



## CENTRO DE ESTUDIOS FINANCIEROS

VIRIATO, 52	28010 MADRID	914 44 49 20
PONZANO, 15	28010 MADRID	914 44 49 20
G. DE GRÀCIA, 171	08012 BARCELONA	934 15 09 88
ALBORAYA, 23	46010 VALENCIA	963 61 41 99

[www.cef.es](http://www.cef.es)

[info@cef.es](mailto:info@cef.es)

## Índice Tema 1

---

1. Medios de transmisión.
2. Cables metálicos.
3. Cable coaxial.
4. Fibra óptica.
5. Topología de redes de cable.
6. Microondas y sistemas de transmisión por satélite.





## CENTRO DE ESTUDIOS FINANCIEROS

VIRIATO, 52	28010 MADRID	914 44 49 20
PONZANO, 15	28010 MADRID	914 44 49 20
G. DE GRÀCIA, 171	08012 BARCELONA	934 15 09 88
ALBORAYA, 23	46010 VALENCIA	963 61 41 99

www.cef.es

info@cef.es

### TEMA 1

**Medios de transmisión. Cables metálicos. Cable coaxial. Fibra óptica. Tipología de redes de cable. Microondas. Sistemas de transmisión por satélite.**

#### 1. MEDIOS DE TRANSMISIÓN.

Un sistema de cableado da soporte físico para la transmisión de las señales asociadas a los sistemas de voz, telemáticos y de control existentes en un edificio o conjunto de edificios (campus). Para realizar esta función un sistema de cableado incluye todos los cables, conectores, repartidores, módulos, etc., necesarios.

Un sistema de cableado puede soportar de manera integrada o individual los siguientes sistemas:

- Sistemas de voz:
  - Centralitas (PABX), distribuidores de llamadas (ACD).
  - Teléfonos analógicos y digitales, etc.
- Sistemas telemáticos:
  - Redes locales.
  - Conmutadores de datos.
  - Controladores de terminales.
  - Líneas de comunicación con el exterior, etc.
- Sistemas de Control:
  - Alimentación remota de terminales.

- Calefacción, ventilación, aire acondicionado, alumbrado, etc.
- Protección de incendios e inundaciones, sistema eléctrico, ascensores.
- Alarmas de intrusión, control de acceso, vigilancia, etc.

En caso de necesitarse un sistema de cableado para cada uno de los servicios, al sistema de cableado se le denomina específico; si por el contrario, un mismo sistema soporta dos o más servicios, entonces se habla de cableado genérico.

## 2. CABLES METÁLICOS.

Se denominan líneas aéreas de hilo desnudo las que soportan circuitos cuyos conductores están desprovistos de toda cubierta aislante o protectora. Dichos conductores se mantienen aislados y paralelos (con ciertas rotaciones) al apoyarse sobre unos soportes que van en las crucetas, sujetos a los postes.

El tipo de conductor que se emplea normalmente es alambre de cobre, para líneas interurbanas, y, en ocasiones, alambre de bronce para líneas urbanas y de extrarradio inferiores a 2,5 kilómetros. En zonas de rigurosas condiciones atmosféricas se utilizan hilos de cobre con alma de acero.

Cada dos hilos constituyen un circuito físico.

Este tipo de líneas es, generalmente, la solución más económica cuando se trata de enlazar localidades de muy escasa densidad telefónica (zonas rurales) o bien puntos muy distantes cuyo tráfico es de poca importancia.

Los cables de pares están formados por hilos de cobre, convenientemente aislados. Los dos hilos que forman un circuito van torsionados entre sí, con pasos de torsión distintos en cada par, para evitar cruces por diafonía.

En los cables de gran capacidad, cada 100 pares forman un subconjunto llamado grupo y el conjunto de los grupos que forman el cable está protegido por una cubierta común de plomo o polietileno.

Los cables de pares se emplean generalmente para el servicio telefónico donde las distancias son relativamente cortas, como, por ejemplo, el servicio urbano, y las frecuencias de utilización son bajas, no siendo importante el efectuar gran número de transposiciones, ya que la inducción es baja.

También pueden utilizarse en redes interurbanas de corta y media distancia. Existe gran variedad de tipos para cubrir la necesidad de cada circunstancia. Estos tipos vendrán definidos por la combinación de las siguientes variables fundamentales:

- Calibre (diámetro del hilo).
- Aislante: papel, pulpa de papel, polietileno, etc.
- Cubierta: plomo, PVC, metaloplástica, etc.

- Relleno: aire, petróleo, etc.
- Capacidad en número de pares: 11, 16, 25, 50, 100, 200, 300, 400, 600, 900, 1200, 2400, 4800.
- Carga: sin carga, con carga H-66.

Los cables de cuadrete se emplean principalmente para transmisiones a larga distancia. Estos cables están diseñados de forma que los desequilibrios de resistencia y capacidad son mínimos. El número de transposiciones es mayor que en los cables de pares, reduciéndose así los efectos de inducción.

Este hecho permite la utilización de alta frecuencia en los cables de cuadretes.

Los hilos se agrupan de cuatro en cuatro, formando los cuadretes y dando lugar, según la forma en que se agrupen, a dos tipos de cable:

- Cables tipo DM (Diesselhorts-Martin): los dos pares de cuadrete, cuyos hilos van torsionados entre sí, se torsionan a su vez con distinto paso. Este tipo permite el uso en baja frecuencia y la fantomización (posibilidad de constituir tres circuitos por cada dos pares).

La respuesta en las bajas frecuencias se mejora sensiblemente mediante la carga o pupinización (incremento artificial de la inductancia propia). Cuando no están cargadas, se pueden utilizar como portadores de alta frecuencia, con el consiguiente aumento de circuitos por la misma vía.

Estos cables han sido utilizados en comunicaciones interurbanas de distancias medias, para lo que era preciso el uso de repetidores y amplificadores. Actualmente su uso va decreciendo, siendo sustituidos por cables coaxiales y radioenlaces.

- Cables tipo estrella: los cuatro hilos, ocupando los vértices de un cuadrado, se torsionan en conjunto con un paso único. Están diseñados para mejorar las características en las altas frecuencias, limitándose su uso a portadores de sistemas múltiples en casos muy especiales como prolongación por el interior de las poblaciones de las líneas aéreas.

Las capacidades usuales son de 24, 27, 37, 54, 75 y 125 cuadretes.

### 3. CABLE COAXIAL.

Cuando se precisa un número elevado de canales, deben utilizarse corrientes portadoras y hay que transmitir frecuencias muy elevadas (del orden de varias decenas de Megahercios), se recurre a los cables coaxiales. El tubo coaxial consiste en un conductor central de cobre encerrado en un conductor exterior tubular, siendo concéntricos ambos conductores. La elección de la forma coaxial se debe a lo siguiente: las pérdidas por radiación en el caso de un circuito formado por dos hilos idénticos son muy elevadas en cuanto las frecuencias son relativamente altas, mientras que dichas pérdidas son teóricamente nulas adoptando la disposición coaxial.

Un sistema multiplex utiliza como portadores, generalmente, dos pares (tubos) coaxiales, uno para cada sentido de transmisión.

Un cable coaxial es un conjunto de pares coaxiales, debidamente protegidos y aislados entre sí y encerrados bajo una cubierta común de plomo, plástico, etc. A veces se adicionan a los tubos coaxiales una serie de pares o cuadretes que sirven de protección mecánica a los tubos y se utilizan para comunicaciones en baja frecuencia entre puntos intermedios del trazado principal.

El CCITT ha normalizado los diámetros de los conductores coaxiales, las bandas de frecuencia utilizables (desde 60 kHz a 60 MHz), número de canales según tipo de sistema, separación entre repetidores, etc.

