

## MODULO INTRODUCTORIO PRINCIPIOS GENERALES DEL SISTEMA DE FIBRA ÓPTICA

### **HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES POR FIBRAS OPTICAS**

Al igual que las ondas de radio, las ondas de luz son formas de energía electromagnética que se encuentran gobernadas por las ecuaciones de Maxwell y la idea de utilizarla para transmitir la información no es reciente. En 1790 Claude Chappe, construye un sistema de complicados telescopios para establecer un enlace telegráfico óptico entre París y Estrasburgo.

En 1870, Tyndal establece el guiado de luz por un chorro de agua.

En 1880 Alexander Graham Bell, experimentó con el fonógrafo donde la voz podía transmitirse a través de un rayo de luz. No tuvo aplicación práctica ya que se carecía de una fuente lumínica adecuada y de un medio de transmisión de bajas pérdidas. Desde 1910 hasta 1934 se estudia la propagación en varillas de vidrio.

Desde e 1960, a raíz de la invención del láser (amplificador de luz por emisión estimulada de radiaciones), las investigaciones se han dirigido hacia la realización de un sistema de transmisión por fibras ópticas que, debido a la alta frecuencia del portador utilizado (10<sup>14</sup> Hz), podría permitir la transmisión de una gran cantidad de información. De aquí, las investigaciones se han orientado principalmente a examinar los tres componentes básicos de un sistema de transmisión por fibras ópticas: *el medio de transmisión, las fuentes ópticas* (en la zona visible o en el infrarrojo próximo) moduladas por la señal que lleva la información y *el detector óptico*, que extrae de la portadora óptica modulada " una señal prácticamente igual a la señal presente a la entrada.

En lo relativo al medio de transmisión, se estudiaron tres posibilidades:

- Visibilidad directa a través del aire (propagación en el espacio libre)
- Haz de luz guiado por medio de espejo y/o lentes (guías de tubo metálico).
- Fibras de vidrio.

El primero es decir la transmisión a través de la atmósfera, se vio limitado debido a que las pérdidas de propagación se incrementan mucho debido a las lluvias y la niebla. Además la transmisión depende de la visibilidad directa, es decir requiere de una exacta precisión. El segundo, el haz guiado implica muchas dificultades en su instalación.

En cuanto a las fibras de vidrio, podemos señalar que la primera fibra óptica presentaba atenuaciones por encima de 500 dB/Km., lo cual hizo imposible su utilización como medio de transmisión. El punto de partida para el logro de una solución se da en 1966 cuando K.C. Kao y G.A. Hockman, dos ingenieros británicos, comprobaron en un análisis espectroscópico, que el cuarzo fundido, o sea un vidrio "puro" presenta una atenuación intrínseca por absorción de sólo 20 dB/Km.

Es en 1970 que en la compañía Corning Glass Works, un grupo de investigadores dirigidos por R. Maurer, logro procedimientos de fabricación de cristales de gran pureza (16 dB/Km).

En la actualidad, la fibra óptica (que es una hebra de vidrio de alta pureza y del grosor de un cabello) puede enviar una señal de 565 Mbps/seg. (7.680 canales telefónicos) a una distancia de 80 Kms. sin regeneración alguna y con una atenuación media de 0.22 dB/Km.

Con la investigación de nuevos materiales se permitirá aumentar notablemente el rendimiento de los sistemas. Así tenemos ahora en investigación fibras sin sílice a base de cristales halógenos que podrían reducir teóricamente la atenuación hasta el punto que un sólo cable pudiera atravesar un océano sin repetidores.

En lo que respecta a las fuentes ópticas en 1960 con la invención del láser por el Dr. Theodore Maiman se pensó en la posibilidad de su empleo como portadora de información para aplicaciones en enlaces de telecomunicaciones seguros, de gran velocidad y capacidad.

Por consiguiente durante el período 1960-1965 numerosos investigadores estudiaron como varios tipos de láser podrían usarse para propósitos de comunicación. Así se llega a obtener láseres que permiten la generación de luz frecuencia y fase estables y de alta luminosidad.

Es en 1970 que se obtienen los primeros láseres semiconductores de onda continua trabajando a temperatura ambiente y realizado con capas alternativas de GaAs y AlGaAs (láser de heterojuntura).

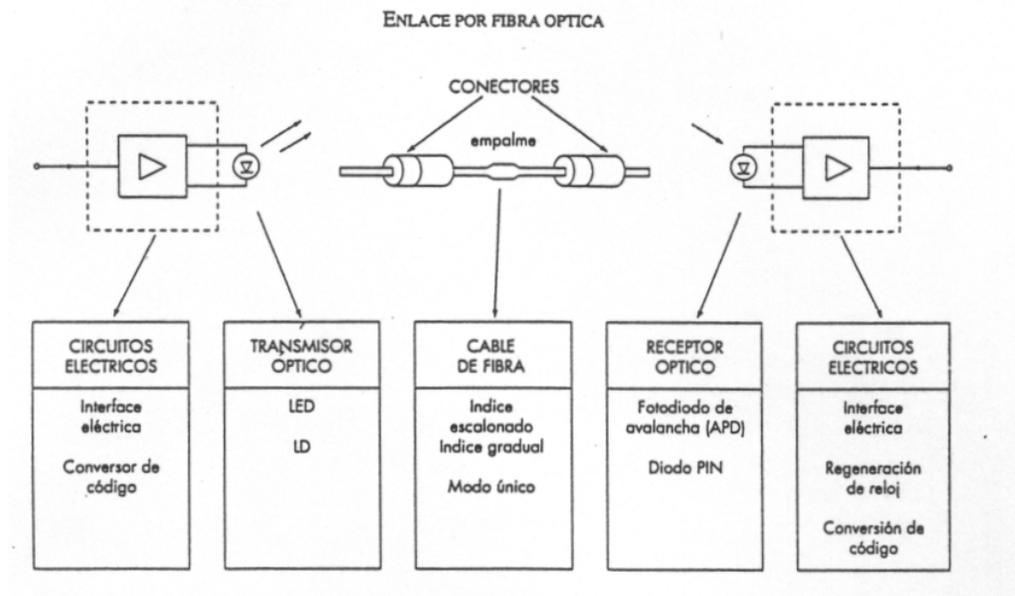
También como fuente óptica se ha desarrollado el diodo emisor de luz (LED). Desde 1972, cuando se realizó por primera vez el LED tipo Burrus, el progreso en este campo ha sido impresionante. A pesar de que los LED no tienen las mismas características de funcionamiento de los láseres, desde los puntos de vista de la velocidad de modulación y de la potencia óptica emitida, tiene una vida más larga y un precio inferior en comparación con los láseres.

