado.

Esta consistía en extruir sobre las fibras un tubo holgado como recubrimiento, de forma que la fibra quedara en su interior libre de contracciones.



Esta fué una solución a los problemas de producción; pero rápidamente se vió que esta construcción dejaba a la fibra desprotegida frente a la humedad.

Para solucionar el problema se inyectó gel en el tubo. De esta manera se solucionó el problema principal y se pudieron por fin construir cables de fibra con atenuaciones aceptables.

Durante muchos años los cables de construcción holgada fueron los únicos instalados en exteriores, en todo tipo de distancias; e interiores si las distancias eran medias o cortas. Los problemas y sobre todo las incomodidades de manipular semejantes cables existían, pero la falta de una alternativa obligaba a su empleo.

De hecho, y en el caso que nos ocupa, la resistencia a la humedad daba problemas. Efectivamente el gel, en este tipo de cables, no rellena el tubo en un 100%. Lo habitual es alcanzar protecciones del 85%. Ello asegura la existencia de burbujas y la inevitable, con el tiempo, penetración y presencia de agua : por filtración, o absorción a través de las paredes del tubo , por fisuras producidas durante la instalación, , o por condensación.

Si el cable construido a base de estos tubos está expuesto a temperaturas de congelación, las partículas de agua en el interior del recubrimiento secundario, al convertirse en hielo, presionan a las fibras induciendo en ellas micro curvaturas. Estas micro curvaturas producen desalineamientos puntuales del eje óptico de la fibra que se traducen en grandes aumentos de atenuación que acaban por inutilizar las fibras

#### El recubrimiento ajustado

Es la construcción lógica, es decir, una gruesa capa de material íntimamente ceñido a la superficie de la fibra sin dejar así lugar al agua o al aire húmedo.

Nos dió muchos quebraderos de cabeza a los fabricantes de cable pero , finalmente, hoy se producen sin ningún problema y consiguiendo atenuaciones de igual nivel que en el recubrimiento holgado.

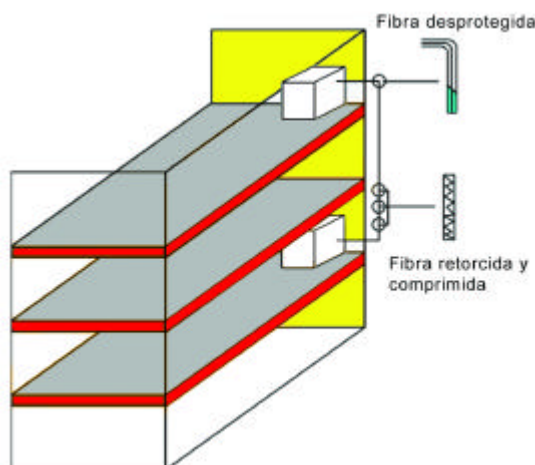
Las fibras así recubiertas son prácticamente inmunes a la humedad que solo puede llegar a ellas, accidentes a parte, por la absorción de agua del recubrimiento.

Normalmente los fabricantes utilizan el mismo tipo de recubrimiento que el usado en el sistema de tubo holgado, PBT. Esto se debe al hecho de que este material tiene un coeficiente de dilatación térmica muy bajo, lo que elimina problemas en el proceso de recubrimiento. No obstante no es un material excelente en lo que a absorción de agua se refiere.

En Optral utilizamos como recubrimiento secundario la construcción ajustada que realizamos con ETFE, material de nula absorción de agua, prácticamente imposible de humectar. De esta manera mantenemos las ventajas inherentes del recubrimiento secundario ajustado y eliminamos el único factor por el que, en este sistema constructivo, es posible la llegada de agua a la fibra, su absorción. También utilizamos mezclas de acrilatos altamente resistentes a la humedad y fibras con capas intermedias de silicona - acrilato que rellena completamente las micro-fisuras, aislándolas por completo de la humedad.

En resumen podemos decir, sin ningún reparo, que los cables fabricados con fibras protegidas con un recubrimiento secundario ajustado son más resistentes a la humedad, más fiables y duraderas.

**Migración Axial.**- El gel es un fluido y aunque su viscosidad es alta se comporta como tal, es decir fluye. A su vez las fibras, que no están fijadas en el interior del tubo, también se mueven. Este hecho produce importantes problemas cuando se tiene un tramo vertical. Tal como se observa en la figura, en lugar de mantenerse en la posición deseada, se acumula en la parte inferior provocando curvaturas y rizos que harán aumentar la atenuación de forma considerable. Por contra en la parte superior no habrá gel, pues este, al igual que la fibra, habrá migrado, por gravedad,



hacia la parte inferior del tramo; dejando la fibra desprotegida en un punto especialmente crítico. Otra consecuencia indeseable es que el gel se introduce en las cajas de distribución y empalme creando graves problemas y haciendo muy difícil cualquier reparación o re-configuración del sistema.

**Resistencia a la fatiga.**- El material que utilizamos para las cubiertas de nuestros cables supera en mucho al PE en estas características. Después de muchas flexiones el PE se vuelve quebradizo dejando de proporcionar al cable la resistencia mecánica necesaria. El PVC, al contrario, tiene una buena resistencia a la fatiga. Pero en este aspecto la cubierta no es la única en jugar un papel muy importante, el recubrimiento secundario juega uno aun mayor. Si la fibra estuviera protegida por un material sólo flexible, este no le evitaría muchos esfuerzos que acabarían por fatigarla prematuramente.

Nuestros cables están formados por fibras protegidas individualmente por un recubrimiento de PBT. Hemos escogido este material por su gran tenacidad, resistencia a la fatiga y sobre todo su resiliencia. La resiliencia es una característica de gran importancia en los cables ópticos. Un material resiliente responde de forma muy viva a los esfuerzos a los que es sometido; si se le hace flexar lo hará, pero apenas la fuerza desaparezca, el material volverá vigorosamente a su estado inicial. Esto es debido a que el material reacciona al esfuerzo sometido tensionándose y devolviéndolo por lo que el material, en nuestro caso la fibra, que se encuentra en su interior no recibe casi esfuerzo alguno.

**Resistencia a los roedores.**- Las bandejas y canaletas de los edificios son un camino ideal para los roedores. Si el tendido de los cables se realiza a través de ellas puede que en algún punto formen una barrera de corte y no habrá armadura metálica, acero corrugado incluido, capaz de oponérseles.

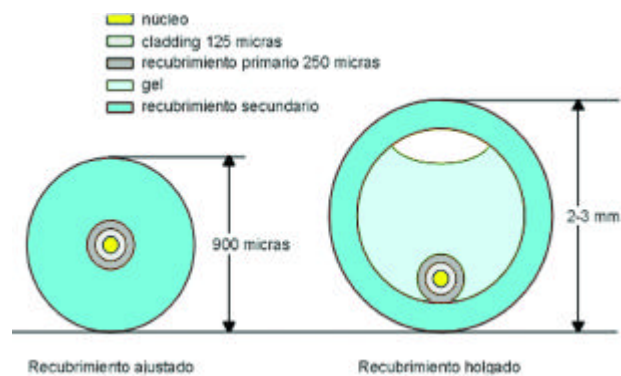
Pero si los conductos son lo bastante grandes podemos estar seguros de que las

ratas no van a representar un problema. Por ello la mejor solución para evitar el problema es la utilización de cables lo más delgados posibles y si aún así nos preocupa la integridad del cable, acudir a armaduras de fibra de vidrio.

**Facilidad de instalación**

**Diámetro reducido** .- Los esfuerzos que sobre un cable pueden llegar a producirse al tirar de él a través de conductos repletos de otros cables y tubos pueden llegar a ser muy grandes. Por ello, si es delgado, será más difícil que se atasque, y que por lo tanto sea necesario vencer esta resistencia con un esfuerzo suplementario. Además su superficie en contacto con otros elementos que provoquen roce será menor. La suma de estos dos factores representa un ahorro importantísimo en el esfuerzo final al que el cable se ve sometido durante su tendido. Nuestros cables son mucho más cómodos de instalar, por lo que sufren una fatiga menor durante la instalación. Por el contrario, la instalación de cables holgados es una tarea tediosa e incómoda. Se trata de cables pesados y gruesos, enormes si los comparamos con cables de igual número de fibras con recubrimiento ajustado

Como se observa en el dibujo adjunto, estos son compactos, ligeros y tienen radios de curvatura pequeños; por lo que pueden ser doblados sin esfuerzos sobre esquinas o curvas muy cerradas.



**Peso reducido** .- Cuanto más pesado y voluminoso sea el cable, más difícil y engorrosa será su instalación y mayor el esfuerzo a tracción que deberá soportar durante el tendido. En la tabla siguiente se compara el peso de algunos cables holgados con sus equivalente fabricados por Optral, S.A.

Nº Fibras	Optral	C.E.Holgada
4	27	95
6	33	95
6	37	125
12	44	125

Como puede verse los cables con recubrimiento secundario holgado pesan más del TRIPLE que los cables de idéntico número de fibras de construcción ajustada.

**Conectorización directa**

Para conectar un cable holgado el instalador debe retirar la cubierta, el fleje, el asiento de armadura y el tubo, después limpiar cada una de las fibras para liberarlas del



gel y posteriormente empalmar cada una con un latiguillo. Los empalmes se colocan dentro de una bandeja y los latiguillos van a un patchpanel.

