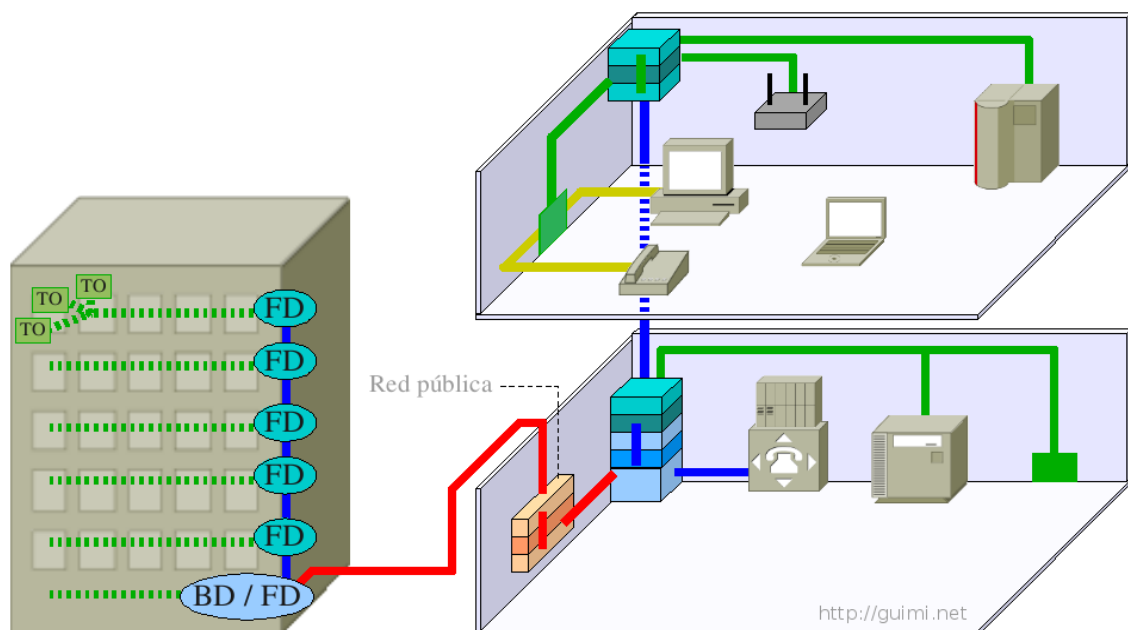


Cableado estructurado

Última modificación 2009/04



 2008-2009 – Güimi (<http://guimi.net>)

Esta obra está bajo una licencia "Reconocimiento-Compartir bajo la misma licencia 3.0 España" de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite http://guimi.net/index.php?page_id=licencia/cc-by-sa-30-es_human.html.

Reconocimiento tautológico: Todas las marcas pertenecen a sus respectivos propietarios.

Elaboración propia utilizando principalmente la normativa ISO/IEC 11801 y artículos de la wikipedia (<http://www.wikipedia.org>).

Cableado estructurado

Contenido

TIPOS DE CABLES.....	3
INTRODUCCIÓN.....	3
PAR TRENZADO.....	3
Tipos de cables de par trenzado.....	4
Par trenzado no apantallado (UTP: Unshielded Twisted Pair).....	4
Par trenzado apantallado (STP: Shielded Twisted Pair).....	4
Par trenzado con aluminio (FTP: Foiled Twisted Pair).....	4
CABLE COAXIAL.....	4
FIBRA ÓPTICA.....	5
Cables de fibra óptica.....	6
Interconexión de fibra óptica.....	6
DIRECTRICES PARA EL TENDIDO DE CABLEADO.....	7
COMPARATIVA DE CABLES.....	7
SELECCIÓN DEL TIPO DE CABLEADO.....	7
CANALIZACIONES.....	7
TENDIDO DE CABLE DE PAR TRENZADO.....	8
INSTALACIÓN DE CABLEADO ESTRUCTURADO.....	9
INTRODUCCIÓN.....	9
ESTRUCTURA.....	10
Subsistema de Cableado Espinazo de Campus (Cableado troncal).....	11
Subsistema de Cableado Espinazo de Edificio (Cableado vertical).....	11
Subsistema de Cableado Horizontal.....	11
Cableado y equipamiento de área de trabajo.....	11
Distribuidores.....	11
Cuartos de telecomunicaciones / Cuartos de equipamiento.....	12
TO, MUTO y PT – Salidas de telecomunicaciones y Puntos de transición.....	13
Acometidas de red.....	13
TIPO DE CABLEADO.....	14
ADMINISTRACIÓN.....	14
VERIFICACIÓN Y COMPROBACIÓN.....	15
PRUEBAS DE RENDIMIENTO DE LOS ENLACES.....	15
Equipos de medida.....	15
CABLEADO DE PAR TRENZADO.....	16
Cartografía de las conexiones.....	16
Atenuación.....	16
Atenuación diafónica.....	16
Relación atenuación-diafonía (ACR: Attenuation/Crosstalk Ratio).....	16
Pérdida de retorno (Return loss).....	17
Otras pruebas y medidas.....	17
Valores esperables.....	17
CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA.....	18
Atenuación óptica.....	18
Ancho de banda modal.....	18
Pérdida de retorno (Return Loss).....	18
Retardo de propagación.....	18
Valores esperables.....	18
ANEXO I - Diagrama.....	19
ANEXO II – Cableado de par trenzado con RJ45.....	20

TIPOS DE CABLES

INTRODUCCIÓN

Las principales diferencias de rendimiento entre los distintos tipos de cables radican en la anchura de banda permitida (y consecuentemente en el rendimiento máximo de transmisión), su grado de inmunidad frente a interferencias electromagnéticas y la relación entre la pérdida de la señal y la distancia recorrida (atenuación).

En la actualidad existen básicamente tres tipos de cables factibles de ser utilizados para el cableado en el interior de edificios o entre edificios:

- Par Trenzado
- Coaxial (No se recomienda para instalaciones nuevas, excepto redes de TV y CATV)
- Fibra Óptica

PAR TRENZADO

Es actualmente el tipo de cable más común en redes de área local y se originó como solución para conectar redes de comunicaciones reutilizando el cableado existente de redes telefónicas¹. Cada cable de este tipo está compuesto por una serie de pares de cables trenzados. Los pares se trenzan para reducir la diafonía -interferencia o *crosstalk* entre pares adyacentes-.

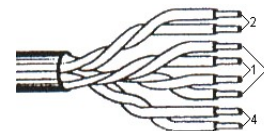
El cable histórico de telefonía disponía de 2 pares, pero ya no se instala. En Europa además los pares no iban trenzados.

El cable típico en las redes de área local y en la conexión final de equipos es el de 4 pares. Los cables llamados multipar pueden tener 25, 50, 100, 200 y 300 pares.



UTP con RJ45

Las normativas de cableado estructurado clasifican los diferentes tipos de cable de pares trenzados en categorías de acuerdo con sus características para la transmisión de datos², las cuales vienen fijadas fundamentalmente por la densidad de trenzado del cable (número de vueltas por metro) y los materiales utilizados en el recubrimiento aislante. La característica principal de un cable desde el punto de vista de transmisión de datos es su atenuación.