Los resultados obtenidos en el campo de las fuentes ópticas y de los medios de transmisión, han estimulado también los estudios para el desarrollo de los correspondientes detectores ópticos. Estos dispositivos pueden clasificarse como *fotodiodos PIN*, que originan un electrón por casi cada fotón incidente y *fotodiodos de avalancha*, que producen de 10 a 100 electrones por cada fotón incidente.

En resumen, para haber llegado a éste estado de la investigación, se han sucedido diferentes generaciones de emisores y detectores ópticos, así como también de métodos de fabricación y materiales para la elaboración de las fibras.

## PRINCIPIOS GENERALES

EL SISTEMA de fibras ópticas funciona enviando información por medio de rayos de luz. Para esto se compone de un Dispositivo Fotoemisor que convierte los impulsos eléctricos en rayos de luz, un canal óptico por donde la luz transita y un Dispositivo Fotodetector que vuelve a transformar la señal luminosa en impulsos eléctricos.

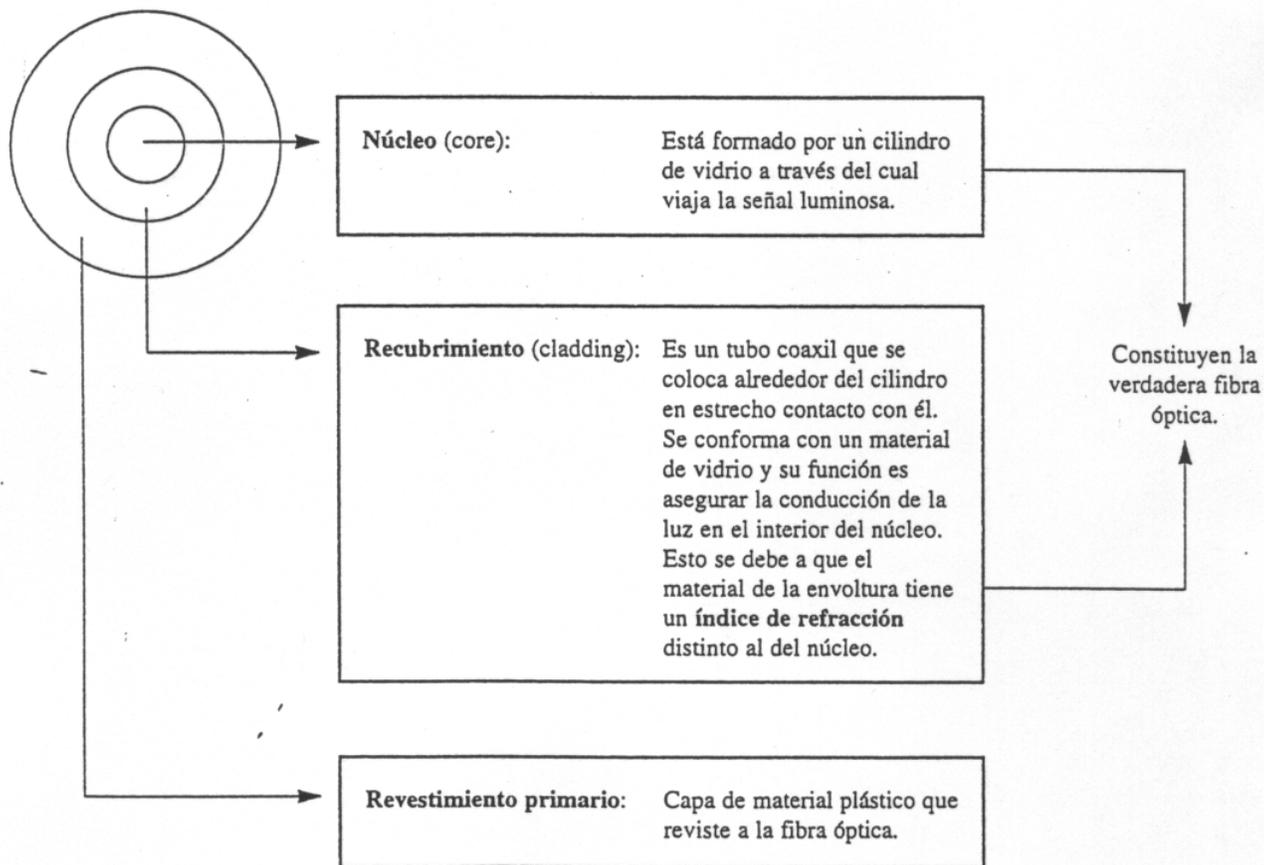


## ESTRUCTURA DE UNA FIBRA DEFINICIÓN

La fibra óptica es una guía de señales ópticas y tiene la particularidad de poder encaminar la luz, incluso en un recorrido curvilíneo.

## ESTRUCTURA

La fibra óptica se compone de tres partes: *Núcleo*, *Recubrimiento* y *Revestimiento Primario*.



## PROPIEDADES DE LA FIBRA ÓPTICA

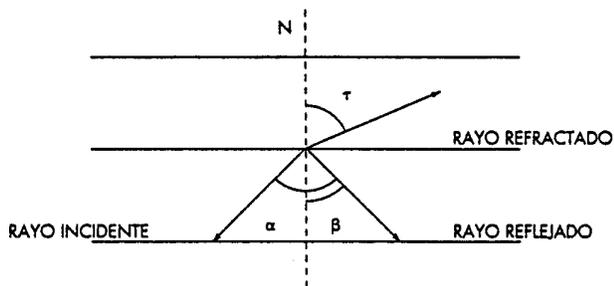
Algunas de las propiedades sobresalientes de la guía de onda óptica se pueden resumir brevemente:

- Es liviana y flexible debido a su pequeño diámetro.
- Los problemas de interferencia entre guías de onda óptica adyacentes, así como la intercepción e interferencia, han sido virtualmente eliminados en las guías.
- La interferencia electromagnética no tiene efecto en la señal óptica o la información transmitida.
- Las estaciones transmisora y receptora se conectan solamente por medio de un guía de onda óptica que es eléctricamente aislante, y por lo tanto pueden ser operadas a diferentes potenciales eléctricos. Esto hace posible, por ejemplo, un sistema de monitoreo novedoso y simple para instalaciones de alta tensión.
- Las características de transmisión de las guías de onda óptica sólo varían levemente con la temperatura. Por lo tanto no se requiere compensación de temperatura, tal como la empleada en los conductores de cobre.