Por contra los cables ajustados no requieren pigtaills, ni kits de empalme. Con ellos cables se logra un importante ahorro de tiempo y materiales y unas atenuaciones totales en la línea mucho menores.

		holgada	ajustada
Caja		100	100
12 Empalmes		200	n/n
12 Pigtaills ST		100	n/n
Bandeja		10	n/n
12 Conectores ST		n/n	40
Preparación del cable	1.5 h.	30	n/n
Montaje empalmes	2.0 h.	40	n/n
Montaje conectores	1.5 h.	n/n	30
Coste total		480	170

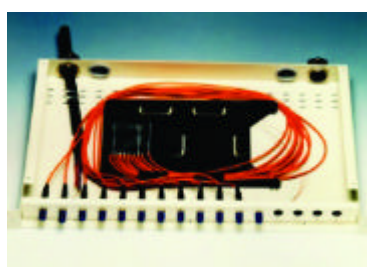


Fig. 1 Caja terminal de rack para cable holgado

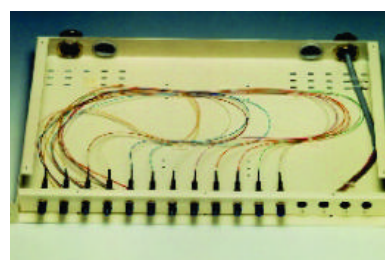


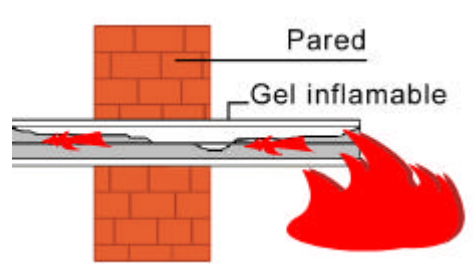
Fig. 2 Caja terminal de rack para cable ajustado

### Propagación del incendio

Un cable óptico, a diferencia de otro eléctrico nunca puede provocar un incendio pero si propagarlo. Para evitar que esto ocurra los fabricantes de cables ópticos empleamos materiales ignifugados.

No obstante en el interior de los cables holgados hay un elemento propagador del fuego. El gel. Los geles son compuestos altamente inflamables. En los cables ajustados no hay gel. El recubrimiento ajustado, recordemos, hace necesaria su aplicación.

Como el material de cubierta es auto-extinguible, el cable arde dificultosamente, no propaga la llama y emite muy poco humo. Además, al tener tan sólo una tercera parte de la masa de sus equivalentes holgados, nuestros cables, al arder, aportan menos "leña al fuego" y producen muchísimo menos humos durante la combustión.



### Ventajas del empleo de los cables flexibles

Corroborando lo anterior, reproduciremos a continuación el relato de una prueba de presión puntual sobre este tipo de cable, en la que se pone de manifiesto lo expuesto. El cable empleado es de tipo CDAD (Cable de Distribución Anti-roedores Dieléctrico) producido en nuestra planta de Pineda de Mar (Barcelona).

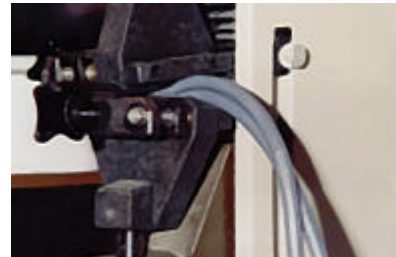
#### CDAD, fuerte y flexible a la vez

Tal y como se observa en las imágenes siguientes, nuestro cable CDAD, a pesar de su gran flexibilidad, comodidad y economía de instalación, es, por encima de todo, un cable extremadamente robusto y resistente.

En la primera figura observamos como una muestra de CDAD es introducida, doblada sobre si misma, entre las mordazas de un dinamometro. En un extremo de una de las fibras del cable hay conectada una fuente de luz y al otro un medidor de potencia. La lectura es 0.0 dB.



En la segunda imagen vemos como el cable es aplastado por una presión de 500 Kg.



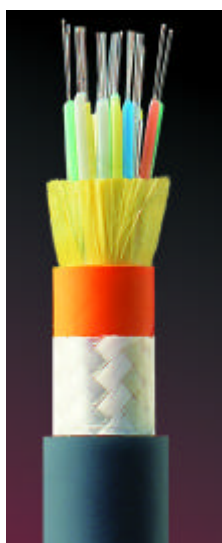
En la figura tres podemos ver el cable tal como queda tras la presión ejercida.



Como vemos en la figura cuatro, a pesar del tremendo esfuerzo recibido, la fibra no se ha roto sino que mantiene su atenuación inalterada.

Fibras multimodo vs. Gigabit ethernet

Gigabit Ethernet ha provocado un nuevo ciclo de vida de las fibras multimodo (GIMM) hacia la nueva generación de los sistemas de comunicaciones. OPTRAL dá cumplida respuesta a este reto con los cables confeccionados en base a la Fibra Óptica HiCap®



La rápida demanda de mayores velocidades de transmisión ha provocado la necesidad de aplicaciones troncales (backbone) con tasas de transmisión de 1 Gb/s o superiores. En Junio de 1998, el IEEE aprobó el Standard Gigabit Ethernet desarrollado por el comité IEEE 802.3z. Este nuevo estándar, así como sus aplicaciones, han provocado un nuevo ciclo de vida de las fibras multimodo (GIMM) hacia la nueva generación de los sistemas de comunicaciones.

El estándar Gigabit Ethernet requiere el uso de lasers en lugar de los tradicionales LEDs como fuentes de luz, ya que estos no pueden ser modulados a velocidades de Gigabit por segundo. Sin embargo, durante el desarrollo de este estándar, utilizando dispositivos láser, se observó un importante retardo de modo diferencial (DMD) en algunas fibras multimodo de índice gradual (GIMM) que provocaba un incremento importante de la tasa de error (BER). Se pudo comprobar que este fenómeno era debido a distorsiones en el perfil del núcleo de la fibra, donde los láser inyectan la mayor parte de su potencia. Para solucionar este problema, el estándar aconseja el empleo de complejos latiguillos MM-SM.

Por último, para permitir el uso de sistemas Gigabit Ethernet en redes de cable ya instaladas, (incluyendo algunas fibras con distorsiones en el perfil del núcleo), tuvieron que ser definidas las distancias relativamente moderadas en el estándar Gigabit Ethernet, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla-1 Distancias máximas Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z)				
	SX (850nm)	Distancia	LX (1300 nm)	Distancia
<b>MM 62,5/125</b>	160 MHz x Km	220 m.	500 MHz x Km	550 m.
	200 MHz x Km	275 m.	500 MHz x Km	550 m.
<b>MM 50/125</b>	400 MHz x Km	500 m.	400 MHz x Km	550 m.
	500 MHz x Km	550 m.	500 MHz x Km	550 m.

Para dar cumplida respuesta a este reto, OPTRAL suministrará, bajo pedido, cables elaborados en base a fibras ópticas de perfil altamente preciso tipo HiCap®, cuyo rendimiento se ajusta a las siguientes especificaciones:

Tabla-2 Alcance máximo del enlace realizado con F.O. HiCap®:		
Tipo de Fibra	SX (850 nm)	LX (1300 nm)
Fibra Standard HiCap® 62,5/125	400 m.	1 000 m.
Fibra Standard HiCap® 50/125	750 m.	2 000 m.

---

**CABLES DE FIBRA ÓPTICA OPTRAL PARA 10 GIGABIT ETHERNET**

---

**1-ESPECIFICACIONES DE FIBRAS MULTIMODO.****1.1 Aplicación: 10 Gigabit Ethernet hasta 65 m.:**

- Tipo de fibra: MM 62,5/125 (Conforme ISO/IEC 11801 ,CEI 60793-2, EN 50173)
- Atenuaciones máximas: 3,2 dB/Km (850 nm); 1,0 dB (1300 nm)
- Anchos de banda mínimos: 200 MHz x Km a 850 nm; 500 MHz x Km. a 1300 nm
- Apertura numérica: 0,275 +/- 0,015
- Diámetro del núcleo: 62,5 +/-3 µm
- No circularidad del núcleo: <= 6%
- Diámetro revestimiento: 125 +/- 2 µm
- No circularidad revestimiento: <= 1%
- Diámetro recubrimiento primario: 245 +/- 10 µm

**1.2 Aplicación 10 Gigabit Ethernet hasta 150 m.**

- Tipo de fibra: MM 50/125 Max Cap 150 (Conforme TIA/EIA-492 AAAC)
- Atenuaciones máximas: 2,5 dB/Km (850 nm); 0,7 dB (1300 nm)
- Anchos de banda mínimos: 700 MHz x Km a 850 nm; 500 MHz x Km. a 1300 nm (Overfilled bandwidth). 950 MHz x Km a 850 nm (Laser launch)
- Apertura numérica: 0,200 +/- 0,015
- Diámetro del núcleo: 50 +/-2,5 µm
- No circularidad del núcleo: <= 6%
- Diámetro revestimiento: 125 +/- 2 µm
- No circularidad revestimiento: <= 1%
- Diámetro recubrimiento primario: 245 +/- 10 µm