Cables submarinos: son cables coaxiales diseñados para cubrir grandes distancias a través de mares y océanos. Consisten en un solo tubo coaxial, construido con gran robustez mecánica, a base de un alma de acero recubierto de una cinta de cobre que hace las veces de conductor central, un dieléctrico continuo de material plástico muy resistente, un conductor exterior muy ligero y varios flejes de acero, más la cubierta, etc.

La diferencia respecto a los coaxiales terrestres es que, al existir un solo tubo, las dos direcciones de transmisiones se separarán mediante la utilización de distintas bandas de frecuencia, lo que implica que, para un mismo número de canales y separación entre repetidores, han de utilizarse tubos de mayor diámetro que en aquéllos.

#### 4. FIBRA ÓPTICA.

La fibra óptica consiste en un hilo largo, delgado y flexible de vidrio o de otro material transparente, capaz de conducir en su interior un rayo láser o en general un rayo luminoso.

Visto en sección dicho hilo, consta de un núcleo circular de vidrio rodeado por una cubierta de otro tipo de vidrio y todo el conjunto envuelto en una camisa opaca y absorbente a la luz.

La conducción se realiza cuando el índice de refracción del vidrio del núcleo es ligeramente superior al del vidrio de la cubierta.

El núcleo es la parte por donde se transmite el haz de luz, cuyo índice de refracción es  $n_1$ .

La cubierta es la parte que rodea al núcleo y que cumple que su índice de refracción  $n_2$  es inferior al del núcleo  $n_1$ . Debido a esto, los rayos de luz del núcleo que inciden en la interfaz entre los dos materiales, en un ángulo rasante, vuelven a reflejarse al núcleo. Por consiguiente, las señales ópticas se propagan dentro del núcleo por sucesivas reflexiones totales internas.

##### A) Clasificación de las fibras ópticas:

###### a) Modo de propagación:

- Monomodo: si el diámetro del núcleo y la diferencia del índice entre el núcleo y el revestimiento o cubierta son suficientemente pequeños, sólo puede propagarse un modo en el núcleo. Esta clase de fibra se denomina monomodo.
- Multimodo: fibra óptica en la cual existen varios modos de propagación.

###### b) Naturaleza del perfil del índice de refracción:

- Índice gradual: el índice de refracción cambia gradualmente en el núcleo.

- Índice escalonado o de salto de índice: el índice de refracción es constante dentro del núcleo y disminuye bruscamente en la interfaz con el revestimiento. En este caso, hay varios trayectos posibles de propagación de la luz, y por tanto, el tiempo de propagación difiere con el trayecto. Como resultado se produce una deterioración de la forma de onda en el punto receptor. Este fenómeno se denomina distorsión multimodo, provoca una interferencia entre símbolos y reduce la fiabilidad y calidad del sistema.

c) Naturaleza de los materiales:

- Sílice de alto grado.
- Vidrios compuestos.
- Compuestos moleculares de orden elevado.

Las fibras ópticas tienen una gran capacidad de transmisión de información dada la anchura de banda que soportan, pudiendo llegar a 10 Gbit/s/Km en transmisión digital.

Comparando las fibras ópticas con los pares coaxiales, aquéllas tienen un diámetro más pequeño, menor atenuación y mayor anchura de banda. Esto hace que sean adecuadas para utilizarlas en sistemas de transmisión a velocidades muy altas y con gran separación entre repetidores.

En los sistemas de transmisión óptica, las señales se transmiten por la fibra en forma de señales ópticas. Las señales en el equipo terminal se tratan como señales eléctricas. Por tanto es necesario efectuar conversiones E/O y O/E en los terminales emisor y receptor, respectivamente. El convertidor E/O convierte una señal eléctrica en una óptica y el convertidor O/E a la inversa.

B) Características de la fibra óptica:

- Bajas pérdidas.
- Gran anchura de banda.
- Diámetro pequeño.
- Peso ligero.
- Pequeño radio de curvatura.
- Ausencia de diafonía.
- Inmunidad contra la interfaz electromagnética.

C) Ventajas que ofrecen como medio de transmisión:

- Gran separación entre repetidores.
- Gran capacidad de transmisión.

- Buen factor de espacio (ocupa poco físicamente).
- Sencillez de instalación.
- Aumento del número de pares.

Hay tres modos básicos de explotación de circuitos:

- a) Simplex: la transmisión se realiza solamente en un sentido, sin posibilidad de hacerlo en el opuesto. De muy escaso uso en transmisión de datos, salvo en telemetría.
- b) Semiduplex (half-duplex): la transmisión se lleva a cabo alternativamente en uno u otro sentido, exigiendo un cierto tiempo para cada inversión que reduce la eficiencia del sistema.

Es el medio de explotación más frecuente en la transmisión de datos, incluso sobre circuitos que permiten el modo duplex.

- c) Duplex integral (full-duplex): consistente en la transmisión simultánea e independiente en ambos sentidos ya sea enviando datos en los dos, o bien datos en uno y control de los mismos en el otro.

Este modo de explotación, si bien reporta una gran eficiencia de la línea, exige unos terminales muy complicados, por lo que raramente se usa salvo en la unión de ordenadores.

## 5. TOPOLOGÍA DE REDES DE CABLE.

El sistema de cableado con que se dota a un edificio es un componente fundamental de la infraestructura en Tecnologías de la Información (TI) con que cuenta una organización. La aparición de los sistemas de cableado estructurado (o sistemas de cableado genéricos) se basa en la necesidad estratégica para una organización de considerar a largo plazo sus necesidades y requerimientos de comunicaciones. La vida útil de los cableados está censada entre los 20 y 25 años, mientras que el hardware y software no superan los 5 años, por ello parece evidente la necesidad de dotar a la organización de una infraestructura capaz de adaptarse lo mejor posible a los cambios tecnológicos que se sucederán durante su ciclo de vida.

Por todo ello, los requisitos que se exigen a un sistema de cableado son:

- Una capacidad de crecimiento, mediante el establecimiento de una modularidad dentro del propio cableado que le permita añadir nuevos componentes.
- Debe ser capaz de absorber las nuevas tecnologías de forma que los componentes a añadir al sistema de cableado sean los mínimos posibles.
- Debe contar con un alto grado de flexibilidad: tanto por permitir el empleo de tomas universales de datos, como por proporcionar una movilidad del personal dentro del entorno de trabajo, sin necesidad de grandes cambios.
- Debe ser un sistema fiable con mínimas interrupciones en el servicio y con un costo y tiempo de reparación razonable.
- Debe permitir una fácil identificación y gestión de los circuitos de información.



Por cableado estructurado se entiende un sistema de distribución integral de comunicaciones (voz y datos) basado en la normalización de los cables, conectores y adaptadores de todas las comunicaciones a las que da soporte.

Un cableado estructurado es el cableado de un edificio o serie de edificios, que cuenta con cables, rosetas de conexión, distribuidores de planta, distribuidores de edificio y distribuidores de campus, normalizados e interconectados de modo que puedan cubrir las necesidades y requisitos de todos los posibles usuarios durante la vida útil del edificio sin tener que recablear.

Gracias a la nueva orientación de infraestructura de edificios en el campo de precableado, hoy en día es posible instalar un sistema universal que sea totalmente transparente a los usuarios, una «red universal independiente de las aplicaciones». Como resultado, las cuestiones principales que deben resolverse a la hora de instalar una red de este estilo no son tanto las aplicaciones a las que van a servir como el sistema de cableado mismo, el número de edificios, el número de plantas por edificio, el espacio disponible y las distancias a cubrir.