## PROPAGACIÓN DE LA LUZ

### LEY DE REFLEXIÓN

Cuando un rayo de luz choca contra la superficie de separación entre dos medios transparentes, se divide en una parte que refleja y otra que se refracta.



El ángulo formado entre el rayo incidente y la perpendicular a la superficie de separación entre los dos medios (normal), es igual al ángulo formado entre el rayo reflejado y la misma normal.

Ley de la reflexión  $\alpha = \beta$

### LEY DE SNELL

Al pasar de un medio con índice  $n_1$  a otro con un índice de refracción  $n_2$  distinto, un rayo luminoso cambia de dirección, es decir se refracta.

El ángulo formado entre el rayo refractado y la perpendicular a la superficie de separación depende de la variación del índice de refracción y del ángulo incidente.

Ley de Snell  $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \gamma$

### PROPAGACIÓN DE LA LUZ DENTRO DE LA FIBRA ÓPTICA

El núcleo y el recubrimiento de la fibra óptica, están compuestos de vidrio síliceo. El núcleo y el recubrimiento se dopan en grado diferente, para que el núcleo tenga un índice de refracción un poco mayor que el recubrimiento.

En el caso más sencillo de la fibra del índice escalonado, el índice de refracción es constante tanto en el núcleo como en el recubrimiento. La luz, guiada en el núcleo de vidrio, al incidir en la separación entre el núcleo y el recubrimiento, es reflejada totalmente cuando el ángulo de incidencia es más pequeño que el ángulo de reflexión total.

### COMUNICACIONES POR FIBRA ÓPTICA

En las comunicaciones por fibra óptica se trabaja con radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda comprendidas entre 750 nm y 1650 nm (las radiaciones visibles al ojo humano están comprendidas entre 400 nm y 750 nm). En general se usan tres puntos de trabajo bien definidos denominados:

- Primera Ventana (850 nm)
- Segunda Ventana (1310 nm)
- Tercera Ventana (1559 nm)

El empleo de las diferentes ventanas depende de cómo se pueden obtener las mejores prestaciones de transmisión de las fibras, o del equipo óptico en su conjunto.

Definidas las características geométricas y físicas de una fibra, al variar la longitud de onda " $\lambda$ ", varía la cantidad de modos que pueden ser conducidos. Cada modo se caracteriza por un valor de

longitud de onda, más allá del cual ese modo no puede propagarse. A esta regla escapa sólo un modo, llamado Modo Fundamental, que existe en todos los  $\lambda$ .

Del mismo modo, una vez determinada la longitud de onda de la radiación, disminuyendo el diámetro del núcleo disminuye el número de modos en que se propagan.

Al ser la radiación luminosa considerada de dimensiones muy pequeñas, los rayos quedan confinados en el plano que pasa por el eje de la fibra.

En las fibras ópticas la luz se propaga por reflexión total interna en la interfase entre el núcleo y el recubrimiento. Por lo tanto, puede definirse un ángulo de aceptación máximo, más allá del cual la radiación que incide el recubrimiento no se propagará. Para establecer la diferencia entre las fibras multimodo y monomodo, además de tener en cuenta que tienen índice de refracción y dimensiones geométricas diferentes, se debe conocer un parámetro llamado "longitud de onda de corte o límite", que define el punto sobre el cual la propagación tiene lugar en forma monomodal.

#### DIMENSIONES DE LAS FIBRAS ÓPTICAS

	<b>Monomodo</b>	<b>Multimodo</b>
Con salto de índice	Tienen una dimensión de 10/125 $\mu\text{m}$ , se utilizan actualmente.	No se emplean en el campo de las telecomunicaciones debido a sus limitadas características de transmisión
Con variación de índice	Tienen un diámetro de 9/125 $\mu\text{m}$	Tienen un diámetro de 50/125 $\mu\text{m}$ .

### **ASPECTOS PRINCIPALES DE LA PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN LAS FIBRAS ÓPTICAS**

Los ASPECTOS principales para la propagación de la luz en las fibras ópticas son:

- que la pureza del material del núcleo sea tan alta, que la atenuación se mantenga dentro de los límites razonables.
- que los rayos, que por una razón y otra tiendan a cambiar su dirección de propagación, se mantengan dentro del núcleo de la fibra.

La alta pureza fue un problema en el procesamiento del material de la fibra que ya ha sido resuelto.

Cabría esperar que tanto el índice de refracción como la transparencia, varíen con la longitud de onda y la temperatura. Una cierta pérdida por dispersión desde la fibra no puede, por razones teóricas, ser evitada: la así llamada dispersión de Rayleigh.

A más largas longitudes de onda las pérdidas suben debido a la absorción por rayos infrarrojos (absorción de calor).

Los rayos son mantenidos en el núcleo debido a que el índice de refracción disminuye cuando aumenta la distancia desde el centro de una imaginaria sección transversal del núcleo de la fibra. Por esto el índice de refracción puede disminuir por pasos, como en la fibra con índice escalonado o hacerlo gradualmente como en la fibra con índice gradual.

## **TIPOS DE FIBRAS**

### **CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS**

Una fibra se puede clasificar según el modo de propagación de los rayos en el interior del núcleo en:

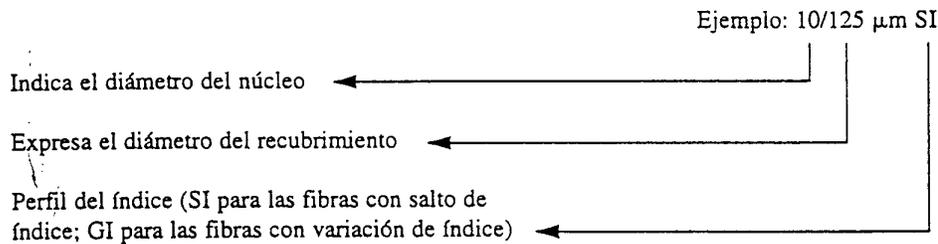
1. FIBRA MONOMODO: tiene un sólo modo de propagación de los rayos en el interior del núcleo que es paralelo al eje de la fibra.
2. FIBRA MULTIMODO: la luz se propaga por múltiples modos, que siguen diferentes caminos.