Cable de 4 pares trenzados

[Clase] Categoría	Frecuencia máxima (MHz)	Tipo de cable	Terminadores	Uso Típico (Mb/s)
[C] 3	16	UTP	RJ11 (actual. solo tlf.) / RJ45	Voz analógica
4 (descatalogado)	20	UTP	RJ45	Token Ring (16)
[D] 5e (Cat. 5 descat.)	100	UTP / STP	RJ45 / RJ49	Ethernet (100 / 1000)
[E] 6	250	UTP / STP	RJ45 / RJ49	Ethernet (1000)
6a (en desarrollo)	¿500?	UTP / STP	RJ45 / RJ49	Ethernet (¿10.000?)
[F] 7 (no oficial)	600	STP	GG-45 (compatible con conectores RJ45) o TERA	Ethernet (10.000)

La clasificación en categorías, además de aplicarse a un cable aislado se aplica a instalaciones ya hechas. Algunos errores comunes son por ejemplo destrenzar una longitud excesiva en los conectores, apretar demasiado las bridas o doblar excesivamente el cable.

Este tipo de cable soporta: Redes de Área Local ISO 8802.3 (Ethernet) e ISO 8802.5 (Token Ring); Telefonía analógica y digital; Líneas de control y alarmas; Alimentación eléctrica (PoE: *Power over Ethernet*)...

¹ En el Anexo II se muestra como conectar el cable de 4 pares trenzados con terminadores RJ45.

² Las dos normativas (TIA/EIA-568B e ISO/IEC 11801) coinciden bastante en la clasificación de las diversas categorías de cableado.

Tipos de cables de par trenzado

Par trenzado no apantallado (UTP: Unshielded Twisted Pair).

Con conectores RJ-45 es el más utilizado en redes de área local en Europa. Las mayores ventajas de este tipo de cable son su bajo costo y su facilidad de manejo. Sus mayores desventajas son su mayor tasa de error respecto a otros tipos de cable, así como sus limitaciones para trabajar a distancias elevadas sin regeneración. El más utilizado es el de 100 Ω de impedancia³. Puede encontrarse de 120 o 150 Ω -fuera de norma desde 2002-.



Al ser un cable ligero, flexible y de pequeño diámetro (el típico es de 0,52cm) su instalación es sencilla, tanto para una utilización eficiente de canalizaciones y armarios de distribución como para el conexionado de rosetas y regletas.

Par trenzado apantallado (STP: Shielded Twisted Pair)

Con conectores RJ-49 es el más utilizado en redes de área local en EE.UU. Cada par se cubre con una malla metálica y el conjunto de pares se recubre con una lámina blindada. El empleo de la malla blindada reduce la tasa de error, pero incrementa el coste de fabricación y lo hace menos manejable ya que incrementa su peso y disminuye su flexibilidad.



Es recomendable conectar la masa a tierra en uno de los extremos, para evitar daños a los equipos.

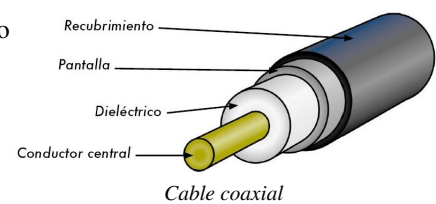
Par trenzado con aluminio (FTP: Foiled Twisted Pair)

El conjunto de pares se recubre con una lámina de aluminio. Esta técnica permite tener un apantallamiento mejor que UTP con un pequeño sobre coste. De nuevo es recomendable conectar la masa a tierra, por lo que se usan conectores RJ49.



CABLE COAXIAL

El cable coaxial está formado por un núcleo de cobre (llamado "vivo") rodeado de un material aislante (dieléctrico); el aislante está cubierto por una pantalla de material conductor, que según el tipo de cable y su calidad puede estar formada por una o dos mallas de cobre, un papel de aluminio, o ambos. Este material de pantalla está recubierto a su vez por otra capa de material aislante.



Por su construcción el cable coaxial tiene una alta inmunidad electromagnética frente al ruido, poca atenuación de la señal y puede llegar a tener unos anchos de banda considerables; siendo adecuado para grandes distancias y/o capacidades.

El cable coaxial más utilizado en la actualidad es el de 75 Ω de impedancia también llamado cable coaxial de banda ancha, que no es ni más ni menos que el cable coaxial utilizado para televisión y redes de cable (CATV).



Originalmente fue el cable más utilizado en las redes locales debido a su alta capacidad y resistencia a las interferencias, pero en la actualidad su uso está en declive.

Su mayor defecto es su grosor, el cual limita su utilización en pequeños conductos eléctricos y en ángulos muy agudos, además de que debe manipularse con cuidado.

Para redes de datos se han utilizado dos tipos de cable coaxial:

- Grueso (Coaxial amarillo de 50 Ω). Su capacidad en términos de velocidad y distancia es grande, pero el coste del cableado es alto y su grosor no permite su utilización en canalizaciones con demasiados cables. Utilizado en la norma Ethernet 10Base-5.
- Fino (Coaxial RG58 de 50 Ω) con terminaciones BNC. Es más barato y fino y, por tanto, solventa algunas de las desventajas del cable grueso; aunque obtiene peores rendimientos que el cable amarillo. Utilizado en la norma Ethernet 10Base-2.



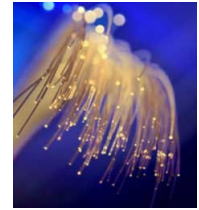
Coaxial amarillo

³ En teoría sería la impedancia de ese tipo de cable si tuviera longitud infinita.

FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es un medio excelente para la transmisión de información por sus características: gran ancho de banda, baja atenuación de la señal que permite cubrir grandes distancias sin repetidores, integridad -proporción de errores baja (BER: *Bit Error Rate*)-, inmunidad a interferencias electromagnéticas, alta seguridad⁴ y larga duración -resistente a la corrosión y altas temperaturas-. Sus mayores desventajas son su coste de producción -superior al resto de los tipos de cable- y su fragilidad durante el manejo en producción.

La terminación de los cables de fibra óptica requiere un tratamiento especial para convertir la señal óptica en eléctrica que ocasiona un aumento de los costes de instalación (“optoelectrónica”).



Fibras ópticas

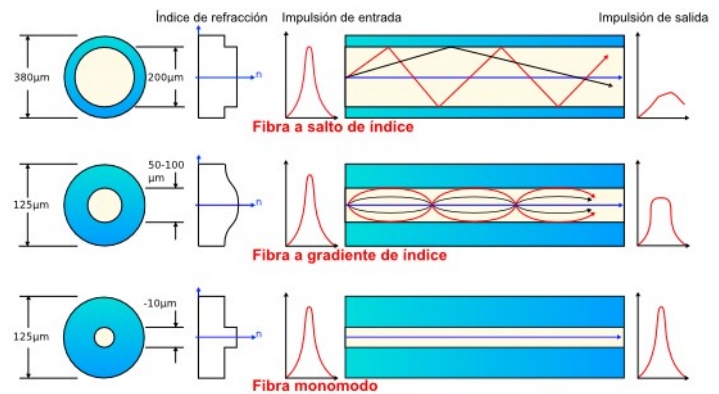
El medio de transmisión -la fibra óptica- es un conductor de ondas en forma de filamento recubierto por una funda óptica o cubierta. La fibra interior, llamada núcleo, transporta el haz luminoso a lo largo de su longitud gracias a su propiedad de reflexión total interna⁵ (TIR: *Total Internal Reflection*) y la fibra exterior -con un índice de refracción menor- actúa como 'jaula' para evitar que ésta escape⁶.

La relación entre los índices de refracción del núcleo y de la cubierta depende también del radio del núcleo y se conoce como apertura numérica. Las fibras con una baja apertura solo permiten un único modo de propagación, o camino del haz luminoso, (fibras “monomodo”), las fibras con una apertura mayor permiten varios modos (fibras “multimodo”).