Un sistema de cableado estructurado ofrece una jerarquía de cables que se extienden a las distintas plantas del edificio o edificios, divididos en una serie de subsistemas, cada uno de los cuales incluye los cables y el correspondiente hardware para interconectarlos entre sí. Los tres subsistemas de un cableado estructurado son:

1. El subsistema de campus: se denomina así al subsistema de cableado que permite interconectar edificios en el entorno local de un campus universitario, parque tecnológico, etc. La interconexión con el cableado de cada edificio se realiza en el armario de distribución del edificio (generalmente situado en la planta baja o sótano del edificio).
2. El subsistema troncal (o vertical): se trata del subsistema de cableado que interconecta las plantas del edificio convirtiéndose en la espina dorsal, a partir de la cual se distribuyen las conexiones de cada planta. Este subsistema interconecta los cuadros de distribución de cada planta (generalmente situados en un cuarto o un armario de conexiones) con el armario principal de distribución del edificio.
3. El subsistema horizontal: se trata del sistema de cableado que, partiendo de los cuadros de distribución de planta, llega a las rosetas (puntos de conexión) situadas en la pared o el mismo suelo y en las que el usuario conecta su terminal (de voz o datos).

Así pues, la topología básica es una estrella (o estrella modificada), independientemente de la topología de la red de datos que se pretenda instalar (anillo, bus, punto a punto, etc.), dado que todas las demás topologías son adaptables a ésta, mediante los correspondientes baluns o equipos activos. Se pretende que con simples cambios en los armarios o cuadros de distribución, puedan realizarse reasignaciones de puestos aprovechando las ventajas de mantenimiento que supone un cableado en estrella.

En los siguientes apartados se realiza una descripción más detallada de los distintos elementos que componen los subsistemas anteriores, partiendo del elemento más próximo al usuario: la roseta o punto de conexión:

- Punto de conexión: el punto de conexión para el usuario son las rosetas, en las que se encuentran alojados conectores hembra tipo RJ11 (de seis contactos), RJ45 (de ocho contactos para cables UTP) o RJ49 (para cables STP). La conexión estandarizada para terminales de voz se realiza mediante rosetas RJ11 (las habituales en los hogares), no obstante este tipo de conexión

nes deben evitarse en las nuevas instalaciones y ser sustituidas por rosetas RJ45 (propias de terminales de datos) permitiendo que cada punto de usuario de voz pueda ser, en un momento determinado, de datos.

Para realizar un dimensionamiento de los puntos de conexión necesarios se deberá contemplar la total movilidad de los distintos departamentos, evitando la necesidad de tendidos posteriores. Como regla de dimensionamiento, se puede considerar una densidad máxima que oscila entre cuatro y seis metros cuadrados por puesto en áreas abiertas. En el caso de despachos se deberá tener en cuenta el uso al que están destinados.

- Cableado horizontal: el segmento de cable que interconecta las rosetas con el cuadro de distribución de planta constituye el cableado horizontal, el cual debe ser apto tanto para la transmisión de datos procedentes de ordenadores como para transmitir las señales propias de telefonía, eliminando la necesidad de cableados específicos para RAL (Redes de Área Local). Esto se consigue mediante el empleo de cables normalizados del tipo UTP (Par trenzado sin apantallar) o STP (Par trenzado apantallado).

Este mismo tipo de cableado será el empleado para la interconexión del equipo a la roseta, para ello se dispondrá de latiguillos terminados en conectores macho RJ45 en ambos extremos y de una longitud típica de 3 metros. En aquellos casos en los que la tarjeta del equipo no disponga de conexión RJ45, deberá emplearse un transceptor denominado balun, cuya función es la de adaptar las impedancias entre un sistema balanceado, o simétrico (par trenzado), y un sistema asimétrico (coaxial).

- Cuadro de distribución de planta: un elemento fundamental en este esquema de conexión es el cuadro o armario de distribución de planta, al que llegan los cables que componen el tendido horizontal de cables descrito anteriormente. Dicho armario deberá, por tanto, soportar los módulos de repartición desde los que se reconfigura la parte de red que compone el tendido horizontal de calles (los cambios de puestos de trabajo se llevan a cabo a nivel de módulos de repartición en el cuadro de distribución), así como soportar los distintos componentes activos empleados en nuestra red.

Estos armarios pueden contar con los siguientes elementos:

- Bastidores de repartición: están formados por una estructura autoportante metálica, que cuenta con uno o dos rafles, sobre los que se efectúa el montaje de distintos tipos de módulos por presión. Estos rafles pueden tener dos tipos de perfiles: el estándar HPLU o en U. Para la distribución y agrupación de los cables deberá contar con canaletas de PVC de gran sección y anillos pasacables.
- Módulos de repartición: son los elementos empleados para realizar la conexión de los cables procedentes de los puestos de trabajo, las conexiones de los locales de repartición y las conexiones de los equipos activos. Estos módulos se insertan en los rafles de los bastidores de repartición, siendo aconsejable formar conjuntos separados de módulos (en función de sus destinos o el equipo al que pertenezcan) con el fin de facilitar su identificación y utilización.
- Bastidor para montaje de equipos activos: estos bastidores permitirán montar diversos equipos de transmisión de datos como pueden ser los HUB (Concentradores) de redes locales 10Base T, los MAU de las redes Token Ring, Routers, etc., que se encuentran adaptados al formato de 19" (pulgadas).

- **Cableado vertical:** el cableado vertical o troncal es considerado la columna vertebral del sistema de distribución. En los edificios con varias plantas este cableado realiza la interconexión entre ellas y con los centros principales de distribución.

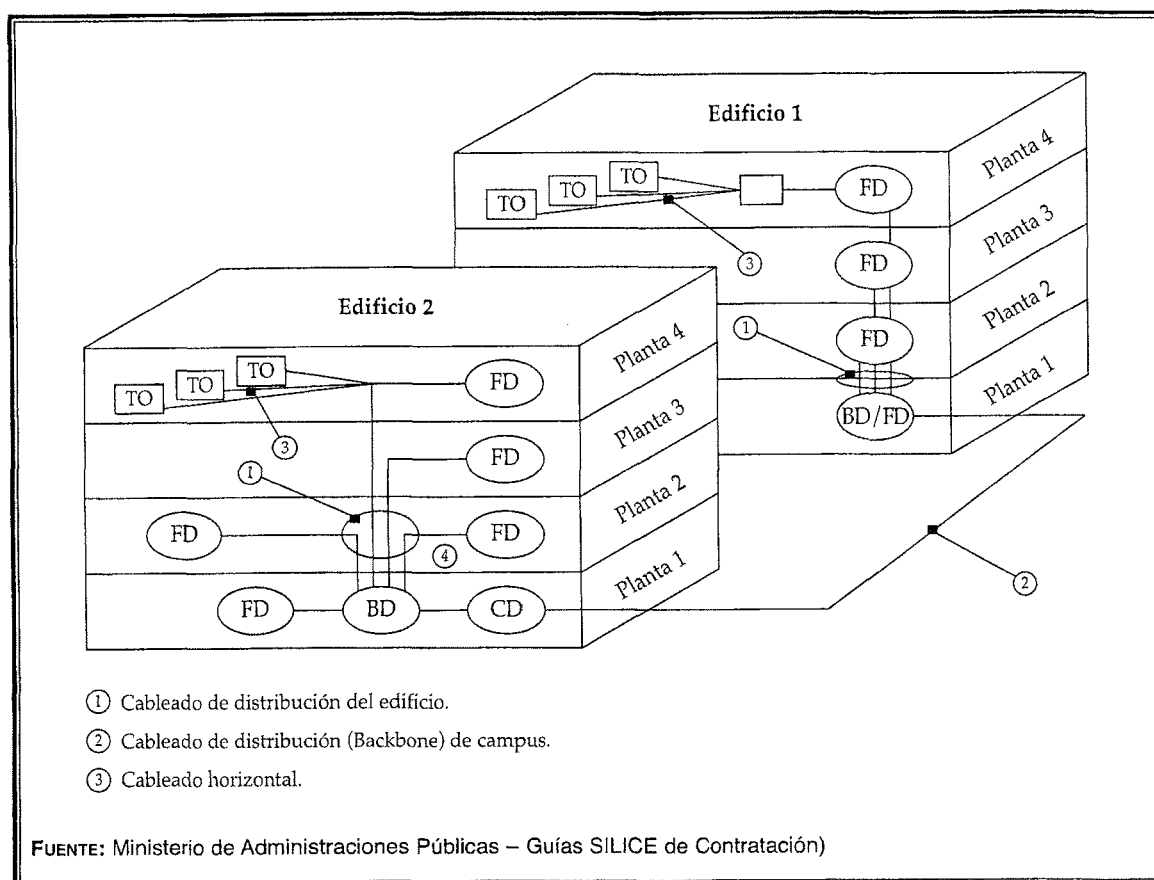
Para ello, este subsistema puede ser tan sólo una extensión física de los cables que llegan a los cuadros de distribución de planta hasta el armario principal del edificio (si las distancias lo permiten), o puede constituir otra red en sí misma mediante la cual se interconectan los equipos activos situados en los armarios de distribución de planta.