Según la variación del índice de refracción en el núcleo en:

1. FIBRA CON SALTO DE INDICE (STEP INDEX): el índice de refracción del núcleo se mantiene constante, al variar la distancia desde el centro de la fibra hacia el exterior.
2. FIBRA CON VARIACION DE INDICE (GRADED INDEX): el índice de refracción varía, al aumentar la distancia desde el centro de la fibra #Hacia el exterior

## ¿CÓMO SE INDIVIDUALIZAN LAS FIBRA ÓPTICAS?

Se individualizan mediante dos números seguidos de una sigla, que indica el perfil del índice de refracción.



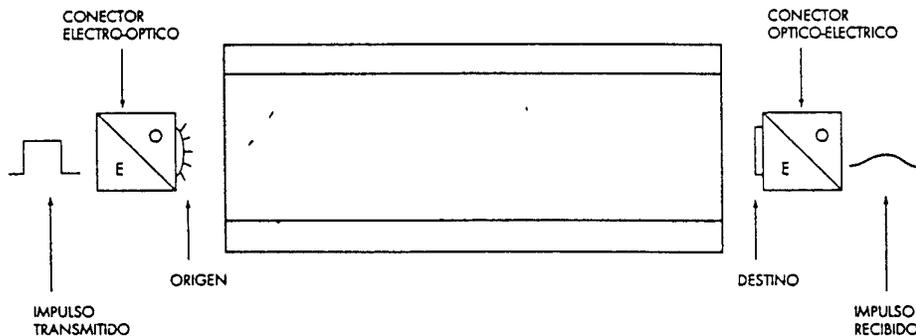
## PRINCIPALES MODELOS UTILIZADOS POR TELECOM

- Monomodo Standard (salto índice)
  - Se utiliza en la red local en la segunda ventana.
- Monomodo dispersión Shifted
  - Se utiliza en la red de larga distancia en la tercera ventana.
- Multimodo
  - Se encuentra instalada en el área múltiple Buenos Aires. Se utiliza en la primera ventana.

## SISTEMA DE COMUNICACIÓN ÓPTICA - FOTOEMISORES, FOTODETECTORES, CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN

### PROPAGACIÓN DE IMPULSOS LUMINOSOS

La transmisión de la señal en la fibra óptica se basa en la propagación de señales luminosas, que son generadas mediante un dispositivo fotoemisor. Este transforma los impulsos eléctricos que ingresan, en impulsos ópticos. Del mismo modo, en la recepción, un dispositivo fotodetector realiza el procedimiento inverso.



Sin embargo, al propagarse a lo largo del núcleo, la señal luminosa se ensancha y se atenúa debido a dos parámetros de la fibra: distorsión y atenuación. El ensanchamiento de los pulsos limita la capacidad de transmisión.

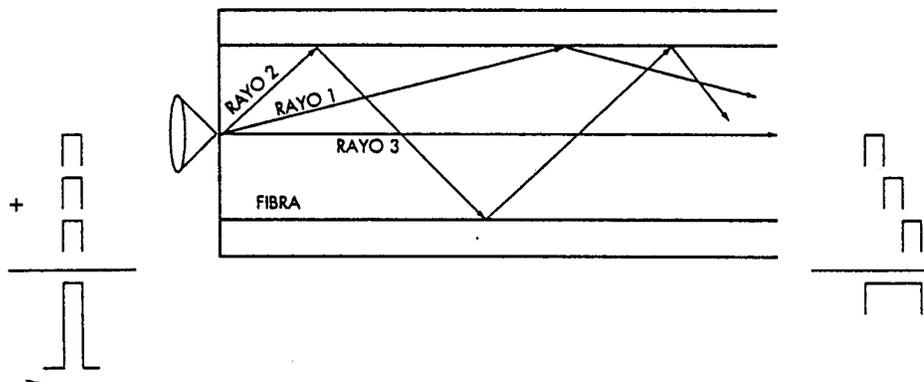
### **CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN**

Depende de dos condiciones

- La cantidad de información que puede ser transmitida por el sistema en un segundo y en un kilómetro. Se mide en bit por kilómetros por segundo (bit. Km/seg)
- La distancia que las señales pueden recorrer en la fibra, antes de tener que ser regeneradas.

### **DISPERSIÓN Y ATENUACIÓN DISPERSIÓN MODAL**

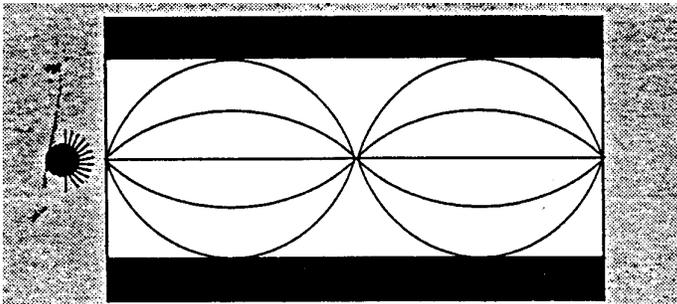
Se denomina dispersión modal al ensanchamiento por unidad de longitud del impulso transmitido.



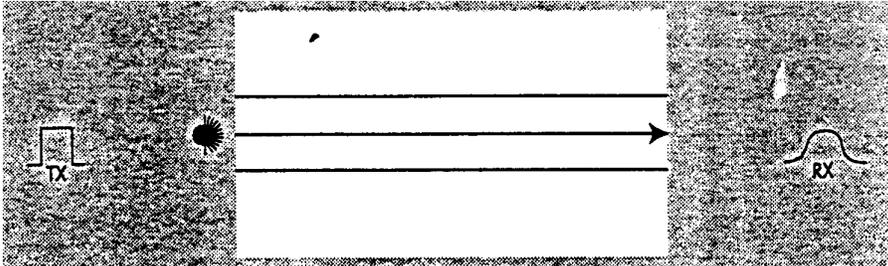
Este ensanchamiento se produce debido a que los rayos que se propagan dentro de la fibra, recorren diferentes caminos. En consecuencia, llegan a distinto tiempo a destino.

En una fibra multimodo con variación de índice, el índice de refracción no es constante en todo el núcleo, sino que disminuye del centro hacia afuera.

Dado que a un índice de refracción más pequeño le corresponde una velocidad de la señal más grande, el efecto obtenido es una aceleración de los rayos a medida que se aleja del eje de la fibra. Los rayos que recorren la fibra, siguiendo un camino más largo, poseen una velocidad mayor. Consecuentemente, la dispersión modal es menor. Dicho fenómeno permite incrementar la capacidad de transmisión de la fibra.