La luz normalmente es emitida por un diodo de inyección láser (ILD: *Injection Laser Diode*) o un diodo de emisión de luz (LED: *Light-Emitting Diode*). Los ILDs emiten luz coherente, es decir un único rayo de luz, por tanto cada pulso de luz se propaga a través de la fibra en un solo modo, sin dispersión, y se utilizan con fibras monomodo.

Los LEDs generan luz normal no coherente, es decir cada pulso de luz genera múltiples rayos de luz que se propagan en diferentes modos con dispersión -por lo que no se puede usar en grandes distancias- y se utilizan con fibras multimodo⁷.

El equipamiento basado en fibra monomodo e ILDs proporciona un gran ancho de banda y una baja atenuación con la distancia, por lo que se utiliza para transmitir a grandes velocidades y/o a grandes distancias. En cambio el equipamiento basado en fibra multimodo y LEDs resulta más económico y sencillo de implantar.



El vidrio no absorbe igual todas las longitudes de onda, es decir no es igual de ‘transparente’ a todos los colores. En particular las longitudes de onda de menor atenuación se encuentran situadas alrededor de los 850 (multimodo), 1310 (multimodo y monomodo) y 1550 (monomodo) nm y se conocen como primera, segunda y tercera ventana, respectivamente. Todas las ventanas se encuentran en la zona infrarroja del espectro (la parte visible se encuentra entre 400 y 760 nm). Las ventanas que se encuentran a mayores longitudes de onda tienen menor atenuación; sin embargo la menor atenuación va acompañada de un mayor costo de la optoelectrónica necesaria.

Los cables pueden fabricarse en base a fibras recubiertas individualmente (cables de estructura ajustada) o basándose en tubos de material plástico que contienen cada uno hasta 12 o 24 fibras ópticas mezcladas en gel (cables de estructura holgada) y con recubrimiento de fibra de aramida (Kevlar) para grandes tendidos.

La transmisión por una fibra óptica normalmente es simple; para conseguir comunicación full-duplex es necesario instalar dos fibras, una para cada sentido.

4 Para interceptar la señal debe cortarse el cable. Con otros tipos de cable se puede capturar la señal, de hecho ocurre sin querer (“interferencias”).

5 Debido a la reflexión cuando una onda pasa de un medio a otro es parcialmente reflejada hacia el primero. Cuando la luz pasa de un medio con mayor índice de refracción a uno con menor índice existe un ángulo de incidencia, conocido como ángulo límite, por encima del cual la luz se refleja totalmente.

6 Si la fibra fuera un simple hilo de vidrio la superficie exterior podría actuar como superficie de reflexión, aprovechando que el aire tiene un menor índice de refracción que el vidrio -como en la imagen-, pero esto requeriría mantener una capa de aire en torno a la fibra, lo cual es mucho más complejo que simplemente rodearla de un vidrio de menor densidad (e índice de refracción menor).

7 La luz de una linterna se abre en forma de cono (son haces de luz propagados por distintos modos -camino-), mientras que un láser no tiene apertura (es un solo haz de luz propagado por un único modo -camino-).

En redes locales se utilizan principalmente fibras multimodo con emisores LED de primera o segunda ventana. Estos equipos son más baratos que los láser, tienen una vida más larga, son menos sensibles a los cambios de temperatura y más seguros. A muy altas velocidades es necesario utilizar emisores láser ya que los emisores de luz normal no pueden reaccionar con la rapidez suficiente, por eso en algunas redes locales (Gigabit Ethernet, Fibre Channel y ATM) se utilizan emisores láser de primera ventana cuando se quiere gran velocidad pero no se requiere gran alcance. Dado que los cableados de red local no disponen normalmente de fibra monomodo se ha extendido en los últimos años el uso de emisores láser en fibra multimodo, principalmente para Fibre Channel y Gigabit Ethernet.

En redes de área extensa siempre se utiliza fibra monomodo y emisores láser. Actualmente en segunda ventana se puede llegar a distancias de 40 Km y en tercera hasta 160 Km sin amplificadores intermedios. El mayor costo de los emisores se ve en este caso sobradamente compensado por la reducción en equipos intermedios (amplificadores y regeneradores de la señal).

Las últimas tecnologías permiten enviar hasta 100 haces de luz en diferentes longitudes de onda sobre fibra monomodo para multiplicar la capacidad de transferencia: Multiplexación por división de frecuencias (X-WDM).

Cables de fibra óptica

Como ya hemos dicho, cada fibra de vidrio consta de:

- Un núcleo: En sílice, cuarzo fundido o plástico por el cual se propaga la onda.
- Funda óptica o Cubierta: Generalmente de los mismos materiales que el núcleo pero con aditivos que confinan las ondas ópticas en el núcleo.
- Revestimiento de protección: Generalmente de plástico. Asegura la protección mecánica de la fibra.



Las fibras se especifican indicando el diámetro del núcleo y el de la cubierta; las fibras multimodo típicas son de 50/125µm y 62,5/125µm⁸; las fibras monomodo suelen ser de 9/125µm, es decir el núcleo es mucho más estrecho puesto que el haz no se dispersa⁹.

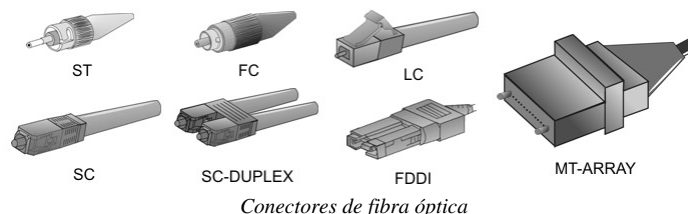
Interconexión de fibra óptica

Para la interconexión de fibras ópticas se utilizan conectores, acopladores y soldaduras. Los conectores y acopladores ofrecen máxima versatilidad pero introducen una pérdida de la señal de 0,5 a 0,75 dB aproximadamente (un 10%). La soldadura o fusión tiene una pérdida de señal muy pequeña, pero ha de llevarla a cabo un técnico especializado con equipo altamente sofisticado.

Un acoplador es básicamente un puente, es decir una transición mecánica necesaria para dar continuidad al paso de luz del extremo de un cable de fibra óptica a otro. Existen acopladores “híbridos”, que permiten acoplar dos diseños distintos de conector.



En el pasado el conector ST se ha utilizado habitualmente en redes de datos con fibras multimodo. Actualmente el estándar ISO 11801 impone para las nuevas instalaciones el uso de SC Duplex (SC-D) -usado habitualmente en telefonía- pues mantiene la polaridad. Otro conector que se ha utilizado bastante en telefonía es el FC.



⁸ Un cabello humano tiene un diámetro de 80 a 100 µm.

⁹ De hecho es del mismo orden de magnitud que la longitud de onda de la luz que transmite.

DIRECTRICES PARA EL TENDIDO DE CABLEADO

COMPARATIVA DE CABLES

En el siguiente cuadro se presenta una comparativa de los distintos tipos de cables descritos.

	Par Trenzado	Par Trenzado Blindado	Coaxial	Fibra Óptica
Tecnología ampliamente probada	✓ Sí	✓ Sí	✓ Sí	✓ Sí
Ancho de banda	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
Full Duplex	✓ Sí	✓ Sí	✓ Sí	Sí por pares
Distancias medias	100 m - 65 Mhz	100 m - 67 Mhz	500 m - (Ethernet)	2 km (Multi.) 100 km (Mono.)
Inmunidad Electromagnética	Limitada	Media	Media	Alta
Seguridad	Baja	Baja	Media	Alta
Coste	Bajo	Medio	Medio	Alto

SELECCIÓN DEL TIPO DE CABLEADO

Es recomendable que los cables de cobre y fibra óptica dentro de un edificio sean resistentes al fuego, generen poco humo y cero halógenos y sean retardantes de la llama, de acuerdo al estándar IEC 332-1, o equivalente.