En el primer caso se emplearían cables de pares (100 pares típicamente) que dan continuidad física a los cables del tendido horizontal. En el segundo caso se trata de otra red que dispondrá del cableado más adecuado en función de la tecnología empleada y las restricciones medioambientales que deba soportar (interferencias, etc.).

- El cableado de campus siempre constituye una red local por sí mismo. Para ello dispone de equipos específicos de transmisión instalados en todos los edificios que interconecta, y es a estos equipos a los que se deberá conectar la red local del edificio.

En este tipo de redes las restricciones principales vienen dadas por las distancias a cubrir (los edificios a conectar se encuentran distribuidos sobre un área amplia) y las velocidades a emplear (dado que tienen un elevado número de potenciales usuarios). Es por ello que habitualmente se empleen redes de fibra óptica sobre las que es posible alcanzar grandes distancias sin necesidad de repetidores y altas velocidades, o incluso multiplexar varias redes.

La siguiente figura muestra una distribución típica de los distintos elementos.



## • TIPOS DE CABLES.

En esta sección se realiza un repaso de los principales tipos de cables que pueden emplearse en una instalación y a los que nos referiremos posteriormente. Aunque la estrella es el cable de pares (por ser el más utilizado en cualquier instalación) existen distintas opciones en función de las necesidades o requerimientos de la instalación en concreto. Las principales opciones son:

- A) Par trenzado: como su nombre indica, este cable está formado por un par de hilos de cobre, cada uno de ellos aislado por su propia cubierta, y trenzados entre sí. El grosor de los hilos varía al igual que el número de vueltas (o trenzados) por pulgada. El trenzado mantiene estables las propiedades eléctricas en toda la longitud del cable y reduce las interferencias creadas por los hilos adyacentes en los cables compuestos por varios pares.

Normalmente un cable contiene varios pares, como mínimo dos pares, cuatro hilos, tal y como requiere la mayoría de los sistemas telefónicos para conexión de centralitas privadas (PBX). De hecho, un enlace telefónico tan sólo requiere dos hilos, pero algunos sistemas requieren un tercer hilo para implementar funcionalidades especiales, es por esto que se emplean cables de cuatro hilos en conexiones de voz. Recientemente la configuración es de cuatro pares (ocho hilos) siguiendo la recomendación los estándares de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI).

Aunque el trenzado de los pares entre sí y posteriormente entre los grupos de pares permite reducir el efecto de las interferencias, es conveniente cuidar que el tendido de los cables no se realice en las proximidades de cables de potencia (suministro eléctrico), motores, sistemas de aire acondicionado, pantallas de fluorescentes, etc. En el caso de ser necesario combatir interferencias de este tipo existen diversas configuraciones cables de pares que mediante el empleo de pantallas metálicas (tanto de los pares como del conjunto del cable) conectadas a masa, permite obtener un mayor aislamiento. No obstante, con la pantalla el coste del cable se ve aumentado al igual que las dimensiones y el peso, con lo que se reduce su facilidad de instalación.

Las principales ventajas del empleo de cable de pares trenzados son:

1. Resulta mucho más sencillo de instalar que otros cables, como el coaxial porque:
  - Requiere una menor cantidad de conectores y éstos son más sencillos y rápidos de conectar.
  - El par trenzado resulta más fino y ligero, permitiendo el paso de mayor número de cables por misma canalización: tubo o bandeja.
  - Es robusto y fácil de doblar, lo que le permite adaptarse al recorrido sin miedo a roturas de sus conductores.
2. Es mucho más versátil puesto que permite trabajar con voz, datos RS-232, entorno 3270, Ethernet Token Ring, etc., y cumple la normativa para la introducción de la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).

Los cables de pares se dividen en dos categorías: UTP (Par trenzado sin apantallar) y STP (Par trenzado apantallado). En un principio las diferencias entre los dos tipos de cableados STP y UTP residen en la mayor seguridad e inmunidad a las interferencias eléctricas y mayores distancias que proporciona el cable apantallado (STP), designándolo como el medio

a emplear en entornos fabriles en los que las líneas de fuerza que transportan la energía eléctrica generan campos electromagnéticos que provocan ruidos en la línea de transmisión de datos y convirtiendo las oficinas y lugares de escasa maquinaria en el entorno de los cables de par trenzado sin apantallar UTP dado su menor coste.

No obstante, la oferta de cables apantallados (STP) está creciendo en el mercado y en la actualidad se disponen de los siguientes tipos: cables de pares con apantallamiento global S/UTP (también denominados FT o UTP/S), cables con pantalla global y una trenza de cobre UTP/BS y cables con apantallamiento por pares S/STP.

Los defensores de este tipo de cableado buscan su justificación en las altas prestaciones/altas velocidades de las nuevas redes. Alegando que la pantalla proporciona los siguientes efectos a altas frecuencias:

- Aisla prácticamente por completo a los conductores de las interferencias electromagnéticas producidas por otros cables y del exterior.
- Hay fluctuaciones de impedancia, aunque los cables pasen por elementos metálicos (no hay variación del campo) evitándose la disminución de impedancia nominal y por tanto el aumento de la atenuación que causa el apantallamiento involuntario.
- Elimina la radiación electromagnética emitida a la atmósfera (cumpliendo la Legislación Europea EN 55022 Clase B).

Frente a esto, los fabricantes de cables UTP, AT&T a la cabeza, defienden el empleo de cables sin apantallar, alegando lo siguiente:

- Ninguna pantalla puede proteger frente a interferencias eléctricas y magnéticas a todas las frecuencias. De hecho las pantallas son casi transparentes frente a campos magnéticos de baja frecuencia como son los cables eléctricos de edificios (la mejor pantalla es dotarlos de una separación adecuada).
- A frecuencias altas son necesarias múltiples tomas de tierra, cuya longitud, para ser efectivas, no deben superar  $1/20$  de la longitud de onda de la señal de mayor frecuencia (a 30 MHz será de 0,5 metros).
- Que un cable sea apantallado no implica que admita distancias de transmisión mayores, ya que las distancias alcanzadas dependen de la atenuación del cable, la diafonía (NEXT) entre pares y el protocolo de transmisión.
- Un cable apantallado no garantiza por sí solo un mejor comportamiento frente a EMC y EMI, ya que se debe mantener la integridad del sistema completo incluyendo los conectores (que deben ser completamente apantallados y la terminación de la pantalla debe ser con terminación de 360 grados y conexión a tierra de muy baja impedancia), cordones y paneles de conexión.
- El único método de lograr una protección frente a EMI y lograr EMC no es el apantallamiento. Es posible aplicar principios de Transmisión balanceada, Filtrado o una combinación de ambos.