En una fibra monomodo se reduce al máximo el efecto de ensanchamiento del pulso, permitiendo velocidades mucho más elevadas.



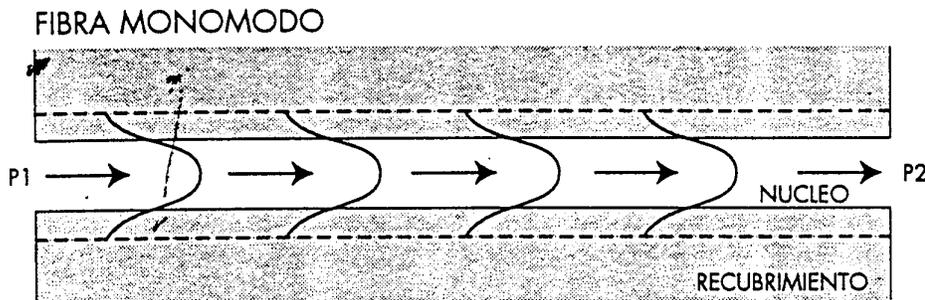
### **DISPERSIÓN CROMÁTICA**

Se produce por la superposición de dos efectos diferentes:

- Dispersión guía de onda
- Dispersión del material

### **DISPERSIÓN GUÍA DE ONDA**

Debido a la pequeña estructura geométrica de la fibra, en particular de la dimensión del núcleo (10 a 50  $\mu\text{m}$ ) se produce en la práctica que la energía óptica se propaga no sólo por el núcleo como debía esperarse, sino también que una pequeña parte lo hace por el recubrimiento como muestra la siguiente figura. Este efecto es más notable en fibra monomodo.

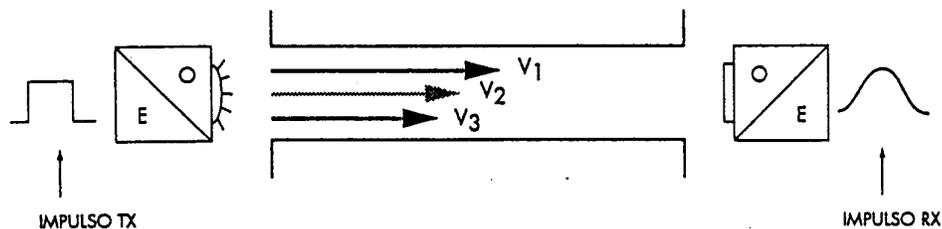


En la fibra monomodo una parte importante de la potencia óptica se propaga además por el revestimiento dando lugar a una dispersión llamada de "guía onda", debida a la diversidad del índice de refracción entre núcleo y revestimiento.

### **DISPERSIÓN DEL MATERIAL**

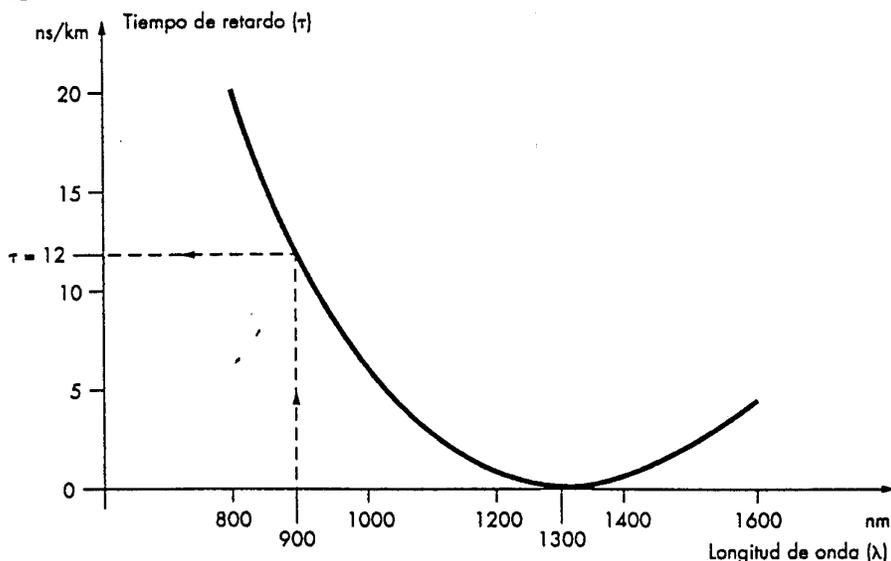
Debido a que el índice de refracción del núcleo es función de la longitud de onda óptica, y que la luz que viaja por la fibra no es monocromática, se produce el efecto de que cada componente de la luz viaja a diferentes velocidades, causando en recepción un alargamiento temporal del impul-

so debido a los retardos de cada una de los componentes.



**DISPERSIÓN CROMÁTICA:** el retardo temporal entre rayos de  $\lambda$  diferente provoca en recepción una distorsión de señal análoga a aquella de la dispersión modal.

En la figura siguiente se muestra tomando como referencia el rayo de  $\lambda = 1300$  nm, que un rayo de  $\lambda = 900$  nm acumula por cada Km 12 ns de retardo.



Tiempo de retardo  $\tau$  (ns/Km) en la propagación de los rayos de diversa longitud de onda  $\lambda$  respecto del rayo de  $\lambda = 1300$  nm tomado como referencia.

Resumiendo, la dispersión cromática depende de la longitud de onda óptica y de las características de la fibra (diámetro y perfil). Por lo tanto será posible combinar ambos efectos de manera tal que la dispersión cromática sea nula a una determinada longitud de onda óptica

La dispersión cromática está presente en todo tiempo de fibras pero sólo es importante en las monomodo en la cual la dispersión modal no existen, es por esto que para obtener fibras monomodo con mejores características se modifican el perfil y las dimensiones del núcleo.

## ATENUACIÓN

La atenuación de la señal óptica representa la disminución de la energía luminosa en la propagación a lo largo de la fibra.