Cuando se instalen cables de cobre o de fibra óptica en canalizaciones subterráneas, éstos deben tener protección adicional contra roedores, humedad y agua, radiación ultravioleta, campos magnéticos y tensión de instalación.

Si la distancia o el ancho de banda demandado lo exige será necesario utilizar fibra óptica. Además se recomienda utilizar fibra cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- El cableado une edificios diferentes; en este caso el uso de cable de cobre podría causar problemas debido a posibles diferencias de potencial entre las tierras de los edificios que podrían provocar corrientes inducidas en el cable. Además se podría ver muy afectado por fenómenos atmosféricos.
- Se desea máxima seguridad en la red (el cobre es más fácil de interceptar que la fibra).
- Se atraviesan atmósferas que pueden resultar corrosivas para los metales.
- Se sospecha que puede haber problemas de interferencia eléctrica por proximidad de motores, luces fluorescentes, equipos de alta tensión, etc.

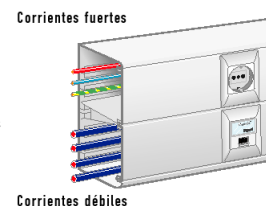
Cuando no se dé alguna de las razones que aconsejan utilizar fibra es recomendable utilizar cobre, ya que es más barato el material, la instalación y las interfaces de conexión de los equipos; además es más fácil realizar modificaciones en los paneles de conexión, empalmes, etc.

En general en una instalación grande se utiliza fibra para los tendidos principales (uniones entre edificios y cableado vertical para distribución por plantas dentro del edificio) y cobre para el cableado horizontal y quizá también para el cableado vertical (junto con la fibra) si las distancias entre los armarios así lo aconsejan.

CANALIZACIONES

Las canalizaciones son utilizadas para distribuir y soportar el cable y conectar equipamiento entre la salida del área de trabajo y el cuarto de telecomunicaciones. Los cables deben ir fijados en capas mediante abrazaderas colocadas a intervalos de 4 metros.

Para evitar interferencias electromagnéticas la canalización de las corrientes débiles (cables de datos) debe mantenerse separada de corrientes fuertes (cables eléctricos y dispositivos electromagnéticos). Además en caso de cruzarse deben hacerlo perpendicularmente.



Fuente de campo (se supone una tensión inferior a 480 voltios)	Separación mínima según la potencia (KVA)		
	< 2	[2, 5]	> 5
Líneas de corriente o equipos eléctricos no apantallados	13 cm	30 cm	60 cm
Líneas o equipos no apantallados próximos a cables de tierra	6 cm	15 cm	30 cm
Líneas apantalladas	0 cm	15 cm	30 cm
Transformadores, motores eléctricos, aires acondicionados...	100 - 120 cm	100 - 120 cm	100 - 120 cm
Tubos fluorescentes y balastos	12 - 30 cm	12 - 30 cm	12 - 30 cm

TENDIDO DE CABLE DE PAR TRENZADO

■ Cuando se desenrolle el cable se procurará no cortarlo demasiado justo, y deberá utilizarse el cable desenrollado



Desenrolle el cable en un stand o soporte

■ Cuando fije el cable coloque los collarines sin apretarlos, evite que el cable se comprima



Asegúrese permitiendo un leve movimiento de los cables

■ El radio de curvatura mínimo es 8 veces el diámetro exterior del cable en FTP y 4 veces en UTP



Radio de curvatura adecuado

Cable instalado con un adecuado radio de curvatura

■ No desenrolle sin soporte



■ Si lo asegura con fuerza, el cable queda aplastado



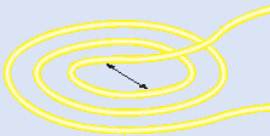
■ Evitar apretar en las esquinas



Radio de curvatura pequeño

Radio de curvatura pequeño: no protegido contra objetos cortantes

■ El diámetro interior del enrollado deberá ser como mínimo 1 m

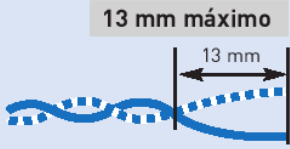


■ Nunca pise los cables o coloque objetos pesados encima

■ Evite someter el cable a excesivas torsiones



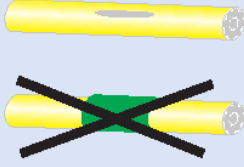
■ Es necesario limitar el destrenzado de los conductores a 13 mm como máximo para evitar el fenómeno de la paradiafonía



13 mm máximo

Destrenzado de los conductores

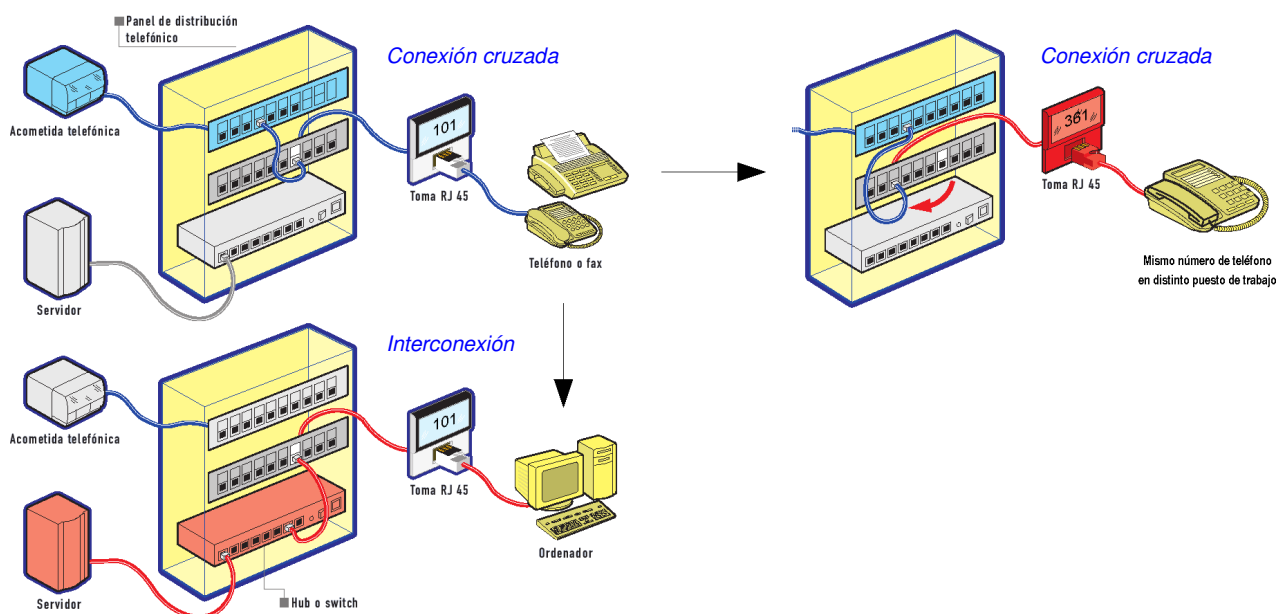
■ Si la cubierta del cable está deteriorada, no lo repare; reemplace el cable



INSTALACIÓN DE CABLEADO ESTRUCTURADO

INTRODUCCIÓN

Para edificios de oficinas existen unas normas que establecen la forma de hacer el cableado. El cableado realizado según esas normas se denomina cableado estructurado, y permite integrar distintas tecnologías y servicios de red (voz, audio, vídeo, datos). Las ventajas de seguir estas normas están en la sencillez de gestión y mantenimiento, robustez y flexibilidad ya que la mayoría de las tecnologías de red local funcionan sobre cableado estructurado. Esas normas son la TIA/EIA-568B, la ISO/IEC 11801 y la EN 50173¹⁰.