En este sentido AT&T superó las pruebas de la Clase A del EN 55022 (1988) para Token Ring de IBM a 16 Mbit/s.

- B) Coaxial: el cable coaxial está formado por un conductor central rodeado por una malla muy fina de hilos de cobre. El espacio que queda entre el hilo y la malla está aislado para separar los conductores y mantener las propiedades eléctricas. Finalmente todo el cable está recubierto por una capa aislante que lo protege del medio exterior.

Varios sistemas han usado cables coaxiales para conectar terminales a los Host, como en el caso de IBM o WANG. Sin embargo el mayor crecimiento del empleo de cables coaxiales fue debido a la introducción de las redes locales, donde su gran capacidad y resistencia a las interferencias (debido a la pantalla exterior) lo hacía ideal para redes de alta velocidad (4 a 16 Mbit/s).

El cable coaxial presenta un buen aislamiento electromagnético junto con una baja atenuación, poca distorsión y un ancho de banda relativamente importante. Dentro del cable coaxial se distinguen dos alternativas:

- a) Thick: es el cable coaxial grueso empleado por el estándar 10Base5, comúnmente conocido como «cable amarillo» debido al color del revestimiento PVC. Se trata de un cable con las siguientes características físicas:

Cable .....	Tipo N.
Impedancia .....	50 Ohm.
Conector .....	N-series.
Longitud máxima del segmento .....	500 m.
Longitud mínima del segmento .....	2,5 m.

- b) Thin: es un cable coaxial de menor diámetro empleado por el estándar 10Base2, comúnmente conocido como «Cheapernet» por su menor coste y que cuenta con las siguientes características físicas:

Cable .....	RG-58.
Impedancia .....	50 Ohm.
Conector .....	BNC.
Longitud máxima del segmento .....	200 m.
Longitud mínima del segmento .....	0,5 m.

Las principales limitaciones del cable coaxial derivan de sus problemas de instalación que unido a su alto coste ha potenciado una presión hacia los fabricantes para permitir el empleo de cables de pares, aunque los cables coaxiales tienen aún su razón de ser y en algunas ocasiones suponen una clara alternativa.

- C) Fibra óptica: la fibra óptica consiste en un núcleo o fibra de vidrio con un alto índice de refracción, rodeada de una capa o revestimiento de material similar pero con índice de refracción ligeramente menor, y todo ello, envuelto en una cubierta de protección totalmente opaca. El núcleo constituye el soporte físico de la radiación óptica guiada, mientras que el revestimiento ayuda al confinamiento de dicha radiación en el núcleo.

La conducción de la radiación luminosa inyectada en la fibra se realiza por el núcleo, de modo que si uno de los rayos que la componen choca con la interfaz que separa el núcleo del revestimiento (con índice de refracción menor), se produce un fenómeno de reflexión, quedando confinada en el núcleo. Esta radiación confinada en el núcleo se propagará, reflexión tras reflexión, a lo largo de éste.

Dado que no todos los rayos incidirán sobre esta interfaz que separa núcleo y revestimiento con el mismo ángulo, no todos ellos realizarán el mismo camino y por tanto unos llegarán después que otros (los que tengan un mayor número de reflexiones realizan un trayecto más largo) provocando un ensanchamiento en el tiempo de los pulsos transmitidos.

Esta simple explicación, basada en la teoría de propagación por rayos, proporciona una visión intuitiva del fenómeno de la dispersión modal (el concepto de modo proviene del estudio de la propagación mediante las ecuaciones de Maxwell, donde cada modo es una solución a dichas ecuaciones y transporta una cantidad discreta de energía).

La dispersión modal ocasiona, por tanto, una reducción del ancho de banda y, consiguientemente, una limitación en la velocidad a transmitir. Si el radio del núcleo y/o los índices de refracción se reducen, llega un momento en el que sólo se propaga el modo fundamental (las ecuaciones de Maxwell tienen una única solución) que transporta toda la información o energía, denominándose entonces fibra monomodo. A partir de este concepto podemos clasificar los cables de fibra óptica en tres tipos:

1. Fibra monomodo: aquella en la que el diámetro del núcleo y la diferencia de índices de refracción hace que sólo se propague un modo por el núcleo. Este tipo de fibra proporciona un alto ancho de banda y velocidad de transmisión, pero hace que resulte muy difícil el acoplamiento de transmisores, conectores y otros dispositivos.
2. Fibra multimodo de índice escalonado: en esta fibra el índice de refracción del núcleo y el revestimiento es constante dentro de cada uno de ellos produciéndose un salto brusco en la interfaz entre ambos. Como se trata de una fibra multimodo presenta menores prestaciones que la anterior, pero una mayor facilidad de conexionado.
3. Fibra multimodo de índice gradual: en este caso el índice de refracción en el núcleo cambia de forma gradual, de modo que no se ocasione un salto tan brusco en la interfaz con el revestimiento. De esta forma se reduce el fenómeno de la dispersión modal, aumentando el ancho de banda disponible respecto al caso anterior.

La fibra óptica ofrece las siguientes ventajas ante los cableados en cobre:

- Mayor ancho de banda: esto se traduce en una mayor velocidad de transmisión en la Red.
- Menor tamaño y menor peso: lo que facilita enormemente el tendido de la red y la reutilización de canalizaciones o conductos ya existentes.
- Nula radiación electromagnética e inmunidad al ruido electromagnético: esto permite su instalación aprovechando los tendidos de energía eléctrica sin problemas de interferencias.
- Menor atenuación: lo que permite la interconexión de instalaciones en varios edificios o puntos lejanos dentro del mismo, que sobrepasen las distancias permitidas en los segmentos de cable coaxial.

Los principales inconvenientes provienen de la complejidad de su instalación, especialmente porque las conexiones han de ser muy precisas al ser muy propensas a pérdidas de señal en divisiones o uniones inadecuadas. Si se dobla el cable o se somete a una presión excesiva, se produce una reducción importante de su rendimiento. Esto hace que los conectores tengan que ser muy sofisticados y caros, siendo normalmente necesaria su instalación por personal especializado.

Para la instalación de redes de fibra óptica se cuentan en la actualidad con dos tipos de cableados: fibras de 50/125 micras y fibras de 62,5/125 micras. La fibra 50/125 está optimizada para tener un mayor ancho de banda y una baja atenuación, cuenta con una pequeña apertura numérica que proporciona un acoplamiento poco eficiente con el transmisor optoelectrónico. Por otro lado la fibra 62,5/125 tiene una apertura numérica mayor y, por tanto un acoplamiento más eficiente con el transmisor optoelectrónico, pero su ancho de banda está limitado a 500 Mhz/Km a 1.300 nm (suficientes para cumplir la norma FDDI).

En la actualidad el coste de los cables de fibra óptica es cada vez más competitivo por lo que en aquellos casos en los que se prevea un crecimiento de las necesidades de interconexión pudiera ser aconsejable realizar un tendido paralelo al cableado de cobre en previsión de futuras ampliaciones.