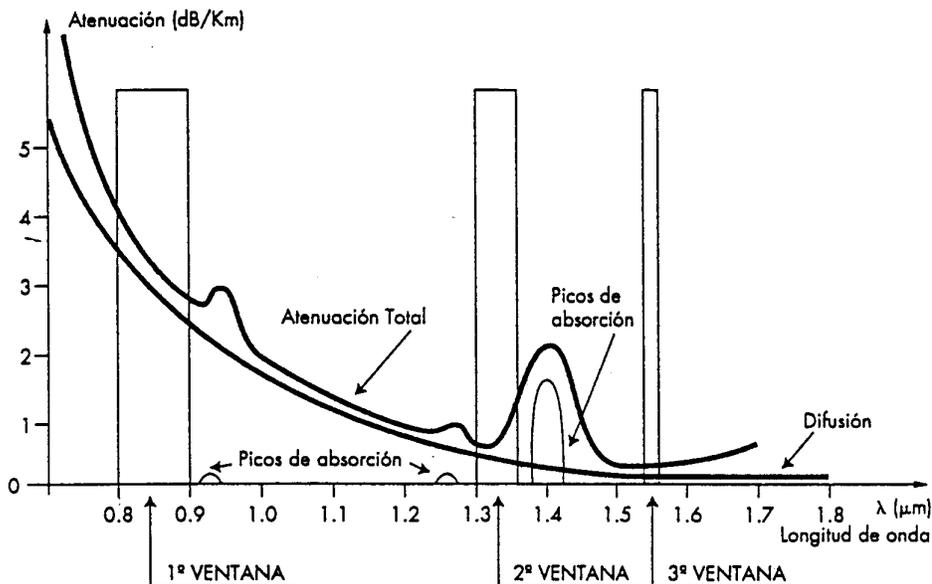
La atenuación determina la distancia entre el emisor y receptor sin el empleo de dispositivos intermedios de regeneración de la señal.

La energía que no alcanza la salida de la fibra se dispersa por:

**Difusión:** debido a la falta de homogeneidad del material del núcleo, que difundido el rayo luminoso dispersándolo hacia el recubrimiento.

**Absorción:** parte de la energía luminosa que se propaga es absorbida por la fibra, que la transforma en calor.

En el siguiente gráfico, se representa la atenuación total y las ventanas de transmisión de la fibra óptica:



Las ventanas son zonas donde la atenuación total pasa por un valor mínimo.

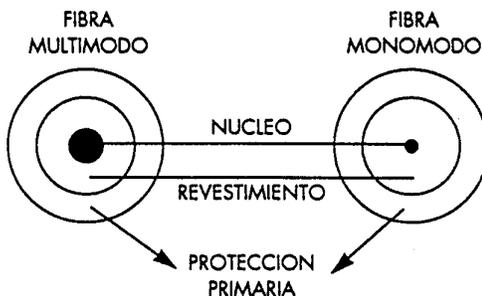
## MODULO B CABLES OPTICOS

### PROTECCIÓN DE LAS FIBRAS

Para ser utilizadas como medio de transmisión, las fibras ópticas deben estar protegidas e insertadas en una estructura denominada "cable óptico".

Un cable óptico se compone principalmente de diversas fibras ópticas y a veces de conductores metálicos. Está bien protegido contra las influencias mecánicas y químicas y en alguna forma protege a la fibra contra los cambios bruscos de temperatura. Los cables de fibra óptica ofrecen la posibilidad de una aislación eléctrica total en el sentido axial, una propiedad de la cual se hace uso en muchas fibras industriales. En los cables ópticos es posible distinguir una protección primaria y una protección secundaria.

#### PROTECCION PRIMARIA



Revestimiento de resina acrílica o caucho de siliconas. Su función es proteger a la fibra óptica de la humedad que podría producirle microfisuras provocando la pérdida de resistencia mecánica.

#### PROTECCIÓN SECUNDARIA

Se utiliza para dar a la fibra una última protección mecánica, que evite roturas en el caso de curvaturas demasiado acentuadas.

- De tipo ajustado (tight):

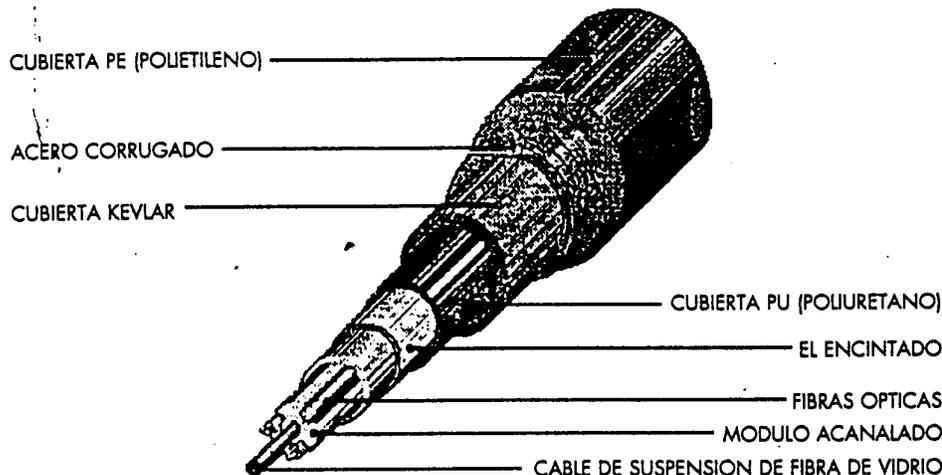
La fibra se incorpora a una estructura de elevada resistencia mecánica, construida por una cubierta termoplástica de doble capa adherida a la fibra.

- De tipo flojo (loose): Puede ser:
  - Con tubo: se utiliza un tubo plástico de alto módulo elástico (rígido), de diámetro superior a la fibra. Esta se adapta libremente en su interior, a fin de quedar aislada de esfuerzos externos y de las variaciones de temperatura.
  - Con soporte (módulo) acanalado con ranuras: la fibra se coloca flojamente en la acanaladura (ranura), directamente sobre el cable.

## ESTRUCTURA DE LOS CABLES

### ELEMENTOS QUE COMPONEN UN CABLE ÓPTICO

La estructura de un cable óptico se compone de los siguientes elementos:



### CABLES SEMIDIELÉCTRICOS Y DIELECTRICOS

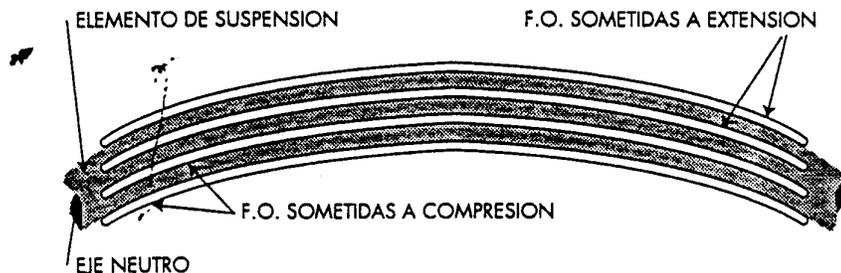
Los CABLES ópticos pueden ser

- **Semidieléctricos** con elementos metálicos. Se utilizan para tendido subterráneo.
- **Dielectricos** no contienen elementos metálicos. Se utilizan para tendido aéreo.