La norma TIA/EIA-568B es de ámbito **estadounidense** y clasifica **componentes** en **categorías** (cables, conectores, repartidores, módulos, tendidos, interfaces, etc.). La norma ISO/IEC 11801 es de ámbito **internacional** y clasifica **enlaces permanentes** en **clases**, para los componentes individuales se basa en la norma TIA/EIA. En el año 2002 se publicaron las últimas versiones de ambas normas.

La norma europea EN 50173 1 (la versión española es la UNE-EN 50173) se basa en la norma ISO 11801.

Cuando se diseña un cableado es conveniente cumplir todas las normativas simultáneamente, instalando componentes según su categoría y certificando los enlaces realizados según su clase, ya que de esta forma se asegura una máxima compatibilidad con todos los fabricantes y sistemas. Hay que tener en cuenta que por un lado una mala instalación realizada con buenos componentes quizá no pueda certificarse, y por otro lado es más fácil asegurar la calidad de una instalación utilizando componentes certificados.

EPHOS 2 (*European Procurement Handbook for Open Systems - Phase 2*) recuerda que desde 1986 se “**obliga** a todos los responsables de contrataciones públicas (...) a hacer referencia a estándares o preestándares europeos o internacionales”. Es decir se obliga a cumplir las normas EN 50173 1, ISO 11801, ISO 802.x... y cumplir una serie de requisitos de Compatibilidad Electromagnética (CEM), protección de incendios, número de zócalos...

En este apartado las cajas de texto con fondo amarillo indican normativa proveniente directamente de la ISO 11801.

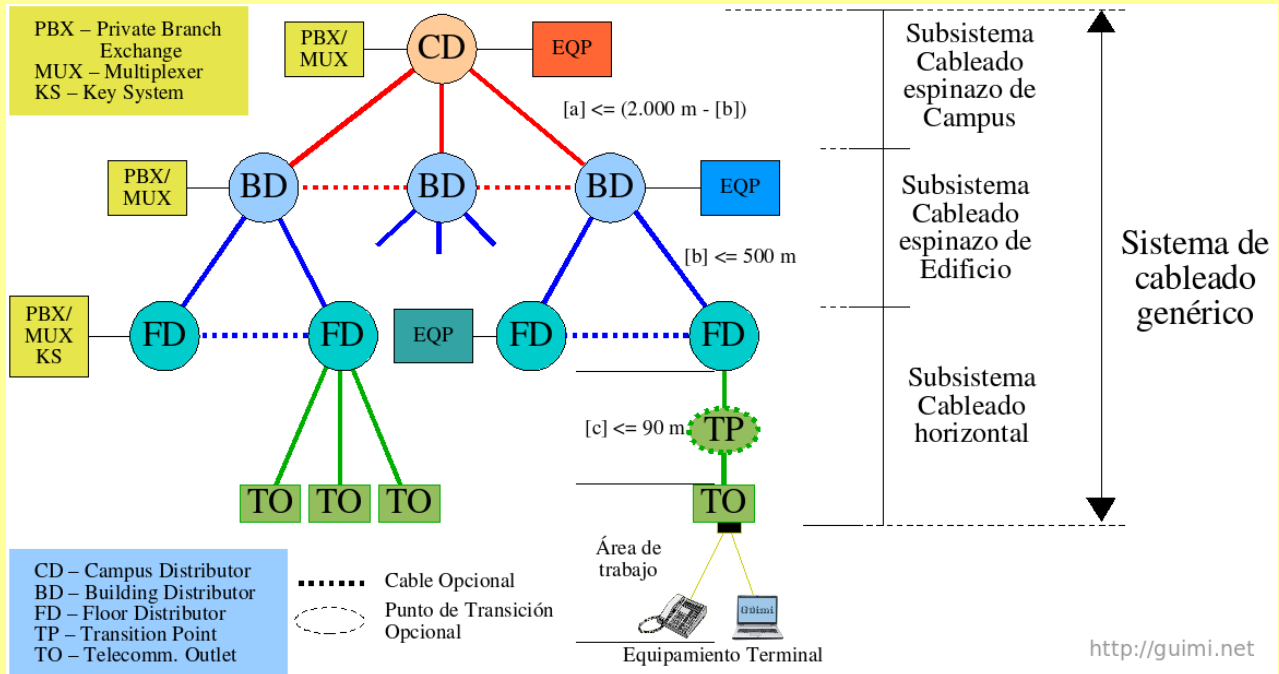
ISO 11801 está orientada a distancias de hasta 3.000 m., espacios de hasta 1.000.000 m² y entre 50 y 50.000 usuarios.

Una instalación de cableado estructurado debe servir a largo plazo, por diez años o más.

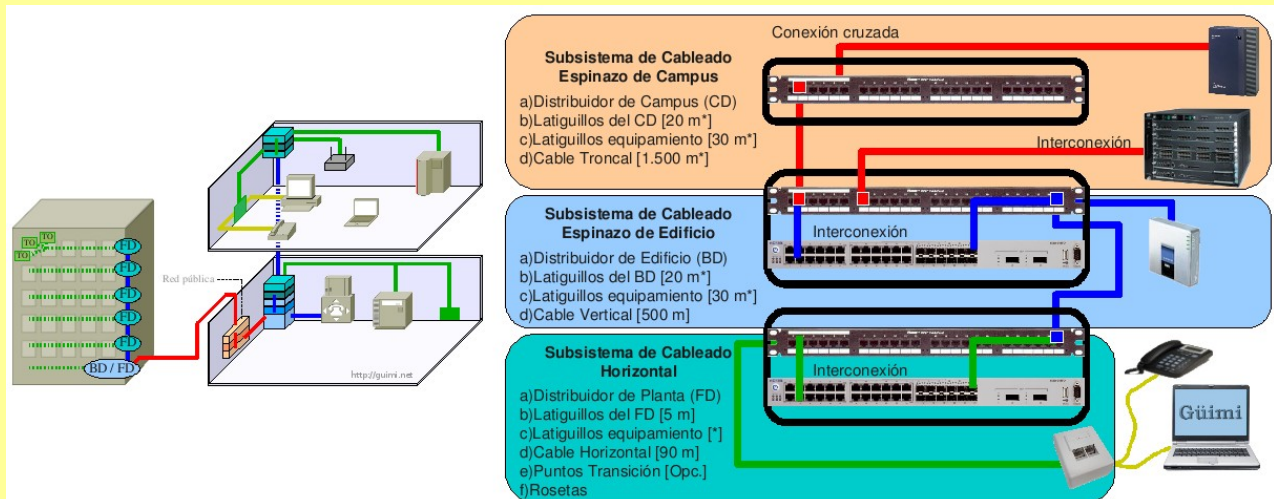
¹⁰ Norma española de obligado cumplimiento en contrataciones públicas.

ESTRUCTURA

El cableado genérico es una estructura jerárquica en forma de estrella. Este sistema permite generar otras distribuciones, como anillo o bus, utilizando interconectores en los terminadores. Conexiones directas entre FDs o BDs son deseables y permitidas, pero no pueden sustituir a las conexiones jerárquicas. El número y tipo de subsistemas que incluye una implementación depende de diversos factores. Por ejemplo un campus con un solo edificio puede no necesitar de subsistema de cableado de campus. Además se pueden agrupar múltiples distribuidores, por ejemplo es habitual combinar en un solo distribuidor el CD con uno de los BD, o un BD con uno de los FD.