**1.3 Aplicación 10 Gigabit Ethernet hasta 300 m.**

- Tipo de fibra: MM 50/125 Max Cap 300 (Conforme ISO/IEC 11801 tipo OM-3)
- Atenuaciones máximas: 2,5 dB/Km (850 nm); 0,7 dB (1300 nm)
- Anchos de banda mínimos: 1500 MHz x Km a 850 nm; 500 MHz x Km. a 1300 nm (Overfilled Bandwith). 2000 MHz x Km. a 850 nm (Laser launch)
- Apertura numérica: 0,200 +/- 0,015
- Diámetro del núcleo: 50 +/-2,5 µm
- No circularidad del núcleo: <= 6%
- Diámetro revestimiento: 125 +/- 2 µm
- No circularidad revestimiento: <= 1%
- Diámetro recubrimiento primario: 245 +/- 10 µm

## 2-ESPECIFICACIONES DE FIBRAS MONOMODO:

**2.1 Fibra óptica de grado standard Monomodo utilizada en cables de construcción ajustada.**

- Tipo de fibra: SM 9/125-250 SI Dispersión standard (S/ UIT G-652 y CEI 60793-2)
- Diámetro del revestimiento: 125 +/- 1 µm
- No circularidad del revestimiento: <= 2%
- Diámetro del recubrimiento primario: 245 +/- 10 µm
- Diámetro del núcleo: 9,3 +/- 0,5 µm
- Índice de refracción: 1,467 a 1310 y 1550 nm
- Máx. Diam. Campo modal: 9,3 +/- 0,5 µm
- Prueba de esfuerzo máx.: >= 100 Kpsi
- Atenuación máxima : 0,40 dB (1310 nm) 0,25 dB (1550 nm)
- Máx. dispersión cromática: 3 ps/nm x Km (1285-1330 nm) 18 ps/nm x Km (1550 nm)

## 3- DESCRIPCIÓN DE LOS CABLES

**3-1 CABLES PARA PLANTA EXTERIOR (OSP)****3.1.1: CABLE DE FIBRA ÓPTICA TIPO DPDP (EXTERIOR- DIELECTRICO)**

Cable de exterior, armado, dieléctrico, estanco, libre de elementos rígidos, formado por "n" fibras ópticas (de cualquier tipo de los antes indicados), con segunda protección holgada. Tubos activos, y, si la geometría lo requiere, pasivos, ambos de PBT; cableados sobre un elemento central de relleno. Protección antihumedad mediante gel hidrófugo. Dotado de cubierta interior, refuerzo de fibra de vidrio bloqueante al agua (WB), armadura de trenza de fibra de vidrio y cubierta exterior de PE linear de media/baja densidad.



1- Elemento Central

2- Fibras ópticas, diám. Exterior 250 µm. Identificables mediante código de colores

3- Tubos de protección holgada, con gel antihumedad

4- Fibras waterblocking (Fibra de vidrio reforzada.)

5- Cubierta interior

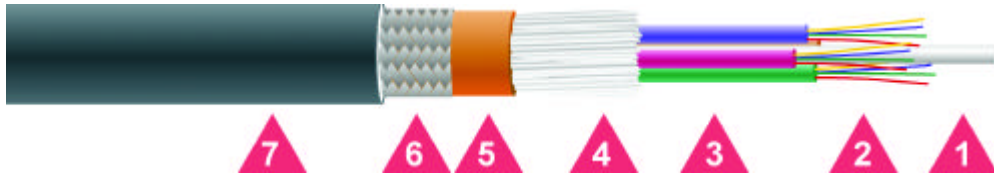
6- Armadura protectora dieléctrica

7- Cubierta exterior PE linear

Temperatura de servicio: -20° C a + 70° C. - Curvatura: 20 x Diámetro exterior

**3.1.2 CABLE DE FIBRA ÓPTICA TIPO DPMP (EXTERIOR- ARMADURA METÁLICA)**

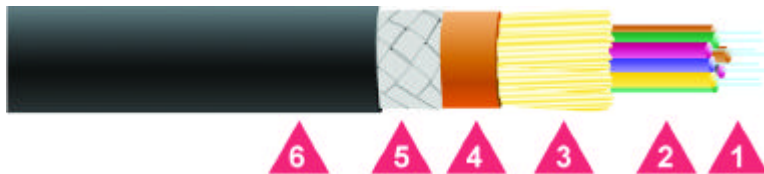
Cable de interior/exterior, armado, estanco, libre de elementos rígidos, formado por "n" fibras ópticas (de cualquier tipo de los antes indicados), con segunda protección holgada. Tubos activos , y ,si la geometría lo requiere, pasivos , ambos de PBT; cableados sobre un elemento central de relleno. Protección antihumedad mediante gel hidrófugo. Dotado de refuerzo de fibra de vidrio bloqueante al agua (WB), cubierta interior de PE, protección contra roedores de trenza de acero y cubierta exterior de PE lineal de media/baja densidad.



- 1- Elemento Central
  - 2- Fibras ópticas, diám. Exterior 250  $\mu\text{m}$  .Identificables mediante código de colores
  - 3-Tubos de protección holgada, con gel antihumedad
  - 4-Fibras waterblocking (Fibra de vidrio reforzada.)
  - 5- Cubierta interior
  - 6-Armadura protectora construida con trenza de acero
  - 7- Cubierta exterior PE lineal
- Temperatura de servicio: -20° C a + 70° C. - Curvatura: 20 x Diámetro exterior

**3.1.3 CABLE DE FIBRA ÓPTICA IGNÍFUGO TIPO CDAD (INTERIOR-EXTERIOR DIELECTRICO)**

Cable de Distribución armado dieléctrico, antihumedad, ignífugo, flexible, libre de elementos rígidos, formado por "n" Fibras ópticas de estructura ajustada, (de cualquier tipo de los antes indicados) con recubrimiento individual a 900  $\mu\text{m}$ , libre de gel, refuerzo común de aramida y cubierta interior, protección antirroedores mediante una armadura de trenza de fibra de vidrio y cubierta exterior LSZH.

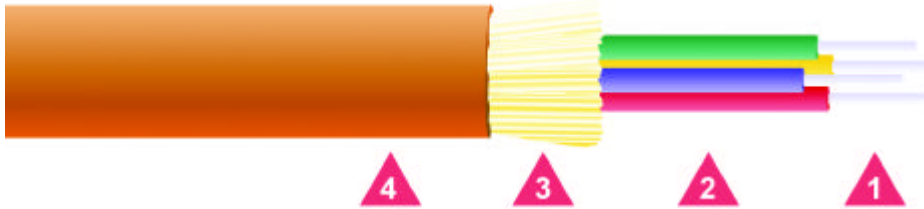


- 1-2 Fibra óptica de estructura ajustada (Diám. Ext. 900  $\mu\text{m}$ ,) fácilmente pelable, e identificable mediante código de colores.
  - 3-Elemento de refuerzo constituido por hebras de aramida
  - 4- Cubierta interior
  - 5- Armadura de trenza de fibra de vidrio
  - 6- Cubierta exterior LSZH
- Temperatura de servicio: -20° C a + 70° C. - Curvatura: 10 x Diámetro exterior

## 3.2 CABLES PARA EL INTERIOR DE EDIFICIOS (LSZH)

## 3.2.1 CABLE DE FIBRA ÓPTICA TIPO CDI

Cable de Distribución, de interiores, antihumedad, flexible, dieléctrico, formado por "n" Fibras ópticas de estructura ajustada, (de cualquier tipo de los antes indicados) con recubrimiento individual a 900  $\mu\text{m}$ , libre de gel, refuerzo de aramida y cubierta exterior común LSZH.



1-2 Fibra óptica de estructura ajustada (Diám. Ext. 900  $\mu\text{m}$ ,) fácilmente pelable, e identificable mediante código de colores.

3- Elemento de refuerzo constituido por hebras de aramida

4- Cubierta exterior

Temperatura de servicio: -20° C a + 70° C. - Curvatura: 10 x Diámetro exterior

## UTILIZACIÓN DE CABLES DE F.O. EN INSTALACIONES DE SEGURIDAD CCTV

Si bien las aplicaciones más conocidas de la fibra óptica se encuentran en la industria de las telecomunicaciones; cada vez es más frecuente el empleo de esta tecnología en otros trabajos, como pueden ser las instalaciones de control industrial y de seguridad, en los sistemas de telecontrol, detección de intrusiones, y en general en todas aquellas que precisan del envío o detección de señales distantes de una forma segura y con un alto nivel de calidad. Concretamente, dentro del campo de la seguridad, y concretamente en los sistemas de vigilancia CCTV, la utilización de la fibra óptica presenta las siguientes ventajas:

**Mayor longitud:** en cada enlace cámara-monitor, sin empleo de repetidores; con relación a la alcanzada con cualquiera de los modelos de cable coaxial empleado habitualmente. Por otra parte, la adecuada elección del cable de fibra óptica a emplear, permitirá un tendido y conectorización de los extremos relativamente sencilla, con un grado de dificultad similar al del cable eléctrico.

**Aumento de seguridad:** La fibra no induce ningún tipo de señal, siendo a la vez inmune a las radiaciones externas; por lo que es imposible la captura o deformación de señales por inducción, contacto superficial, etc... Cualquier actuación sobre un cable de F.O. implica su fuerte aumento de atenuación, lo que lo hace inmediatamente localizable.