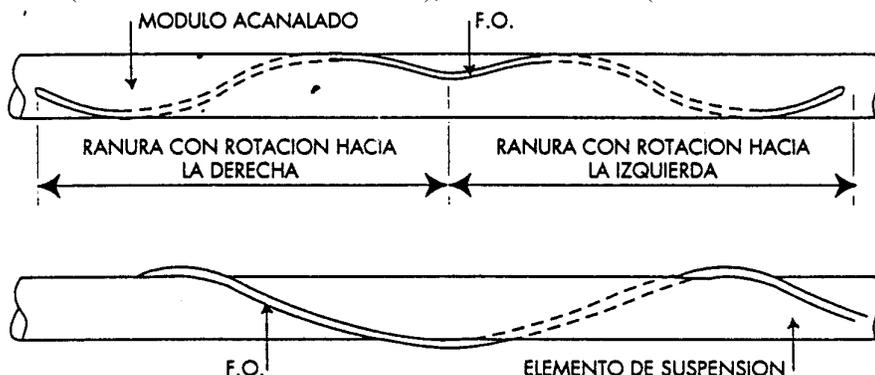
### TRENZADO DE LAS FIBRAS

Se denomina trenzado a la disposición de las fibras en el interior del cable.

Si las fibras se disponen en el cable de manera rectilínea y paralela a lo largo del elemento de soporte (elemento de suspensión), un accidental pliegue del cable, sometería a las fibras a compresión longitudinal o a un estiramiento (extensión).



Para evitar estos inconvenientes, las fibras se envuelven en espiral en torno al elemento de suspensión (en caso de cables con tubitos), o en las ranuras (en cables con módulo acanalado).



## SISTEMAS DE COLORACIÓN

Para distinguirlas fibras y darles un orden de numeración, se ha convenido en colorear de distinta manera el revestimiento primario de las fibras presentes en el interior del mismo tubito o de la misma ranura. Luego se repiten los colores para los otros tubitos o ranuras. Para los tubitos o las crestas de las ranuras, también se utilizan distintos colores para poderlos distinguir y numerar. A continuación se detalla el código de colores adoptado por Telecom Argentina, aplicable a cada fibra dentro de cada unidad y a cada unidad de fibras.

Dicho esquema responde a la especificación EIA-RS-359, relativa a códigos y estándares de colores y sus tolerancias respectivas.

IDENTIFICACIÓN DE FIBRAS Y UNIDADES	
Posición	Color base
1	Azul
2	Naranja
3	Verde
4	Marrón
5	Gris
6	Blanco
7	Rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Violeta
11	Azul/Rayado Negro
12	Naranja/Rayado Negro

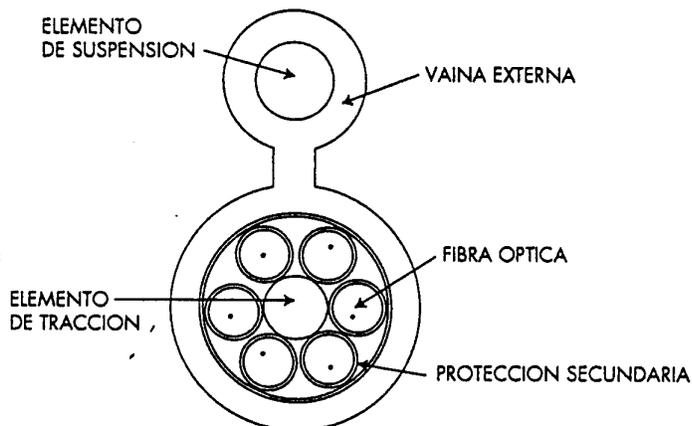
Para las posiciones 11 y 12, la separación mínima entre las líneas debe ser de 30 mm. La coloración aplicada a las fibras no deberá resultar degradada, cuando se emplean elementos de limpieza normalmente recomendados por el fabricante del cable.

## CABLES EMPLEADOS EN LA RED

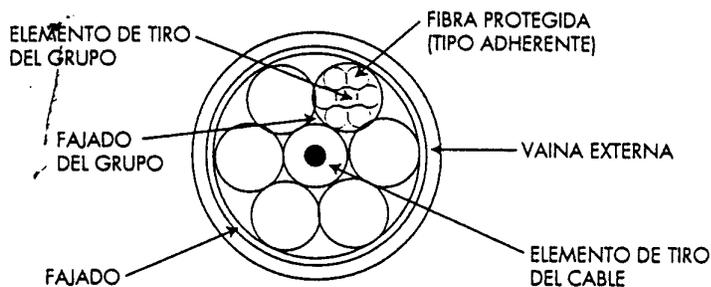
Se dividen en

- cables aéreos
- cables submarinos
- cables subterráneos – ductos - enterrados

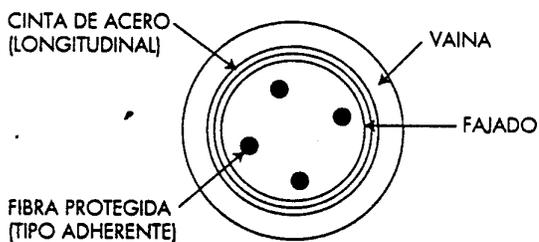
### CABLE AEREO



### CABLE SUBTERRANEO



### CABLE SUBMARINO



## PRINCIPALES MODELOS UTILIZADOS POR TELECOM

Catálogo	Descripción
993.957	Cable de 60 F.O. Monomodo Standard Ignifugo
993.958	Cable de 48 F.O. Monomodo Standard Ignifugo

993.959	Cable de 24 F.O. Monomodo Standard Ignífugo
993.960	Cable de 6 F.O. Monomodo Standard Ignífugo
870.020	Cable Optico Monomodo Dispersión Shifted con armadura metálica de 6 fibras TPNI 93/144
870.021	Cable Optico Monomodo Dispersión Shifted con armadura metálica de 12 fibras TPNI 93/144
870.022	Cable Optico Monomodo Dispersión Shifted con armadura metálica de 24 fibras TPNI 93/144
870.023	Cable Optico Monomodo Dispersión Shifted con armadura metálica de 30 fibras TPNI 93/144
870.024	Cable Optico Monomodo Standard con armadura metálica de 12 fibras TPNI 93/144
870.025	Cable Optico Monomodo Standard con armadura metálica de 24 fibras TPNI 93/144
870.026	Cable Optico Monomodo Standard con armadura metálica de 48 fibras TPNI 93/144
870.027	Cable Optico Monomodo Standard con armadura metálica de 60 fibras TPNI 93/144
870.028	Cable Optico Monomodo Standard dieléctrico de 12 fibras TPNI 93/144

## EMPALMES Y CONECTORES OPTICOS

### **DEFINICIÓN DE EMPALME**

La operación de empalme consiste en conectar de manera permanente dos tramos de fibra óptica, a fin de dar continuidad al enlace, de manera que la pérdida de potencia de la señal (atenuación del empalme) en el punto de conexión sea mínima.