Para comunicar cualquier FD y el CD solo debe ser necesario atravesar un BD -como máximo-.



(Ver Anexo I - Diagrama ampliado)

Subsistema de Cableado Espinazo de Campus (Cableado troncal)

Este subsistema, en inglés “*Campus Backbone Cabling Subsystem*”, incluye [longitud máxima]:

- Distribuidor de Campus (CD: *Campus Distributor*)**
- Latiguillos del CD [20 m, mayores distancias deben descontarse del Cable Espinazo]
- Latiguillos entre los paneles y el equipamiento de CD -incluyendo PBX- [30 m*]
- Cable Espinazo de Campus -Cable Troncal- (*Campus Backbone Cable*)** [Sumado al cable espinazo de edificio no debe superar los 2.000 m. Con fibra monomodo puede aumentarse, pero distancias mayores que 3.000 m quedan fuera del propósito de la norma]. Incluye terminadores.
(* *No son obligatorios pero si fuertemente recomendados.*)

Subsistema de Cableado Espinazo de Edificio (Cableado vertical)

Este subsistema, en inglés “*Building Backbone Cabling Subsystem*”, incluye:

- Distribuidor de Edificio (BD: *Building Distributor*)**
- Latiguillos del BD [20 m, mayores distancias deben descontarse del Cable Espinazo]
- Latiguillos entre los paneles y el equipamiento de BD -incluyendo PBX- [30 m*]
- Cable Espinazo de Edificio -Cable Vertical- (*Building Backbone Cable*)** [500 m]. Incluye terminadores.
(* *No son obligatorios pero si fuertemente recomendados.*)

Subsistema de Cableado Horizontal

Este subsistema, en inglés “*Horizontal Cabling Subsystem*”, incluye:

- Distribuidor de Planta (FD: *Floor Distributor*)**
- Latiguillos del FD [5 m]
- Latiguillos entre los paneles y el equipamiento de FD
- Cable Horizontal** [90 m, independientemente del medio] (*Horizontal Cable*). Incluye terminadores.
- Punto de Transición (Opcional) [No incrementa la longitud del cable horizontal] (TP: *Transition Point*)
- Salida de Telecomunicaciones -Roseta- (TO: *Telecommunications Outlet*)**

La roseta (TO) forma parte del área de trabajo.

No es obligatorio, pero se recomienda fuertemente que la suma de longitudes de los latiguillos sea menor o igual que 10 m: (b) + (c) + (cable del área de trabajo ≤ 3 m) ≤ 10 m

Cableado y equipamiento de área de trabajo

El cableado y equipamiento del área de trabajo no es parte del sistema de cableado genérico y la norma no impone requisitos al respecto. Incluye:

- Cable del área de trabajo
- Equipamiento terminal

Se asume una longitud eléctrica combinada de (a) y (b) equivalente a 7,5 m de cable.

Distribuidores

Debería haber un mínimo de un armario distribuidor de planta (FD) por cada 1.000m² de espacio reservado para oficinas, con un mínimo de un FD por planta. Si una planta se utiliza poco para oficinas (como un vestíbulo) puede atenderse desde un FD de una planta adyacente.

Todo distribuidor (CD, BD, FD) debe estar en un cuarto de telecomunicaciones o en un cuarto de equipamiento.

Todas las interconexiones del cableado genérico se realizan con paneles de conexión.



Cuando los equipos activos (enrutadores, conmutadores...) se cablean directamente a paneles de algún subsistema de cableado, se denomina 'interconexión' (*interconnect*), y cuando lo hacen a paneles independientes se denomina 'conexión cruzada' (*cross connect*).

Por ejemplo, supongamos una instalación en que las rosetas están conectadas a un panel del bastidor. En el bastidor hay otro panel con las tomas telefónicas -las conexiones de la centralita privada (PBX)- y un conmutador (*switch*) de red Ethernet. Las conexiones de rosetas con el panel de conexiones telefónicas utilizan "conexión cruzada", mientras que las conexiones de rosetas con el concentrador de red utilizan "interconexión".

Suele ser más eficiente, por coste inicial y de mantenimiento, disponer de pocos distribuidores grandes que de muchos distribuidores pequeños, teniendo en cuenta que la distancia de los FD a las TO no debe superar los 90 m. Es decir, normalmente, las TO estarán en un radio de 60 m desde el FD, debido a que el cable debe subir, bajar y hacer curvas. Además los FD deberán situarse, siempre que haya espacio disponible, lo más cerca posible de la(s) vertical(es). En la instalación de los distribuidores de edificio (BD) y de campus (CD) debe considerarse también su proximidad a los cables de comunicaciones con el exterior.

Cuartos de telecomunicaciones / Cuartos de equipamiento

Un **cuarto de telecomunicaciones** (**TC**: *Telecommunications Closet*) es un espacio cerrado de un edificio utilizado para el uso exclusivo de cableado de telecomunicaciones y sistemas auxiliares: bastidores (*racks*), concentradores, aire acondicionado propio...

Cada cuarto debe tener acceso directo al cable espinazo.

Un **cuarto de equipamiento** (**ER**: *Equipment Room*) es un espacio cerrado de uso específico para equipamiento de datos y telecomunicaciones que puede contener o no distribuidores (haciendo la función de TC). Todo espacio que contenga más de un distribuidor se considera un ER.

Los cuartos de telecomunicaciones deben considerar, además de voz y datos, la incorporación de otros sistemas de información del edificio tales como televisión por cable (CATV), alarmas, seguridad o audio. No debe contener otras instalaciones eléctricas que no sean del equipamiento propio del cuarto.

Un cuarto de equipamiento puede incluir espacio de trabajo para el personal correspondiente.

Los armarios (bastidores o *racks*) deben de contar con al menos 82 cm de espacio libre por delante y detrás, medidos a partir de la superficie más sobresaliente del armario.

Deben disponer de acometida eléctrica diferenciada, apantallamiento frente a interferencias electromagnéticas, sistemas de alimentación interrumpida, sistema de luz de emergencia y ventilación adecuada.

Todo edificio debe contener al menos un cuarto de telecomunicaciones o un cuarto de equipo; no hay un límite máximo.

En los TC la temperatura debe mantenerse permanentemente entre 10 y 35 grados centígrados y la humedad relativa debe mantenerse por debajo del 85%, realizándose un cambio completo de aire por hora.

En los ER la temperatura debe mantenerse permanentemente entre 18 y 24 grados centígrados y la humedad relativa debe mantenerse entre el 30% y el 55%, realizándose un cambio completo de aire por hora.

Por esto a veces los TC y ER son también llamados "salas frías".

TO, MUTO y PT – Salidas de telecomunicaciones y Puntos de transición

Una alta densidad de TOs aporta flexibilidad al cableado para permitir cambios. En muchos países se utilizan dos TOs para un máximo de 10m². Pueden presentarse individualmente, por parejas o en grupo, pero cada área de trabajo debe cubrirse con al menos dos.

Cada TO debe estar identificado con una etiqueta permanente y visible. Si uno de ellos está conectado con cable de par trenzado y utiliza menos de 4 pares debe ser claramente marcado.

La configuración mínima consiste en:

1. Un TO con cable balanceado de 100 Ω , preferentemente cable de 4 pares -puede ser doble quad-, categoría 3 o superior.
2. Otro(s) TO con dos hilos de fibra óptica multimodo (50/125 o 62,5/125) o cable balanceado (categoría 3 o superior).