Un resumen comparativo de las características de los diversos tipos de cable es:

	PAR TRENZADO NO APANTALLADO	PAR TRENZADO APANTALLADO	COAXIAL	FIBRA ÓPTICA
Tecnología ampliamente probada ....	Sí	Sí	Sí	Sí
Ancho de banda .....	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
Hasta 1 Mhz .....	Sí	Sí	Sí	Sí
Hasta 10 Mhz .....	Sí	Sí	Sí	Sí
Hasta 20 Mhz .....	Sí	Sí	Sí	Sí
Hasta 100 Mhz .....	Sí (*)	Sí	Sí	Sí
27 Canales vídeo .....	No	No	Sí	Sí
Canal Full Duplex .....	Sí	Sí	Sí	Sí
Distancias medias .....	100 m	100 m	500	2 km (multi.)
	65 Mhz	67 Mhz	(Ethernet)	100 km (mono.)
Inmunidad Electromagnética .....	Limitada	Media	Media	Alta
Seguridad .....	Baja	Baja	Media	Alta
Coste .....	Bajo	Medio	Medio	Alto

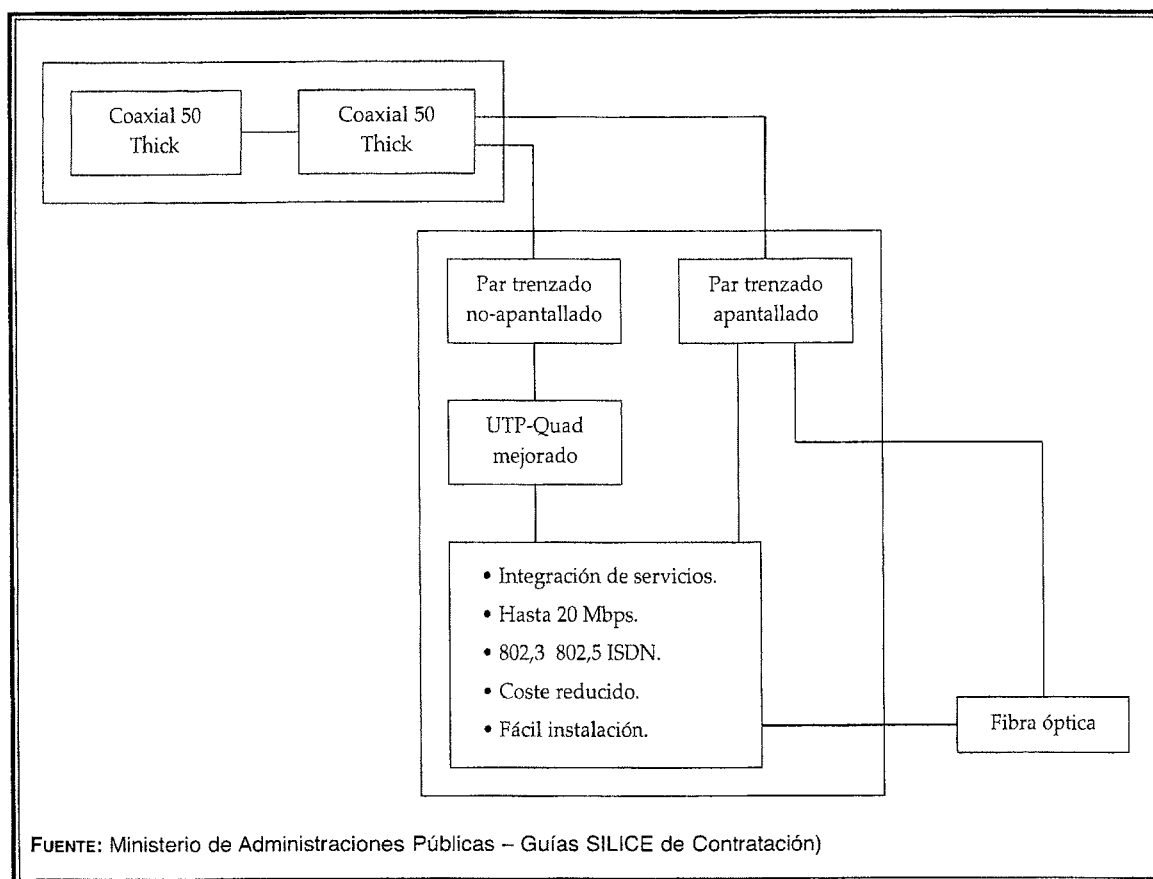
(\*) UTP CATEGORÍA 5.



La instalación de nuevos sistemas de cableado ha estado motivada fundamentalmente por la implantación en las empresas de nuevos sistemas telemáticos, en concreto de Redes de Área Local (RAL). En un principio el coaxial fue el tipo de cable más empleado en las Redes de Área Local, tanto en banda ancha como en banda base, debido fundamentalmente a su especificación para las redes Ethernet y Token Ring. Este cableado era específico para la red local, por lo que en la mayoría de las empresas coexistían al menos dos tipos de cables, uno de pares para la telefonía y el nuevo de la red local.

En un número alto de empresas la situación era aún peor al existir, con anterioridad a la Red de Área Local, un sistema informático basado en terminales que había requerido sus propios cables. Tampoco era extraño empresas que tenían distintos tipos de terminales cada uno con tipos de cables distintos. En esta situación cada traslado de un puesto de trabajo requería el tendido de nuevos cables y conectores.

La tendencia del mercado está claramente orientada hacia la utilización de sistemas de cableado estructurado basados en pares trenzados no apantallados para el acceso desde el repartidor de planta hasta el punto de conexión y el empleo de fibra óptica o cables multipar para la distribución en edificio y en el campus. La figura adjunta muestra la evolución entre los distintos tipos de cables existentes.



Los cables de pares trenzados no apantallados pueden ser utilizados por los principales servicios requeridos en el Área de Trabajo, entre los que se incluye la voz y acceso a red local.

Cuando se requiera disponer de velocidades de transmisión elevadas (ancho de banda > 250 Mhz), es necesario plantear la utilización de cable tipo STP (apantallado), dado que a estas frecuen-

cias este tipo de cable asegura el cumplimiento de las normas de compatibilidad electromagnética en las instalaciones. Sin embargo, se están realizando esfuerzos importantes por parte de empresas y organismos internacionales para definir estándares (tales como Gigabit Ethernet) capaces de soportar altas velocidades de transmisión bajo cable UTP, dada la elevada implantación de este tipo de cableado y su facilidad de instalación.

Los cables de fibra óptica en distribución son utilizados mayoritariamente para transmisión de datos y de manera creciente por voz. La digitalización de la voz debe permitir sustituir las mangueras multipar empleadas mayoritariamente en la actualidad para la distribución de voz en el interior de edificios y entre edificios (campus).

#### • DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.

La documentación que debe suministrar la compañía instaladora de una red de cableado estructurado es tan importante como la calidad de los cables a instalar a la hora de obtener un beneficio de la inversión realizada. La documentación deberá cubrir todos los aspectos que componen el sistema de cableado estructurado, desde el recorrido de los cables hasta la configuración de los repartidores y armarios de distribución. La información básica que deberá estar disponible es del siguiente tipo:

1. Los cables deben estar etiquetados en ambos extremos mediante etiquetas plásticas o en la propia cubierta y empleando siempre tinta indeleble. En el caso de realizarse una segregación de determinados pares a partir de un mazo de cable único, también será necesario realizar un etiquetado en dicho punto.