**Incremento de la calidad de la imagen:** Por las mismas razones descritas anteriormente, la calidad de la imagen recibida se mantiene en muy altos niveles, incluso en zonas o momentos con fuertes radiaciones electromagnéticas, tormentas atmosféricas o cualquier evento similar.

**Mayor duración del cableado:** Al no contener elementos degradables en el tiempo o por efectos de la oxidación, un tendido de cable de F.O. solo podrá ser destruido como consecuencia de una agresión física, accidental o causada.

**Fiabilidad:** Las razones apuntadas anteriormente (Inmunidad electromagnética, estabilidad en el tiempo, inaccesibilidad), así como las cada vez mayores prestaciones de calidad de los cables de F.O. aseguran una alta garantía de servicio a los circuitos CCTV realizados con este tipo de materiales. Incluso en caso de incendio, manteniendo la vigilancia de la zona afectada.

**Sencillez del cableado:** Una correcta selección de los equipos utilizados permitirá, en la mayoría de los casos, reducir al mínimo el número de cables a tender, utilizando un mismo cable para el control de movimiento de la cámara y el transporte de la señal de vídeo.

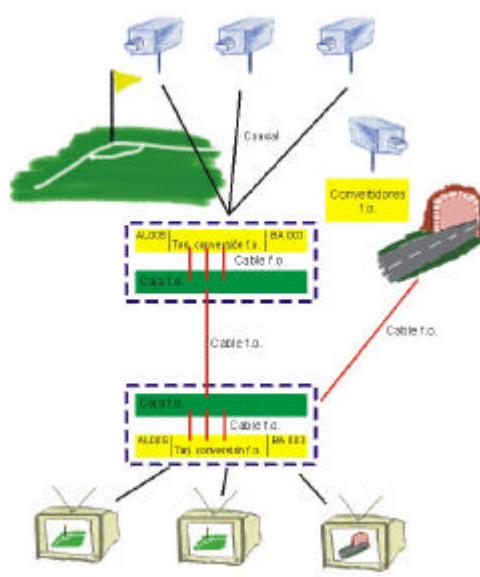
Hasta fecha reciente, estas ventajas evidentes, de sobra conocidas por los proyectistas y realizadores de este tipo de instalaciones, se veían frenadas por una serie de inconvenientes debidos a la puesta en práctica de cada una de ellas, derivados del escaso nivel de desarrollo de la tecnología de la fibra a nivel de instalador no especializado.



El impresionante incremento registrado por la industria de las comunicaciones, y en particular por todo lo concerniente a los cableados ópticos de redes locales e industriales; ha permitido simplificar estos trabajos hasta niveles de dificultad similares a los de las habituales instalaciones de cable coaxial.

Se mantiene, obviamente, el incremento de coste en cada enlace debido al obligado empleo de convertidores electroópticos; pero su precio y la amplitud de la oferta presente en el mercado los hacen cada vez más asequibles; como consecuencia directa del incremento de la demanda.

Analicemos a continuación la estructura básica de una instalación de CCTV, con enlaces cámara/ monitor realizados con Fibra Óptica:



Como se puede observar en la figura adjunta, básicamente se trata de establecer enlaces en estrella entre cada una de las cámaras que precisen, por algunas de las razones antes descritas, del empleo de fibra óptica; y la entrada de señal (Vídeo o vídeo+ señal de control de cámara) del centro de control.

Lógicamente, el hecho de emplear cable de fibra óptica en un montaje no obliga a realizar toda la instalación con este tipo de material; pudiendo establecerse la conexión óptica sólo entre aquellos equipos que lo necesiten. El resto se interconectarán de la forma habitual.

Los elementos básicos de un proyecto de este tipo, en lo referente al enlace óptico quedan resumidos como sigue:

**Convertidores electroópticos:** Son los responsables de la conversión y el envío de la señal óptica en eléctrica y vice-versa; instalándose uno de ellos en cada extremo del enlace (Tx. Vídeo en lado cámara y Rx Vídeo en lado control). De utilizarse cámaras con posibilidad de movimiento (domos) será preciso contar con equipos mixtos Vídeo+ señal de telemetría (habitualmente RS-232 ó RS 422). En la mayoría de los casos es posible el envío de ambas señales por una sola fibra. En función de la distancia a cubrir, estos equipos contarán con emisores LED que inyectarán la señal lumínica en la fibra en las longitudes de onda de 850 nm ó 1300 nm (fibras multimodo) o con emisores LASER que lo harán a 1300 nm (fibras monomodo). Sus características varían en función de este aspecto, siendo la más relevante la correspondiente a las pérdidas máximas en el enlace; cuyos valor medio oscila en torno a los 14-16 dB dB.

La instalación de los mismos puede realizarse a pié de cámara, o incluso yuxtapuesto a la misma (Tx), empleando equipos modulares; y mediante receptores (Rx) modelo tarjeta incluidos en bastidores de rack 19", situados en un armario próximo al monitor del centro de control.



*Equipos convertidores electroópticos para CCTV, modelos modulares y para rack 19"*



*Convertidor acoplable directamente a cámara*

Para su conexión al sistema, todos los modelos cuentan con un conector tipo BNC (Interfaz de cámara o monitor), y un conector óptico (habitualmente tipo ST para la fibra multimodo y FC o SC para la fibra Monomodo).

**Cables de fibra óptica:** Destinado a la transmisión de la señal óptica entre ambos convertidores (Tx y RX); está formado por un guionda óptico (fibra óptica) y una serie de elementos de protección mecánica que posibilitan su manejo e instalación.

**TIPOS DE FIBRA ÓPTICA:** Está formada por dos capas concéntricas de sílice (SiO<sub>2</sub>) con diferente índice de refracción, denominados: núcleo (capa central), y revestimiento (capa externa), que posibilitan la propagación de la señal en su interior. Ambos se encuentran recubiertos de una protección mecánica de material plástico (recubrimiento) hasta alcanzar un diámetro exterior de 250/  $\mu$ m.

En función de la proporción núcleo/revestimiento, las fibras ópticas utilizadas en CCTV pueden clasificarse como sigue:

Norma aplicable	UIT G-652	CEI 793-2
Tipo de F.O.	Monomodo (SM)	Multimodo (MM62)
Diámetro núcleo (um)	9,3 +/- 0,4	62,5 +/- 3
Diámetro revestimiento (um)	125 +/- 1	125 +/- 2
Atenuación a 850 nm (dB/Km.)	-	3,2
Atenuación a 1300 nm (dB/Km.)	0,45	1,0
Atenuación a 1500 nm (dB/Km.)	0,30	-

La elección de la fibra a emplear se hará en función de la distancia a cubrir, empleándose habitualmente la fibra monomodo (SM) para distancias superiores a 10 Km y la fibra multimodo 62,5/125 (MM 62) para las inferiores.

**CABLES DE FIBRA ÓPTICA:** Están formados por una o varias fibras cableadas alrededor de un elemento de conformación, y protegidas por una o varias capas de distintos materiales destinadas a dotar al conjunto de la resistencia a la tracción, protección mecánica, etc... necesarias para su utilización.

Habida cuenta del sistema de protección antihumedad utilizado, este tipo de cables se clasifican en dos grandes grupos:

**CABLES DE ESTRUCTURA AJUSTADA:** Cada fibra es protegida individualmente con material plástico hasta 900 um.(buffer o recubrimiento ajustado) .Sin necesidad de elementos rígidos de protección, lo que los hace extremadamente flexibles y resistentes al aplastamiento.

**CABLES DE ESTRUCTURA HOLGADA:** Las fibras a 250 um se agrupan, en número de hasta 12 , en el interior de tubos de PE de un diámetro aprox. De 2,5-4 mm. Este tubo contiene gel hidrófugo como protector antihumedad. En la mayoría de los casos presentan elementos rígidos de protección de las fibras.

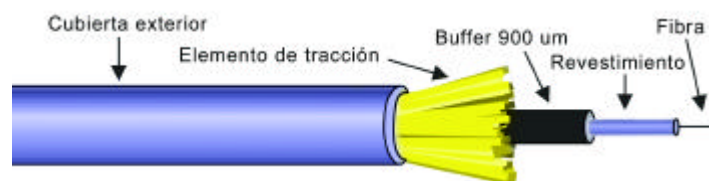
Se reseñan a continuación las ventajas inherentes a cada uno de los dos tipos de construcciones:

**HOLGADO**

- Varias fibras por tubo
- Con gel hidrófugo
- No Flexibles
- Conectorización delicada
- Densidad fibras alta
- Redes MAN / WAN

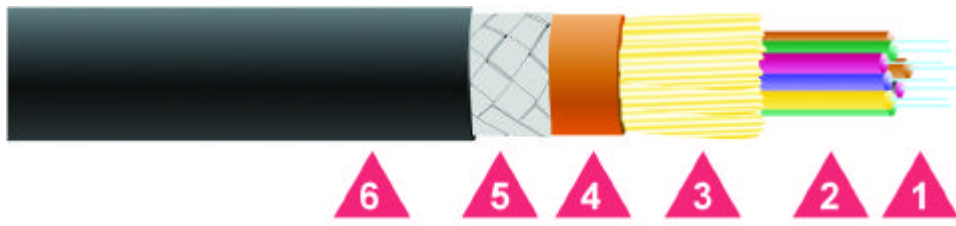
**AJUSTADO**

- 1 fibra por buffer
- Sin gel (prot. antihumedad intrínseca)
- Extremadamente flexibles
- Conectorización sencilla
- Densidad fibras baja
- Redes LAN / MAN



Descripción básica de un cable de f.o. estructura ajustada (Monofibra, interior)

Habida cuenta las características propias de las instalaciones CCTV, (Distancias de enlace relativamente cortas, habitualmente inferiores a 10 Km; posible entrada en interiores, tramos verticales, recorridos sinuosos, necesidad de funcionamiento en condiciones de riesgo, número de fibras por cable inferior a 24, etc...) son de aplicación las ventajas de los cables de estructura ajustada; la descripción de uno de cuyos modelos es la siguiente:



**Cable de F.O. tipo CDAD (OPTRAL):**

1. Fibra óptica (250 um)
2. Buffer (900 um)
3. Refuerzo de fibras de aramida (Elemento resistente)
4. Cubierta interior
5. Armadura antirroedores de trenza de fibra de vidrio
6. Cubierta exterior LSZH

Además de las ventajas inherentes a su característica de cable de estructura ajustada, el cable anteriormente descrito presenta la de ser un resistente al fuego, de acuerdo con lo indicado por la norma UNE 20431. De acuerdo con ello, la transmisión de señal se mantendrá durante un espacio de tiempo, aunque el cable estuviera sometido a la acción directa de la llama.