Se conocen como MUTO (*Muti-User TO*) las rosetas multiusuario, que pueden dar servicio a 12 áreas de trabajo como máximo (24 TOs). Deben ser fácilmente accesibles y su instalación debe ser permanente, es decir, no pueden estar localizadas en un techo o piso falso, en un armario... El cable desde el FD hasta un PT o un MUTO debe tener mínimo 15 m.

Un TP sirve para cambiar entre distintas formas del mismo tipo de cable (p.e. de cable plano a cable redondo) o como punto de consolidación. No puede ser utilizado como distribuidor ni se pueden conectar a él equipos activos. Las características de los cables deben ser mantenidas en la entrada y la salida.

Los puntos de consolidación son una interconexión en el cableado horizontal que permite reconfiguraciones más sencillas en oficinas cambiantes y se permiten para un máximo de 12 áreas de trabajo (24 TOs).

La diferencia más visible entre un TP y una MUTO es que el TP requiere una conexión adicional (una TO) para cada cable horizontal. Las TP se utilizan en oficinas cambiantes donde las TO se irán moviendo de un sitio a otro y las MUTO en oficinas que necesitan concentrar sus TO.

Acometidas de red

Las acometidas de redes son necesarias tanto para los cables que constituyen el subsistema troncal o espinazo de campus, como para los cables de redes públicas y privadas (por ejemplo, líneas de comunicación de datos como X.25, Frame-Relay, RDSI, etc.) que entran en el edificio y con los que se realiza una transición para distribuirlos luego a través del sistema interno de cableado.

Comprende desde el punto de entrada en la pared del edificio hasta el tendido del cable que le hace llegar al armario distribuidor de planta o de campus.

En España se utiliza el reglamento de Infraestructuras Comunes de Telecomunicación en edificios.

TIPO DE CABLEADO

Los tipos de cable permitidos por la norma vigente son:

- Cable de pares trenzados con o sin blindaje de 100 Ω ¹¹.
- Cable de fibra óptica multimodo de 62.5/125 μm .
- Cable de fibra óptica multimodo de 50/125 μm .
- Cable de fibra óptica monomodo 8-10/125 μm (para largas distancias).

Se usarán preferentemente los dos primeros tipos de cable.

ADMINISTRACIÓN

La administración es un aspecto esencial del cableado genérico. La administración incluye la identificación exacta y el registro de todos los componentes del sistema, así como las canalizaciones y los espacios (TC y ER). Un buen registro puede incluir diagramas de cableado, mapas de conectividad, localización de TOs...

Deben registrarse todos los cambios que se realicen y cuando se han realizado, preferentemente por ordenador, y preparar procedimientos adecuados de actualización.

Si se realizan test de aceptación deberían registrarse también sus resultados.

Cada elemento, canalización y espacio debe tener su identificación claramente visible. A cada elemento, canalización y espacio se le asignará una identificación (mediante colores, números o cadenas alfanuméricas) unívoca.

Cada TO debe etiquetarse de modo que referencie la impedancia del cable, su categoría y número de pares o bien el diseño de fibra óptica utilizado.

Los cables deben marcarse en ambos extremos.

¹¹ La norma de 1995 permitía 120 Ω y 150 Ω pero fue eliminado en la edición de 2002.

VERIFICACIÓN Y COMPROBACIÓN

Se puede hacer comprobaciones sobre el enlace permanente (lo más habitual, sirve para certificar una instalación) o sobre el canal completo.



Los procedimientos de verificación y comprobación se dividen en tres partes: rendimiento de enlace (sobre el cableado), transmisión (sobre los componentes del cableado) y medidas de los componentes.

PRUEBAS DE RENDIMIENTO DE LOS ENLACES

En la norma se describe *qué* debe ser medido no *cómo* debe ser medido. Estas medidas suelen necesitar ser realizadas por expertos con maquinaria especializada.

Las pruebas de cables apantallados deben realizarse conectando la medida de toma de tierra.

Se comprueba las terminaciones, la calibración, la pérdida de conversión longitudinal, la pérdida por retorno y el retardo de propagación.

Para fibra óptica se mide la atenuación, retardo de la propagación y pérdida óptica por retorno.

Las pruebas pueden usarse para:

- conformidad
- localización de errores
- aceptación (sobre cableado conforme)

Equipos de medida



Son equipos portátiles que se encargan de medir los parámetros para certificar los enlaces. Consta de 2 equipos. Uno principal donde se manejan y presentan los datos y otro remoto en el otro extremo con el que se comunica éste. Disponen de latiguillos especiales certificados para que el latiguillo no sea fuente de posibles problemas. Normalmente tienen una conexión RS-232 o USB para pasar los datos a un PC.



Deben cumplir la normativa TSB67 y ser calibrados periódicamente.

Se les indica la clase de cableado que se pretende certificar y el tipo de cable que se utiliza y se realiza un “autotest”. Los equipos indican si se pasa la certificación o no y qué parámetro queda fuera de los márgenes del estándar. También comprueba el mapa de cableado por si se hubiera cruzado o conectado mal algún hilo.

Los principales parámetros que afectan la longitud máxima del enlace/canal son:

- atenuación,
- diafonía (*crosstalk*) -se mide su atenuación- (en cables de pares balanceados),
- ancho de banda (para fibra óptica),
- pérdida de retorno,
- retardo de propagación.

CABLEADO DE PAR TRENZADO

Cartografía de las conexiones

Permite verificar las conexiones del cableado:

- Continuidad de los 8 hilos desde la pantalla o blindaje en su caso
- Ausencia de cortocircuitos entre los hilos
- Correcto emparejado de RJ45

Atenuación

La atenuación mide la disminución de la intensidad de la señal a lo largo de un cable (expresada en dB) debido a la impedancia¹² y a la pérdida por radiación al ambiente. Es medida en cada par a diferentes frecuencias según la clase considerada. Es una medida crítica de la calidad del cable. Se mide en dB.

Algunos factores que la incrementan son la frecuencia, la distancia, la temperatura o la humedad. La reduce el apantallamiento.

No debe superar un máximo (deberá ser lo más bajo posible).

Atenuación diafónica

La diafonía es un tipo de interferencia (*crosstalk*) -acoplamiento electromagnético- entre pares de un mismo cable. La señal de un par induce una señal en los otros pares que se propaga en ambos sentidos. Se mide en dB.

La atenuación diafónica es la capacidad de un par para resistir una perturbación provocada por otro par (diafonía) medida para cada par del mismo lado del cable (6 mediciones para un cable de 4 pares), a diferentes frecuencias según la clase considerada. Permite medir la calidad del tendido del cable y de las conexiones.

Se mide en los dos extremos del cable:

- **NEXT** (*Near-End Crosstalk*) o paradiafónica en el extremo emisor.
- **FEXT** (*Far-End Crosstalk*) o telediafónica en el receptor.

El NEXT suele ser mayor que el FEXT y añade ruido a los datos de vuelta.

Como lo que se mide es la "pérdida" de la señal inducida, el valor de la atenuación paradiafónica deberá ser lo más alto posible -debe superar un mínimo-.

Es necesario limitar el destrenzado de los conductores a 13 mm como máximo para evitar el fenómeno de la paradiafonía. Es interesante anotar que la tecnología de procesamiento de señales digitales (DSP) puede realizar una cancelación de la paradiafonía.