### **PREPARACION DE LA FIBRA PARA EL EMPALME**

Para realizar el empalme:

1° Sacar con solventes químicos y mecánicamente, el revestimiento primario en los dos extremos a empalmar.

2° Realizar el corte de la fibra. Debe ser perfectamente plano y perpendicular al eje de la fibra.

### **TIPOS DE EMPALME**

- **Mecánico:** se usa para trabajar sobre cables que están funcionando. Para realizarlo se utiliza un soporte mecánico y un aglomerante en el punto de conexión, que se establece en forma mecánica.
- **Por fusión:** para su realización, se utiliza la técnica de calentamiento de las fibras con una descarga eléctrica hasta el punto de fusión.

### **PÉRDIDAS DEL EMPALME PUEDEN SER:**

- **Intrínsecas** a la fibra por:
  - diferencia de diámetro entre los núcleos de las fibras;
  - excentricidad de los núcleos respecto del revestimiento; - núcleos ovalados; .

- diferencia entre los perfiles de los índices de refracción entre las dos fibras; - diferencia entre los valores de los ángulos de aceptación de las fibras.

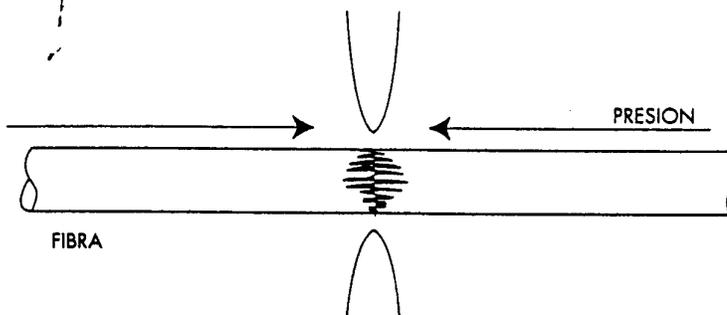
• **Extrínsecas** a la fibra por:

- limpieza insuficiente del revestimiento primario; - corte defectuoso;
- ejes de fibra no alineados; - ejes de fibra no paralelos; - imperfección en la fusión.

Para un empalme mecánico, las pérdidas son de algunas décimas de dB; en cambio, para los empalmes por fusión, son de alrededor de un orden de magnitud menor.

## **TÉCNICA DE FUSIÓN**

Esta técnica consiste en calentar los dos extremos a unir hasta el punto de fusión, por medio de una descarga eléctrica de arco.

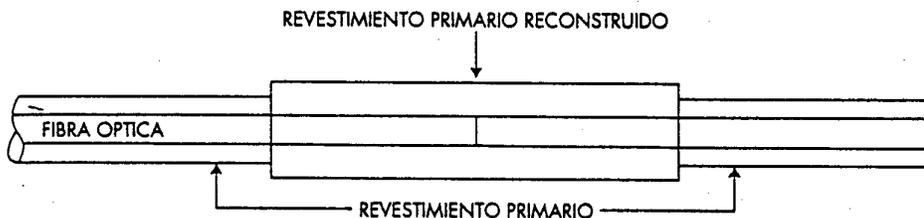


Etapas de unión de arco

- 1 - **Alineación**: las fibras se posicionan y alinean entre dos electrodos.
- 2 - **Prefusión**: se activan los electrodos, haciendo pasar una descarga eléctrica que sirve para limpiar la superficie de las fibras y redondear los extremos.
- 3 - **Acercamiento**: se aplica una presión sobre las fibras, para acercarlas.
- 4 - **Fusión**: se aplica una descarga de corriente más intensa, que permite fundir las fibras.

## **PROTECCIÓN DEL EMPALME**

Una vez hecho el empalme, se debe reconstruir su revestimiento primario y darle resistencia mecánica. Esto se logra a través de un tubo termocontraíble.



## **CONECTORES OPTICOS**

Son dispositivos que se utilizan para conectar dos tramos de fibra, con la posibilidad de conexiones y desconexiones posteriores.

Se utilizan en todos los casos en que se deben conectar o desconectar las terminaciones del cable, según las necesidades de operación y mantenimiento.

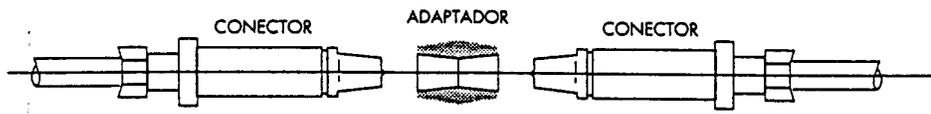
## **CARACTERISTICAS DE UN CONECTOR PARA FIBRAS ÓPTICAS**

- Tiene inmunidad a los agentes externos (como polvo y temperatura).
- Garantiza una gran cantidad de conexiones y desconexiones sin deteriorarse.
- Introduce mínimas pérdidas de inserción.

- Produce bajas pérdidas de retorno
- Los conectores pueden montarse
- Directamente sobre las fibras de los cables.
- En la fábrica, para luego unirse con las fibras del cable a través de un empalme adicional.

### CONEXIÓN ENTRE CONECTORES

La conexión se realiza entre dos conectores y un adaptador de acople.



### DISPOSICIÓN DE LAS FIBRAS

En el interior del conector, las fibras pueden estar dispuestas en contacto físico directo o ligeramente alejadas (pocos  $\mu\text{m}$ ).

### PRINCIPALES MODELOS UTILIZADOS POR TELECOM

Catá-	Descripción
870.01	Conector FC-APC adaptado a cordón de 2,4 mm TPNI 931126
870.01	Conector FC-APC adaptado a cordón de 3 mm TPNI 931126
870.01	Conector FC-APC adaptado a fibra con recubrimiento secundario
2	100 $\mu\text{m}$ TPNI 931126