Esto, al margen de contar con una cubierta no emisora de humos corrosivos, opacos o peligrosos (libres de halógenos según UNE 50 266); lo que permitirá mantener la vigilancia, a pesar del fuego, en el área siniestrada.

Característica	Normativa	Comportamiento de CDAD
Resistencia al fuego	UNE 20431	PASA
No propagador de la llama	UNE 50265	PASA
No propagador del incendio	UNE 50266	PASA
Emisión Cero Halógenos	UNE 50266	LIBRE
Corrosividad de los humos	UNE 50267	PH mínimo: 4,3
Índice de oxígeno	ASTM D-2863	> 35%
Emisión de humos opacos	UNE 21172	Baja densidad

*Comportamiento ante el fuego del cable standard CDAD de OPTRAL*

Una vez seleccionado el cable y la fibra adecuados, el enlace entre el centro de control y las diferentes cámaras puede realizarse siguiendo dos esquemas:

1. Mediante cables de una o cuatro F.O. (En función de que se trate de señal de vídeo ó vídeo más telemetría) que interconecten el C.C. con cada una de las cámaras.

2. Mediante cables multifibras, de los que se segregaran las necesarias en cada punto de utilización.

La utilización de uno u otro de los métodos apuntados dependerá de las características propias de cada proyecto.

**Accesorios Varios:**

**CONECTORES**

El acabado final de los cables de fibra óptica (conectorización), ha sido considerado una de las dificultades para la realización de instalaciones con este tipo de cable, debido a lo costoso de los equipos necesarios, y la necesidad de una técnica especializada.

Si bien esto puede seguir siendo cierto para las instalaciones a realizar con F.O. monomodo (SM); no lo es tanto para aquellas que precisen de f.o. multimodo (MM) (Distancia de enlace de hasta 10 Km.) que constituyen la casi totalidad de los circuitos de vigilancia CCTV.

En cualquier caso, el gran desarrollo de las telecomunicaciones por F.O. ha propiciado la aparición en el mercado de un gran número de Empresas instaladoras muy habitadas a la realización de este tipo de trabajos en F.O. SM con un alto nivel de calidad.

Con referencia a la F.O. MM, el acabado final de los cables puede realizarse con conectores de cualquiera de los sistemas que permiten su montaje en obra con herramientas de gran sencillez, como el descrito en la figura siguiente:



**Conector para fibra óptica tipo ST:**

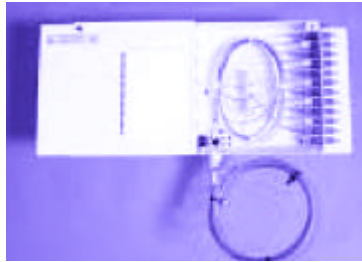
*En la figura se pueden observar los diferentes componentes del mismo:*

- *Cuerpo del conector*
- *Pinza de fijación de la fibra*
- *Protectores de acabado*

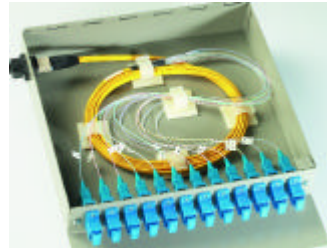
**Kit de montaje de conectores de F.O. ST y SC LightCrimp XTC**



Una vez conectorizados los extremos de las fibras, y situadas en las correspondientes cajas, que serán para rack 19" o murales; en función del emplazamiento; se unirán a los equipos optoelectrónicos mediante los necesarios latiguillos de interconexión de f.o. (jumpers).

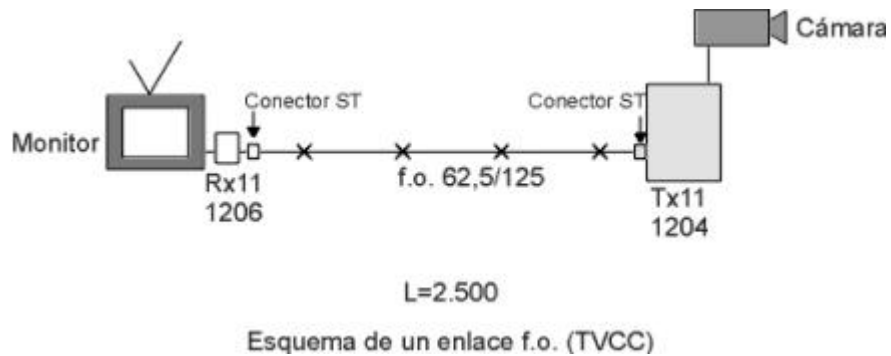


Caja mural para f.o.



Caja rack 19" para F.O.

Cálculo de un enlace:



Dado el esquema indicado en la figura, donde:

- (Tx11 1204) y (Rx11 1206) forman un conjunto emisor-receptor electroóptico con unas pérdidas admisibles de 14 dB.
- X indica un empalme de F.O. con una pérdida de 0,3 dB (Ae).
- Cada enlace con conectores ST presenta una atenuación de 0,5 dB (Ac).
- Ha sido prevista F.O. MM 62,5/125, con una atenuación media de 3,2 dB/Km a 850 nm y 1,2 dB/km a 1 300 nm (Af).
- Margen de seguridad: 2 dB (M).

La atenuación total (At) en el tramo sería:

$$At = Ae + Ac + Af + M$$

$$(4 \times 0,3) + (2 \times 0,5) + (2,5 \times 3,2) + 2 = 12,2 \text{ dB}$$

12,2 < 14, luego la elección es correcta.

Si la distancia hubiera sido de  $L= 5$  Km., el resultado sería:

$$(4 \times 0,3) + (2 \times 0,5) + (5 \times 3,2) + 2 = 20,2 \text{ dB}$$

$20,2 > 14$ , luego será preciso trabajar con equipos a  $1300 \text{ nm}$ , más costosos.

El resultado será:

$$(4 \times 0,3) + (2 \times 0,5) + (5 \times 1,2) + 2 = 10,2$$

$10,2 < 14$ ; luego esta sería la elección correcta.

Si la atenuación total no nos permitiera el empleo de F.O. MM, nos veríamos obligados a trabajar con F.O. SM (Atenuación a  $1300 \text{ nm} = 0,45 \text{ dB/Km.}$ ); empleando equipos con emisor LASER, de precio superior a los LED MM para  $1300 \text{ nm}$ .

### Conclusiones:

Cómo se puede deducir de lo anteriormente expuesto, la utilización de cables de F.O. en las instalaciones de CCTV permite asegurar unos niveles óptimos de seguridad, calidad, y fiabilidad, utilizando unas técnicas de aplicación en extremo sencillas, y con materiales de gran disponibilidad.

FIBRA Y CABLES ÓPTICOS PARA LA INDUSTRIA.

*Habida cuenta de las ventajas inherentes al empleo de la fibra óptica como canal de transmisión, analizamos en este artículo el estado actual de la oferta a la industria en general (química, del automóvil, alimentaria, agua gas y electricidad, agraria, etc...) de este tipo de cables; tanto en lo referente a las fibras empleadas como en lo concerniente a las cubiertas y protecciones.*

De la misma forma que las ventajas evidentes del empleo de la fibra óptica han impuesto su utilización en las telecomunicaciones, las especiales características del control industrial le permiten también beneficiarse de las excelencias de este medio de transmisión. La fibra óptica puede ser, en efecto, la mejor si no la única solución posible cuando, como suele ser frecuente en este campo:

El nivel de interferencias electromagnéticas es alto (p.ej.: proximidad de motores, canales de cables compartidos con cables de energía, etc...)

Las distancias entre nodos son considerables (p. ej: instalaciones en exterior: parques eólicos, subestaciones de transformación, plantas potabilizadoras, depuradoras, instalaciones de riego y control de aguas, etc...)

Las necesidades de ancho de banda son importantes: alta velocidad de transmisión o gran caudal (p.ej: enlaces entre edificios o plantas, control visual de calidad, etc...)