El etiquetado de los cables debe realizarse de modo que sea adecuado a la estructura del cableado y sea comprensible por sí mismo, evitando el empleo de una simple ordenación numérica que luego hay que consultar en tablas. Un ejemplo es la siguiente numeración: R2/MR1/AD5-003. Que puede identificar un cable que discurre desde la Roseta 2 -vía Módulo Repartidor i- hasta el Armario de Distribución 5, siendo el cable número 3 de los que siguen el mismo recorrido.

2. Documentación escrita. La documentación escrita que deberá ser entregada a la recepción del proyecto deberá ser de dos tipos:

- a) Planos del edificio sobre los que se encuentren reflejados los tendidos del cableado correspondiente tanto a la propia red local como a las líneas de distribución de energía del edificio. El objetivo de este último punto es que queden reflejadas las tomas de potencia realizadas para conexión de los equipos activos instalados en los armarios de distribución.

Sobre dichos planos deberán poder identificarse los cables que componen la red local mediante el mismo tipo de nomenclatura empleado en el etiquetado de los cables.

- b) Tablas de interconexión que identifiquen las conexiones realizadas en cada uno de los armarios de distribución y módulos de reparación. Estas tablas emplearán la misma nomenclatura que en casos anteriores y deberán permitir conocer la disponibilidad de cables y puntos de conexión libres/ocupados en cada momento.
- c) Catálogo de material y equipos instalados en cada armario de los cables y el correspondiente hardware para interconectarlos entre sí.

## • COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC).

EMC se define como la capacidad de un sistema para trabajar satisfactoriamente en un entorno sin interactuar con éste, es decir, la capacidad de un circuito, equipo o sistema para operar satisfactoriamente sin aportar niveles de radiación electromagnética inaceptables en su entorno o ser afectado por éste. En definitiva, el equipo instalador debe:

- No ser causa de interferencia con otros elementos próximos (minimizar emisiones).
- A su vez ser lo suficientemente inmune a éstas.

En Europa se dispone de la Directiva Europea sobre EMC (89/336/EEC) aprobada por el Consejo Europeo el 3 de mayo de 1989, y que cubre tanto emisiones como inmunidad de equipos e instalaciones. Esta directiva cuenta con una enmienda (92/31/EEC) de 2 de abril de 1992, que establece un período de transición de 4 años (92-95) durante el que es posible cumplir la directiva europea o cumplir las normas nacionales en dicha materia.

La normativa específica a considerar con relación a equipos de informática y comunicaciones -ordenadores personales, cables de transmisión de datos, equipos de implementación de redes, etc.- es:

- EN 55022 (1987): emisión conducida y radiada. Contempla dos clases: A y B, siendo la B la más restrictiva.
- EN 55024, Parte 3 (IEC 801 Parte 3). Propone los requerimientos de inmunidad a la radiación debida a campos electromagnéticos.
- EN 55024, Parte 4 (IEC 801 Parte 4). Prescribe los requerimientos de inmunidad frente a transitorios rápidos sobre conductores.
- EN 60555-2 (1987): principales armónicos en sistemas de alimentación.
- EN 60555-3 (1987): fluctuaciones de Tensión en Sistemas de Alimentación.

El cumplimiento de estas normas (especialmente EN 55022 Clase B) es uno de los principales argumentos esgrimidos por los fabricantes de los cables de pares apantallados (STP), mientras que los fabricantes de cables UTA han conseguido obtener certificados del cumplimiento de EN 55022 Clase A, por parte de laboratorios independientes.

## • NORMALIZACIÓN: EIA/TIA 568 VERSUS ISO/EIS DIS 11801.

El estándar EIA/TIA 568, aprobado en julio de 1991, es un conjunto de normas destinadas a normalizar los elementos que componen un sistema de cableado genérico para telecomunicaciones en edificios comerciales, capaz de soportar un entorno multiproveedor y multiservicio. Está elaborado por la Electronic Industries Association (EIA) y la Telecommunications Industry Association (TIA), bajo el visto bueno del American National Standards Institute (ANSI), por lo que se trata de una norma «local» a los Estados Unidos. Por razones evidentes, estas normas han sido ampliamente difundidas internacionalmente a manos de los diferentes fabricantes de cables y dispositivos de interconexión (AT&T a la cabeza), por lo que suelen emplearse frecuentemente como referencia para especificar la calidad de un cable o dispositivo de conexión.

De hecho el EIA/TIA 568 es más que una norma, se trata de un documento en el que se analizan detalladamente cada uno de los elementos que componen un sistema de cableado genérico, y no sólo recoge un conjunto de requerimientos mínimos en cuanto a prestaciones y características técnicas a cumplir (destinados a garantizar la interconexión e interoperabilidad de los sistemas), sino que incluye un conjunto de recomendaciones o requerimientos «deseables» para optimizar el sistema.

Dada la imposibilidad material de comentar todos los aspectos tratados en los siguientes puntos se recogen algunas de las principales recomendaciones hechas en el EIA/TIA 568:

- a) Cableado Horizontal: el cableado horizontal debe emplear una topología en estrella con una longitud máxima de 90 metros (entre armario y roseta).
- b) Cableado Vertical: deberá emplear una configuración jerárquica en estrella con todos los armarios conectados a un armario principal (que será el armario de distribución del edificio).
- c) Área de trabajo: la longitud máxima para conectar un equipo al cableado horizontal (roseta) deberá ser de 3 metros, teniendo esta calle las mismas características de transmisión que el empleado en el cableado horizontal.

Los cables considerados son:

- Cable de pares UTP de 100 Ohm.
- Cable de pares STP de 150 Ohm.
- Cable coaxial de 50 Ohm.
- Fibra Óptica de 62,5/125.

Para estos cables se definen todas las características tanto mecánicas (códigos de colores que identifica unívocamente cada hilo en un cable de 4 pares, diámetro de los conductores, radio de curvatura, tensión de ruptura) como de transmisión (resistencia, capacidad, atenuación, impedancia, diafonía entre pares, etc.).

De modo similar se definen las características mecánicas y de transmisión de cada uno de los elementos necesarios para su interconexión.

Pero quizás el aspecto más conocido de esta norma es la dosificación de los cables UTP empleados en el cableado horizontal en categorías, iniciado en el TSB-36 (Technical Systems Bulletin Additional Cable) Specifications for Unshielded Twisted Pair) y terminado con la publicación de TSB-40 por el grupo de trabajo TR41.8.1 de EIA/TIA.

- a) Categoría 1 y 2: son cables empleados en transmisión de voz y datos de muy baja velocidad, no considerados en el EIA/TIA 568.
- b) Categoría 3: esta designación se aplica a los cables descritos en el EIA/TIA 568. Son cables especificados para emplearse en sistemas de hasta 16 MHz (los habituales en aplicaciones de voz y redes locales hasta 10 Mbps).

- c) Categoría 4: son cables especificados para funcionar hasta 20 MHz (para ser usados en transmisiones de datos hasta 16 Mbps).
- d) Categoría 5: son cables especificados para trabajar hasta 100 MHz (para su empleo en redes de alta velocidad hasta 100 Mbps).

• **EPHOS 2 TOPIC L: CABLING.**

El Manual Europeo para las compras públicas de sistemas abiertos (EPHOS) dedica un apartado en esta segunda versión al tema de la contratación de un sistema de cableado.

En este documento se recogen una serie de cláusulas genéricas y otras particulares destinadas a especificar la contratación de un sistema abierto conforme a la Decisión del Consejo Europeo (87/95/CEE).

Entre las cláusulas recogidas en EPHOS para incluirlas a la hora de realizar una contratación están las siguientes:

**CLÁUSULA 1:** EL CABLEADO SERÁ CONFORME A ISO/IEC DIS 11801.

ISO/IEC DIS 11801. Este estándar proporciona especificaciones de prestaciones de los cables y componentes que constituyen un sistema de cableado así como los requerimientos para cumplir las normativas EMC Europeas.