Los requerimientos de seguridad son altos (p. ej.: Instalaciones antideflagrantes)

A estas exigencias responde la aplicación de fibra óptica, cuyas principales ventajas son:

- Total inmunidad a las interferencias electromagnéticas, al tratarse de un guiaoondas no metálico.
- Completo aislamiento eléctrico entre los diferentes nodos de comunicación o terminales.
- Posibilidad de transmisión a elevadas velocidades y a grandes distancias.



Esquema de enlaces de datos

Una instalación de control industrial consiste básicamente en el establecimiento de enlaces punto a punto entre los diversos transmisores-receptores, utilizando convertidores electroópticos en la entrada-salida de cada pareja de equipos.

El actual desarrollo de este tipo de equipos permite disponer de una gama completa que responde con excelentes resultados a los diferentes protocolos y sistemas de red empleados (TTL, RS-232, RS-422, RS-485, Industrial Ethernet, etc...), permitiendo alcanzar distancias superiores a 20 Km. Con la mayoría de ellos.



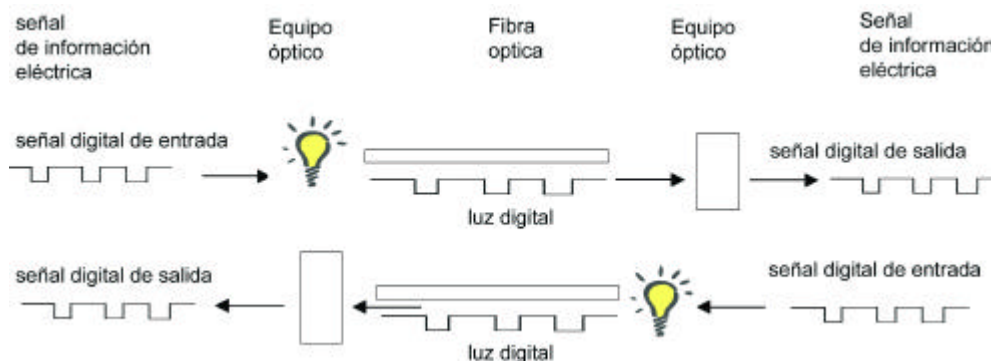


Fig2: Esquema de una transmisión por fibra óptica.

La conectorización y el manejo de los cables ópticos, considerados habitualmente como las grandes dificultades para el empleo de este medio, se han visto muy simplificados, como consecuencia del incremento de su utilización en las comunicaciones; quedando totalmente liberada la posibilidad de elección del cable necesario, lo que se hará en función de:

- Las necesidades de transmisión, que fijarán el tipo de fibra a emplear
- El entorno de la instalación, que indicará el tipo de cable a elegir.

Material /Características	Fibra Plástica	Fibra HSC	Fibra SiO <sub>2</sub>	Fibra SiO <sub>2</sub>
<b>Tipo Fibra</b>	MM (Multimodo)	MM (Multimodo)	MM (Multimodo)	SM (Monomodo)
<b>Diámetro (µm)</b>	1 000	200/230	50/125 62,5/125	9/125
<b>Long. Onda aplicable (nm)</b>	660	660/850	850/1300	1300/1500
<b>Atenuación (dB/Km.)</b>	230	16	3,8/1,000	0,45/0,25
<b>Distancia (Km.)</b>	0,050	0,300	2,500/10	20/50
<b>Aplicación habitual</b>	RS-232	RS-232	RS-232,422,485 Ind. Ethernet	RS-232,422,485 Ind. Ethernet
<b>Técnica Conectorización</b>	Montaje en obra, sin equipo ni medidas	Montaje en obra, con equipo	Montaje en obra, con equipo +medidas	Montaje en laboratorio (Pig-Tail)+ fusión +medidas

Tabla 1: Principales características de las fibras ópticas.

Tipos de fibra y cables ópticos

Cables Construcción Holgada	Cables Construcción Ajustada
- Varias fibras por tubo - Protección antihumedad con gel hidrófugo - No Flexibles - Conectorizaciones laboriosas - Densidad fibras alta	-1 fibra por buffer - Protección antihumedad sin gel hidrófugo (intrínseca) - Flexibles - Conectorizaciones fáciles y seguras - Densidad fibras baja

Tabla 2: Características de los diferentes tipos de construcción

La tabla adjunta nos proporciona unos primeros datos para la selección, en función de la distancia y el sistema de transmisión necesario; habida cuenta de que la carestía de los equipos necesarios y de la instalación varía en función de la fibra seleccionada. Más económica la fibra plástica (emisores LED), más costosa la fibra SM (emisores LASER).

Si bien en un principio fue más frecuente el empleo de las fibras plásticas y HCS, dada la sencillez de su conectorización; esta ventaja ha dejado de serlo como consecuencia del gran avance de este tipo de técnicas, y del abaratamiento de los equipos necesarios. Actualmente, el responsable de mantenimiento de cualquier industria accede más fácilmente a un instalador de datos informáticos habituado al montaje de conectores ST o FC sobre fibra MM, que a un especialista en los ya no tan frecuentes tipos para las llamadas fibras industriales (plásticas y HCS).

Por otra parte, cualquier instalación de control planteada con fibra óptica multimodo (62,5/125 ó 50/125) permitirá una fácil migración a Industrial Ethernet, o una mejor conexión con el entorno exterior (WAN) o con la red de la empresa (LAN).

### Tipos de cables ópticos

Una vez determinada la fibra a emplear, deberá ser fijado el tipo de cable más adecuado a la instalación concreta en la que será utilizado, con el fin de conseguir mantener sus características de transmisión al margen de las influencias del entorno. Para ello tomaremos en cuenta diversas consideraciones:

**Protección individual o por grupos de las fibras.** Esto conforma dos grandes grupos de cables: de *estructura ajustada*, cuando cada fibra es protegida individualmente contra la humedad y mecánicamente con una capa de material plástico extruida sobre ella. (de aplicación en cables de hasta 24 fibras, y en las fibras plásticas y HCS); y de *estructura holgada*, cuando las fibras, agrupadas en grupos de hasta 12 o 24, son contenidas por un tubo de PE en el interior de cual se introduce gel antihumedad. (De aplicación preferente en cables con un número de fibras superior a 24).

**Cubiertas de protección:** Seleccionadas en función del entorno. De nuevo se presentan dos grupos: *Cables de interior*, con una sola cubierta, y *Cables para exteriores*, con dos o más cubiertas plásticas, además de una armadura de protección (anti-rodedores), que podrá ser metálica (de malla trenzada o chapa de acero o aluminio) o dieléctrica (trenza o varillas de fibra de vidrio). En este paso conviene hacer notar el que los cables de estructura ajustada precisarán de protecciones menos rígidas que los de estructura holgada; pudiendo así ser más flexibles y con radios de curvatura más reducidos.



Fig.3: Cable óptico CDI de interior  
(1):F.óptica (2):recubrimiento ajustado (3): refuerzo de aramida. (4) Cubierta exterior LSZH



Fig4: Cable óptico CDAM con protección antiroedores:

(1) Fibra óptica (2) recubrimiento ajustado (3) refuerzos de aramida (4) cubierta interior (5) armadura de trenza de hilos de acero (6) cubierta exterior LSZH

**Tabla-resumen de características de materiales empleados en cubiertas de cables**

**Comportamiento Mecánico**

Descripción	PE	LSZH	PVC	PUR	PA	NBR	ETFE
Flexibilidad	Media	Media	Alta	Muy alta	Baja	Excelente	Alta
Resistencia a la tracción	Media	Media	Media	Muy alta	Excelente	Media	Excelente
Resistencia a la compresión y al impacto	Media	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Excelente
Resistencia a la abrasión	Media	Baja	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Excelente
Resistencia al aplastamiento	Media	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Excelente

**Comportamiento Térmico**

Descripción	PE	LSZH	PVC	PUR	PA	NBR	ETFE
Expansión y contracción	Media	Media	Media	Media	Muy baja	Baja	Muy baja
Reblandecimiento y punto de fluidez	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto	Medio	Muy alto
Envejecimiento por calor, frío, cambios de temperatura	Medio	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio	Muy bajo
Fragilidad por frío	Media	Media	Baja	Muy baja	Baja	Muy baja	Muy baja

**Propiedades químicas y ambientales**

Descripción	PE	LSZH	PVC	PUR	PA	NBR	ETFE
Estabilidad ante aceites e hidrocarburos	Media	Media	Buena	Excelente	Muy buena	Excelente	Excelente
Estabilidad ante los ácidos	Buena	Buena	Buena	Media	Baja	Muy buena	Excelente
Estabilidad ante los alcalinos	Buena	Buena	Buena	Baja	Muy buena	Muy buena	Excelente
Resistencia al ozono	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Resistencia a los ultravioletas	Buena	Buena	Buena	Buena	Muy buena	Excelente	Excelente
Absorción de humedad	Excelente	Regular	Regular	Aceptable	Aceptable	Buena	Excelente

**PE** = Polietileno

**LSZH** = Compuesto cero halógenos, baja emisión de humos, retardante a la llama

**PVC** = Policloruro de vinilo, formulación típica para cubiertas de cables

**PUR** = Poliuretano, tipo para cubiertas de cable

**PA** = Poliamida, tipo de cubiertas de cable

**NBR** = Caucho nitrilo formulado con PVC

**ETFE** = Etileno tetrafluoretileno

La oferta OPTRAL de cables ópticos para la industria:

**Cables de fibra plástica** Destinados a instalaciones de control industrial, en distancias cortas, proporcionando las ventajas de la transmisión óptica (aislamiento galvánico de los segmentos, protección contra interferencias electromagnéticas), sin ninguno de sus inconvenientes, al tratarse de cables de muy sencilla conectorización directa en campo.

Tienen aplicación para transmisión de datos, sensores lumínicos y sensores ópticos.

**Tipo FOP-Duplex** Cable de transmisión de datos doble paralelo, formado por dos Fibras Ópticas Plásticas de 1 mm. de diámetro, y cubiertas exteriores individuales FRLS (No propagador de llama, baja emisión de humos y bajo contenido de halógenos) de color gris.

**Tipo FOP-Simplex:** Cable de transmisión de datos sencillo, formado por una Fibra Óptica Plástica de 1 mm. de diámetro, y una cubierta exterior FRLS (No propagador de llama, baja emisión de humos y bajo contenido de halógenos) de color gris.

**Tipo FOP-R simples:** Cable de transmisión de datos sencillo reforzado, formado por una Fibra Óptica Plástica de 1 mm. de diámetro, refuerzo de hilaturas de aramida y una cubierta exterior FRLS (No propagador de llama, baja emisión de humos y bajo contenido de halógenos) de color rojo.

**Tipo FOP-R Duplex:** Cable de transmisión de datos doble reforzado, formado por dos Fibras Ópticas Plásticas de 1 mm. de diámetro, y cubiertas exteriores individuales

FRLS (No propagador de llama, baja emisión de humos y bajo contenido de alógenos) de color gris; refuerzo de aramida, y cubierta exterior FRLS de color rojo.



*Fig.5: Cable FOP-R Duplex:  
(1):Fibra plástica (2) protección individual (3) refuerzo de aramida (4) Cubierta exterior FRLS.*

**Cables de fibra HCS:**

Cables de construcción ajustada, fabricados con fibras ópticas especiales 200/230 HCS. Destinados a instalaciones de control industrial, sensores médicos, sensores industriales y transmisión de datos y vídeo en cortas distancias. Utilizables a 665 nm y 820 nm, proporcionando excelentes enlaces en condiciones de baja velocidad y distancias moderadas.

**Tipo FOS-CDIR-AD:**Cable para transmisión de datos ,dieléctrico,armado, compatible con sistemas industriales, formado por "n" fibras ópticas especiales de 200/230 µm,con recubrimiento primario de 500 µm y secundario ajustado a 2,2 mm.; refuerzo de aramida cubierta interior FRLS (Retardador de llama y baja emisión de humos) armadura de trenza de fibra de vidrio, y cubierta exterior FRLS.

**Tipo FOS-CDIR:** Cable para transmisión de datos ,dieléctrico, compatible con sistemas industriales, formado por "n" fibras ópticas especiales de 200/230  $\mu\text{m}$ , con recubrimiento primario de 500  $\mu\text{m}$  y secundario ajustado a 2,2 mm.; refuerzo de aramida y cubierta exterior FRLS (Retardador de llama y baja emisión de humos).



Fig 6: Cable tipo FOS-CDIR-AD:

(1) Fibra óptica HCS (2) Recubrimiento ajustado (3) refuerzo de aramida (4) Cubierta interior (5) Armadura de trenza de fibra de vidrio (6) Cubierta exterior FRLS

### Cables de fibra óptica SiO<sub>2</sub>

Estos cables se estructuran en dos grupos: *Cables de estructura ajustada*, destinados a terminaciones en caja, y conexión a equipos mediante latiguillos de interconexión, y *cables breakout*, de gran resistencia mecánica y directamente conectorizables, merced a la doble protección individual de cada fibra.

Seleccionados de entre la gama general de cables ópticos de OPTRAL, los cables descritos a continuación pueden ser fabricados con fibras MM o SM, y cumplen las características básicas siguientes:

- Flexibilidad
- Alta protección contra humedad
- Alta resistencia mecánica.

**Modelo CDI:** Cable de Distribución, de interiores, antihumedad, flexible, dieléctrico, formado por "n" fibras ópticas de estructura ajustada, (SM o MM 62,5/125 o MM 50/125) con recubrimiento individual a 900  $\mu\text{m}$ , libre de gel, refuerzo de aramida y cubierta exterior común LSZH.

**Tipo CDAD:** Cable de Distribución armado dieléctrico, antihumedad, flexible, libre de elementos rígidos, resistente a la llama, formado por "n" Fibras ópticas de estructura ajustada, (SM o MM 62,5/125 o MM 50/125) con recubrimiento individual a 900  $\mu\text{m}$ , libre de gel, refuerzo común de aramida y cubierta interior, protección antirroedores mediante una armadura de trenza de fibra de vidrio y cubierta exterior LSZH.

**Tipo CDAM :** Cable de Distribución armado metálico, antihumedad, flexible, libre de elementos rígidos, formado por "n" fibras ópticas de estructura ajustada, (SM o MM 62,5/125 o MM 50/125) con recubrimiento individual a 900  $\mu\text{m}$ , libre de gel, refuerzo común de aramida y cubierta interior, protección antirroedores mediante una armadura de trenza de hilos de acero y cubierta exterior LSZH.



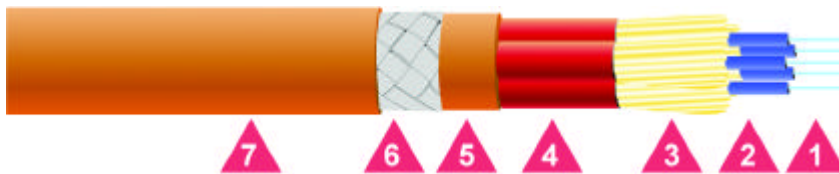
Figura 7: Cable tipo CDAD:

(1) Fibra óptica (2) Recubrimiento ajustado (3) Refuerzo de aramida (4) Cubierta interior (5) Armadura de trenza de fibra de vidrio (6) Cubierta exterior LSZH

**Modelo CDIR:** Cable de Distribución, de interiores, dieléctrico, antihumedad y reforzado, tipo "breakout", formado por "n" cordones individuales de fibra óptica de estructura ajustada, (SM o MM 62,5/125 o MM 50/125) con recubrimiento individual a 900 um, libre de gel, refuerzo de aramida y cubiertas individuales HLLSFR; todos ellos recubiertos con una protección al conjunto material LSZH.

**Tipo CDIR-AD:** Cable de Distribución armado dieléctrico, antihumedad y reforzado, tipo "breakout", libre de elementos rígidos, formado por "n" cordones individuales de fibra óptica de estructura ajustada, (SM o MM 62,5/125 o MM 50/125) con recubrimiento individual a 900 μm, cubierta y refuerzo individuales de aramida, libre de gel, refuerzo común de aramida y cubierta individual LSZH, recubiertos por una protección interior, una armadura antirroedores formada por una trenza de hilos de fibra de vidrio, y una cubierta exterior LSZH.

**Tipo CDIR-AM:** Cable de distribución con armadura metálica, antihumedad y reforzado, tipo "breakout", libre de elementos rígidos, formado por "n" cordones individuales de fibra óptica de estructura ajustada, (SM o MM 62,5/125 o MM 50/125) con recubrimiento individual a 900 um, libre de gel, refuerzo de aramida y cubierta individual HFLSFR, recubiertos por una protección interior, una armadura antirroedores formada por una trenza de hilos de acero, y una cubierta exterior LSZH.



*Fig 8: Cable tipo CDIR-AD:*

*(1)Fibra óptica (2) Recubrimiento ajustado (3)Refuerzo individual de aramida (4)Cubierta individual (5)Cubierta interior (6) Armadura de trenza de fibra de vidrio (6) Cubierta exterior LSZH (Opcional PUR o PE).*

**Convertidores electroópticos**

Diseñados para permitir el enlace de señales de vídeo estándar, datos, y/o audio a través de fibra óptica, los diferentes equipos de OPTRAL se configuran en conjuntos TX/RX que operan, en su mayoría, con una fibra por canal de transmisión.

La gama OPTRAL comprende equipos para la transmisión de datos TTL, RS-232, RS-422, RS-485, audio, vídeo y combinados, tanto en presentación modular como en formato insertable en bastidor 19".



*Fig. 9: equipos optoelectrónicos OPTRAL para transmisión RS-232*

# APLICACIONES DE CABLES

## **OPTRAL**

**EQUIPOS OPTRAL EN LOS MUNDIALES DE ATLETISMO**

En los pasados Mundiales de Atletismo, realizados en España en el verano de 1999, TVE seleccionó los equipos Optoelectrónicos de OPTRAL para la transmisión de señales en sus unidades móviles, destinadas a cubrir eventos de todo tipo, especialmente el Campeonato Mundial de Atletismo, celebrado en Sevilla entre los días 20 y 29 de agosto. La finalidad de la licitación correspondiente, objeto de concurso público al que concurren las más acreditadas Empresas del sector, era el dotar a TVE de un sistema Transmisor-Receptor de Fibra Óptica, con un total de 120 Canales de Vídeo+Audio, fácilmente transportables, y equipados con los correspondientes latiguillos de Fibra Óptica para uso severo en intemperie.

Los convertidores de OPTRAL, finalmente seleccionados por cumplir perfectamente con las especificaciones, fueron los modelos RX11-1207 y TX11-1207. Los latiguillos de enlace, de 500 m. de longitud, se realizaron con cable óptico tipo CDIR-AD, sobre presentación especial.