EN 50173. En Europa CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrónica) adopta el estándar anterior, con lo que no es previsible que la norma EN 50173 difiera sustancialmente de la ISO/IEC DIS 11801.

Normalmente cada suministrador de cables soporta una limitada selección de tipos de cables (por ejemplo, cables apantallados o sin apantallar, cables de varias impedancias y prestaciones, etc.). Especificar un cable particular puede limitar seriamente el número de potenciales suministradores. Dentro de ISO/IEC DIS 11801 pueden encontrarse criterios de prestaciones usando cables muy diferentes. Por este motivo no se han incluido cláusulas que especifiquen un tipo particular de medio.

**CLÁUSULA 2:** LOS CABLEADOS DEBERÁN SER INSTALADOS SIGUIENDO LOS RECORRIDOS E INSTRUCCIONES DADOS EN LOS PLANOS.

Los planos del lugar y del edificio deberán estar disponibles para el suministrador. Éstos deberán incluir detalles de la situación de las rosetas, situación de los cuadros y armarios de distribución, rutas propuestas para el tendido de los cables y la situación de aquellos equipos específicos que deban ser conectados al sistema de cableado (como, por ejemplo, una centralita de voz).

**CLÁUSULA 3:** LOS REQUERIMIENTOS DEL CABLEADO HORIZONTAL SERÁN LOS SIGUIENTES:

Donde se recogerá una lista detallada de aspectos como los siguientes:

– Localización del área a cubrir en el edificio.

- Tamaño del área.
- Número de zócalos o rosetas.
- Número de conexiones en cada zócalo o roseta.
- Situación y tipo de cada roseta.
- Situación de cada cuadro de distribución de planta.
- Tamaño de las áreas destinadas a los cuadros de distribución, incluyendo capacidad de acceso y mantenimiento.
- Aplicaciones del cableado a que se destinará cada conexión.

CLÁUSULA 4: LOS REQUERIMIENTOS DEL CABLEADO PARA EL BACKBONE (INCLUYENDO LOS SUBSISTEMAS VERTICAL Y DE CAMPUS) SON LOS SIGUIENTES:

- Aplicaciones que serán soportadas.
- Ubicación de los equipos activos.
- Caminos de paso existentes (canalizaciones, túneles, pasos aéreos, etc.) indicando la ocupación actual.
- Localización de otros servicios (agua, gas, electricidad).
- Localización de los centros de distribución del campus.
- Tamaño de las áreas destinadas a los centros de distribución, incluyendo capacidad de acceso y mantenimiento.
- Puntos de acceso del cableado exterior a los edificios.

Además de las cláusulas genéricas anteriores, se incluyen una serie de ejemplos destinados a especificar requerimientos del Nivel Físico Impuesto por el Sistema que dicho cableado deberá soportar [así, en el caso de realizar un cableado para una Red de Área Local Ethernet IEEE 802.3 CSMA/CD, la cláusula a incluir sería:

CLÁUSULA 5: EL CABLEADO DEBERÁ ESTAR DE ACUERDO CON LOS REQUERIMIENTOS DEL NIVEL FÍSICO ESPECIFICADO EN IS 8802-3.

El documento continúa con una serie de requerimientos adicionales, entre las que cabe destacar las siguientes:

- Instalación de Cableado: donde se hace referencia a la prenorma Europea prEN 50098-3 «Recommendations for Installation practices».
- Compatibilidad Electromagnética (EMC): donde aparte de las consideraciones incluidas en ISO/IEC DIS 11801 se hace referencia a la inclusión de las normas EN 50081-1 (Control de Interferencias), EN 55022 (límites y métodos de medida) y EN 50082-1 (Sistemas Eléctricos Industriales) cuando así sea necesario.

- Protección de Incendios: donde se hace referencia al empleo de cables con cubiertas retardantes al fuego y cuya combustión se realiza con escasa emisión de humos, los cuales a su vez, son no-tóxicos y libres de halógenos. Para ello se dispone de las normas IEC 332-3 (propagación de Incendios), IEC 754-2 (emisión gases tóxicos) y IEC 1034-2 (emisión de humo).
- Regulaciones Nacionales en Telecomunicaciones: donde se indica la necesidad de cumplir los requerimientos dados por los Operadores Nacionales de redes en las conexiones a redes públicas.

## 6. MICROONDAS Y SISTEMAS DE TRANSMISIÓN POR SATÉLITE.

Los enlaces radioeléctricos basados en la propagación de las ondas electromagnéticas en el espacio libre son ampliamente utilizados en redes de telecomunicación como medios de transmisión a gran distancia, compitiendo con los cables coaxiales.

Como característica diferenciadora de estos medios de transmisión se puede citar el hecho de que sólo precisan medios físicos en los puntos de origen y destino (estación transmisora y receptora), aparte de las estaciones repetidoras, cuando la distancia a cubrir las requiere.

En función de la capacidad en número de canales telefónicos transmisibles y de la forma de utilización, se pueden distinguir tres tipos característicos de enlaces radioeléctricos:

- Sistemas de onda corta.
  - Radioenlaces de microondas terrestres.
  - Radioenlaces vía satélite artificial.
- A) Sistemas de onda corta: se usaban para comunicaciones intercontinentales, pero debido a su escasa capacidad se excluyen de las grandes vías de comunicación actualmente.
- B) Radioenlaces de microondas terrestres: conocidos también como «cables hercianos» puesto que, vistos desde los extremos, pueden asimilarse a un cable coaxial físico. De hecho, las señales que salen de un sistema multiplex pueden enviarse alternativamente por un cable coaxial o por un cable herciano (radioenlace) si son de la misma capacidad, o bien un coaxial puede ser usado para prolongar un radioenlace desde la estación terminal hasta la central.

La infraestructura física de estos radioenlaces está constituida por las estaciones terminales (transmisora y receptora) y un número indeterminado de estaciones repetidoras, dependiente de la distancia entre terminales y de la orografía de la ruta que los una.

La longitud de cada vano (distancia entre dos estaciones contiguas) se sitúa en torno a los 50 kilómetros y la propagación se realiza en un haz muy estrecho conseguido mediante una antena parabólica, precisándose la existencia de visibilidad entre cada dos antenas consecutivas.

Los radioenlaces se caracterizan por el número de radioenlaces principales y de reserva con que estén equipados. Cada radiocanal tiene una capacidad entre 960 y 2.700 canales telefónicos y utiliza una banda distinta de frecuencias, que, a su vez, es diferente en cada sentido de transmisión.

Un radioenlace es semejante a un cable coaxial y cada radiocanal de aquél es semejante a un tubo o par coaxial de éste.

- C) Radioenlaces vía satélite artificial: los satélites utilizados en la actualidad son los llamados geoestacionarios. Dichos satélites reciben la señal de una estación terrena, la amplifican, cambian la banda de frecuencias y la transmiten a otra estación terrena. Los satélites artificiales son utilizados como repetidores. Las frecuencias utilizadas se sitúan entre 4 y 11 GHz.

Guías de ondas: consisten en un tubo de sección circular, elíptica o rectangular, de unos 5 centímetros de diámetro cuya superficie interior es metálica (cobre), recubierto de elementos aislantes y el correspondiente soporte de resistencia mecánica.

Se usan actualmente para distancias cortas, como uniones de antenas con equipos de radio.

Se están desarrollando experiencias para transmisión a larga distancia con guías de ondas circulares en la banda de 30 a 50 GHz.