**OPTRAL SUMINISTRA A SINTEL SUS CABLES DE FIBRA ÓPTICA PARA REALIZAR LA RED DE COMUNICACIONES Y COBERTURA PARA TELEFONÍA MÓVIL EN DOS DE SUS INSTALACIONES**

Sintel, empresa líder en la integración de Redes y Sistemas de Telecomunicación, proyectos y construcción de todo tipo de redes de comunicaciones, cuenta con casi 25 años de experiencia en la ingeniería e instalación de líneas de cable, cobre y Fibra Óptica, además de infraestructuras y radioenlaces para redes de telefonía fija y móvil, datos, seguridad, tráfico y otras aplicaciones.

Entre los proyectos donde Sintel ha utilizado los productos OPTRAL, se incluyen la estación base de cobertura para telefonía móvil en el Túnel de Vielha y la red de comunicaciones con fibra de la fábrica de cementos Pórtland de "El Alto", en Morata de Tajuña.





---

## ESTACIÓN BASE DE COBERTURA PARA TELEFONÍA MÓVIL EN EL TUNEL DE VIELHA

---

OPTRAL fue la empresa encargada de suministrar los cables de Fibra Óptica para la realización y ejecución del proyecto de implantación de una Estación Base con tres repetidores, llevado a cabo por Sintel, para dar cobertura a la telefonía móvil en el interior del túnel de Vielha. Para la instalación del cableado en el túnel, situado en la provincia de Lleida, que cuenta con una longitud de 5.300 metros, fue necesario emplear 8.419 metros de cable de Fibra Óptica CDAD de OPTRAL, así como los materiales propios de una obra de estos parámetros.

El tipo de cable empleado en esta instalación fue un CDAD de 8 fibras, ignífugo y con un peso de 64 Kg/Km. La tensión máxima de instalación en un cable de estas características es de 1.500N, con 600N de tensión máxima permanente. Asimismo, cabe destacar que el radio de curvatura específico en un cable de este tipo es de 85 mm. La construcción de la Estación Base tuvo lugar en el año 1999. La ejecución del proyecto se caracterizó porque la totalidad del trabajo tuvo que realizarse por la noche con el fin de no cortar el tráfico de vehículos durante el día.



La valoración de los resultados en ambas instalaciones es muy positiva ya que se constataron su perfecto funcionamiento desde la finalización de las obras.

---

## FÁBRICA DE CEMENTOS PORTLAND DE "ALTO" EN MORATA DE TAJUÑA

---

Para esta ocasión, el Departamento de Ingeniería de Sintel analizó todos los factores para la elección del mejor medio de transmisión en el Proyecto de implantación de una Red de Comunicaciones en la Fábrica de Cementos Portland de "El Alto" (Morata de Tajuña-Madrid). También se tuvieron en cuenta los elementos básicos de transmisión (paradiafonía, telediafonía, atenuación, impedancia, etc.), las condiciones externas (grado de humedad, temperatura, presiones, torsiones, etc.) y los parámetros que afectan a la calidad en la transmisión de una señal por un medio físico, tales como: la distancia entre el emisor y el receptor y las perturbaciones externas, que pueden inducirse por fuentes de ruido de cierta potencia.



Se detectó que las distancias entre nodos se encontraban a una distancia media de 500 metros, con puntos de hasta más de 2 kilómetros de longitud, que los recorridos discurrían por galerías en las que el ambiente era extremadamente húmedo, y que las temperaturas eran muy elevadas en varios puntos, con probable existencia de roedores.



Dichos recorridos iban en paralelo con líneas de media tensión, cruzándose con fuentes generadoras de ruido como transformadores o motores, etc. Como resultado de este análisis se concluyó la realización de una Red de comunicaciones con

cables de Fibra Óptica 62'5/125 multimodo antirroedor y antihumedad. De entre los productos del mercado se eligió el cable de 8 fibras Optral que cumplía, e incluso excedía, las necesidades del proyecto.



## IMPERMEABILIZACIÓN DE LA FRONTERA DE LA CIUDAD DE CEUTA CON EL REINO DE MARRUECOS



OPTRAL ha colaborado en las obras de adecuación y cerramiento de la frontera de la Ciudad de Ceuta con el Reino Alhauita, destinadas a controlar el acceso a esa ciudad desde el vecino país, suministrando cables de Fibra Óptica para el servicio de CCTV, así como los convertidores electro-ópticos y cables de fibra óptica. necesarios para el control de datos.

Los cables seleccionados para este trabajo fueron tres de nuestra gama de productos, concretamente los modelos CDAM de 2, 12, y 24 fibras ópticas Monomodo, y el modelo KTMT en 32 y 64 fibras Monomodo, todos ellos con armadura antirroedores de malla de acero. Para el sistema de transmisión de datos se utilizó el tipo CDAD, con armadura dieléctrica, y transceptores RS-422 tipo DM201-XB1.



Como es conocido, este largo perímetro de seguridad, de 8 Km de longitud, transcurre por terreno especialmente abrupto, con fuertes desniveles y accidentes; y en con

diciones ambientales bastante difíciles; con un alto nivel de humedad relativa. A esto hay que añadir la gran densidad de derivaciones para dar servicio a los distintos elementos que componen el sistema.

En estas condiciones, se han manifestado claramente las ventajas de los cables CDAM y CDAD: Flexibilidad, manejabilidad y ductilidad, no añadiendo dificultades a las naturales de un tendido complejo, y permitiendo un emplazamiento cómodo de reservas de cables, empalmes, etc. en arquetas y cámaras de registro.



El recubrimiento individual de las fibras a 900 m posibilita un mejor y más sólido comportamiento en las cajas de conectorización y derivación.

**OPTRAL SUMINISTRA A LOS EQUIPOS CABLE PARA CCTV POR FIBRA EN EL CENTRO DE TRANSPORTES DE COSLADA, EN MADRID**



OPTRAL ha colaborado en la instalación del sistema de vigilancia por CCTV del Centro de Transporte de Coslada (Madrid) suministrando los equipos y cables necesarios; concretamente los convertidores optoelectrónicos y cables de Fibra Óptica seleccionados en este caso por la empresa Securitas Seguridad de España, responsable de la ingeniería y montaje.

El suministro de los materiales, tanto de los indicados como los accesorios (armarios, conectores, latiguillos, cajas de distribución, etc.) se llevó a cabo por el distribuidor PRO-MAEL, de Madrid, quién llevó asimismo los trabajos de conectorización, ajuste y puesta a punto final de dichos equipos.

Para disminuir al máximo el número de fibras ópticas empleadas, fueron seleccionados los

convertidores del tipo VM-402TB5 y VM-402-TR5, que permiten la transmisión simultánea de señal de video y datos de control por una sola fibra.

En las cámaras fijas, el empleo del modelo VM-104 TB1 (mini) hizo posible la minimización del espacio exigido en los armarios de columna, con el consiguiente ahorro a nivel económico y de montaje.

En los armarios de control, la utilización del bastidor PR100 y las tarjetas multicámara permiten un acabado limpio y libre de cables, en un espacio reducido al máximo. El cable de fibra óptica tipo CDAD puso de manifiesto de nuevo en esta ocasión sus habituales características de flexibilidad, comodidad de manejo y solidez, que se traducen en una mayor rapidez, facilidad de montaje y una gran fiabilidad.

Al tratarse de un cable con cubiertas libres de halógenos, y totalmente protegido contra la humedad; puede ser tendido de forma indistinta en medios interiores y exteriores; lo que le hace idóneo para este tipo de aplicaciones CCTV.

Con esta nueva instalación, ya en servicio y a plena satisfacción de sus usuarios, OPTRAL da un nuevo paso en su afianzamiento en el mercado de la seguridad; como fabricante español de soluciones fiables y de rápida entrega, realizadas a través de una red de distribución especializada y eficaz.

### EL PUENTE DE ORESUND

OPTRAL ha suministrado, en diferentes partidas, Cables de Fibra Óptica para la construcción del puente de Oresund. Este puente une los países de Dinamarca y Suecia a través de una autopista y un tren de alta velocidad, consiguiendo una fácil y muy rápida comunicación.

Se trata de una obra esperada con ansiedad por los ciudadanos de ambos países, por los beneficios que les aporta tanto una vida cotidiana como profesional y el importante empuje que representará para el sector turístico en general.



La aportación de OPTRAL a ésta obra emblemática, ha sido el suministro del Cable de Fibra Óptica para el control, señalización y vigilancia de la instalación. El cable óptico utilizado para esta importante construcción ha sido el modelo CDIR-AM, uno de nuestros diseños más robusto y resistente, así como de mejores prestaciones para entornos adversos y duros, tanto físicos como ambientales.



Tanto Dinamarca como Suecia presentan con orgullo la envergadura del proyecto así como la tecnología empleada en la construcción, no hay que dejar de lado que es, después del túnel del Canal de la Mancha, la segunda mayor obra abordada en Europa en los últimos 10 años.

El puente está dividido en tres partes diferenciadas, una primera, que parte de la costa danesa en la que se ha construido un túnel de 4.050 m, una segunda con la creación de una carretera sobre una isla artificial construida para ello y de una longitud de 4.055 m y finalmente, para llegar a la costa sueca un puente de 7.845 m de longitud.