Relación atenuación-diafonía (ACR: *Attenuation/Crosstalk Ratio*)

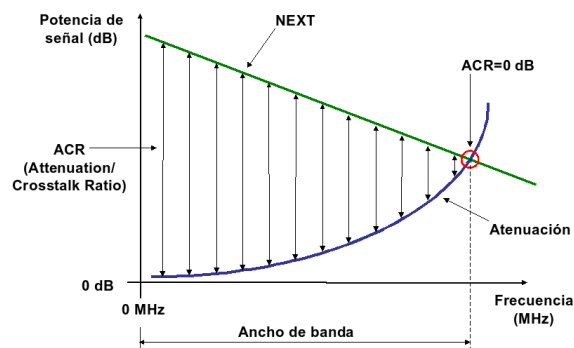
Determina la calidad de la transmisión en el cableado y es la relación entre la atenuación y NEXT (la atenuación de la diafonía del extremo cercano o paradiafonía):

$$\text{ACR (dB)} = \text{NEXT (dB)} - \text{Atenuación (dB)}$$

El valor de ACR ha de ser lo mayor posible -debe superar un mínimo-, ya que eso implica una NEXT elevada y una baja atenuación.

El ACR ayuda a definir el ancho de banda de una señal al establecer la máxima frecuencia útil donde la relación señal/ruido es suficiente para soportar ciertas aplicaciones (aquella en que $\text{ACR}=0$).

Se alcanza (aproximadamente) para Cat.3 con 16 MHz, para Cat. 5e con 100 MHz, para Cat. 6 con 250 MHz y para Cat.7 con 600 MHz.



¹² La impedancia es una magnitud compleja que establece la correspondencia entre la tensión y la intensidad de corriente en régimen permanente con corriente alterna sinusoidal estable. La parte real de la impedancia es la resistencia y su parte imaginaria es la reactancia.

Pérdida de retorno (*Return loss*)

Es la relación entre lo que se emite por un par y lo que vuelve por el mismo par, debido a rebotes en los empalmes. Esta pérdida debe ser lo más alta posible -debe superar un mínimo-. Se mide en dB.

Algunas aplicaciones como Gigabit Ethernet utilizan un esquema de codificación de transmisión *full-duplex* en que las señales de transmisión y recepción están superpuestas en el mismo par conductor. Este tipo de aplicaciones son más sensibles a errores resultantes por el retorno de la señal.

Otras pruebas y medidas

- **Retardo de propagación:** El tiempo que tarda la señal en llegar al otro extremo. Se espera que no supere un máximo.
- **Variación del retardo (*Delay Skew*):** Es la diferencia de retardo de propagación de la señal que hay de un par a otro. Comienza a medirse a partir de Cat. 5e para redes Gigabit. Se espera que no supere un máximo.
- **Resistencia en continua:** Resistencia ante el paso de corriente continua. Se espera que no supere un máximo.
- **Paradiafonía en modo suma de potencias (PSNEXT: *Power Sum NEXT*):** Es el acoplamiento provocado por la suma de las señales de 3 de los pares en el cuarto y medido en el extremo emisor. Como mide pérdidas, se espera que supere un mínimo.
- **Relación Paradiafonía/Atenuación en modo suma de potencia (PSACR: *Power Sum ACR*):** Es la diferencia PSNEXT – Atenuación (en decibelios). Se espera que supere un mínimo.
- **Relación Telediafonía/Atenuación (ELFEXT):** Es la diferencia FEXT – Atenuación (en decibelios). Se espera que supere un mínimo.
- **Relación Telediafonía/Atenuación en modo suma de potencias (PSELFEXT: *Power Sum ELFEXT*):** En este caso el acoplo que mide el FEXT será producto de la señal de los tres cables en el cuarto. Se espera que supere un mínimo.

Valores esperables

Los datos se calculan en base a fórmulas cuyos resultados dependen de la frecuencia. A continuación se muestra una tabla con valores límites a las máximas frecuencias de las principales clases de cable, calculados para 90 m de cable rígido y 10 m de cable flexible con 4 conectores.

	Atenuac. dB	NEXT dB	ACR dB	Pérd.Ret. dB	Ret.Pro µs	Var.Ret µs	PSNEXT dB	PSACR dB	ELFEXT dB	PSELFEXT dB
D 100 MHz	24,0	30,1	6,1	10,0	0,55	0,05	27,1	3,1	17,4	14,4
E 250 MHz	35,9	33,1	-2,8	8,0	0,55	0,05	30,2	-5,8	15,3	12,3
F 600 MHz	54,6	51,2	-3,4	8,0	0,55	0,05	48,2	-6,4	21,1	18,1

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

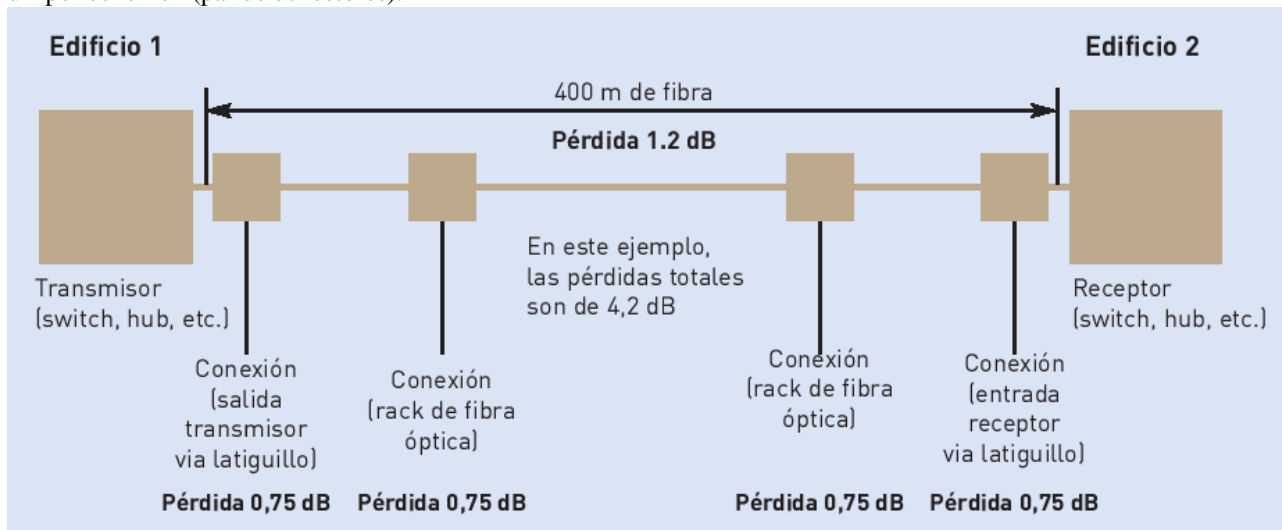
Los parámetros dependen de la ventana de transmisión que se mida: 850 (multimodo), 1310 (multimodo y monomodo) y 1550 (monomodo) nm.

Atenuación óptica

Pérdida de señal en el otro extremo debido al comportamiento del medio físico. Se mide en dB/Km.

Aumenta con la distancia, los empalmes y soldaduras, las curvas, la suciedad, la temperatura y el envejecimiento de la instalación.

Se espera que no supere un máximo. La atenuación máxima es del orden de 0,3 dB por cada 100 m de fibra y de 0,75 dB por conexión (par de conectores).



Ancho de banda modal

Es una medida de la capacidad de frecuencia de transmisión -ensanchamiento del pulso- en fibras multimodo. Es importante en conexiones de alta velocidad (Gigabit). Se mide en MHz*Km y debe superar un mínimo.

Pérdida de retorno (*Return Loss*)

Es la relación entre lo que se emite por una fibra y lo que vuelve por ella, debido a rebotes en los empalmes. Esta pérdida debe ser lo más alta posible -debe superar un mínimo-. Se mide en dB.

Se considera un fenómeno de eco. Indica la compatibilidad entre unos componentes de la instalación.

Retardo de propagación

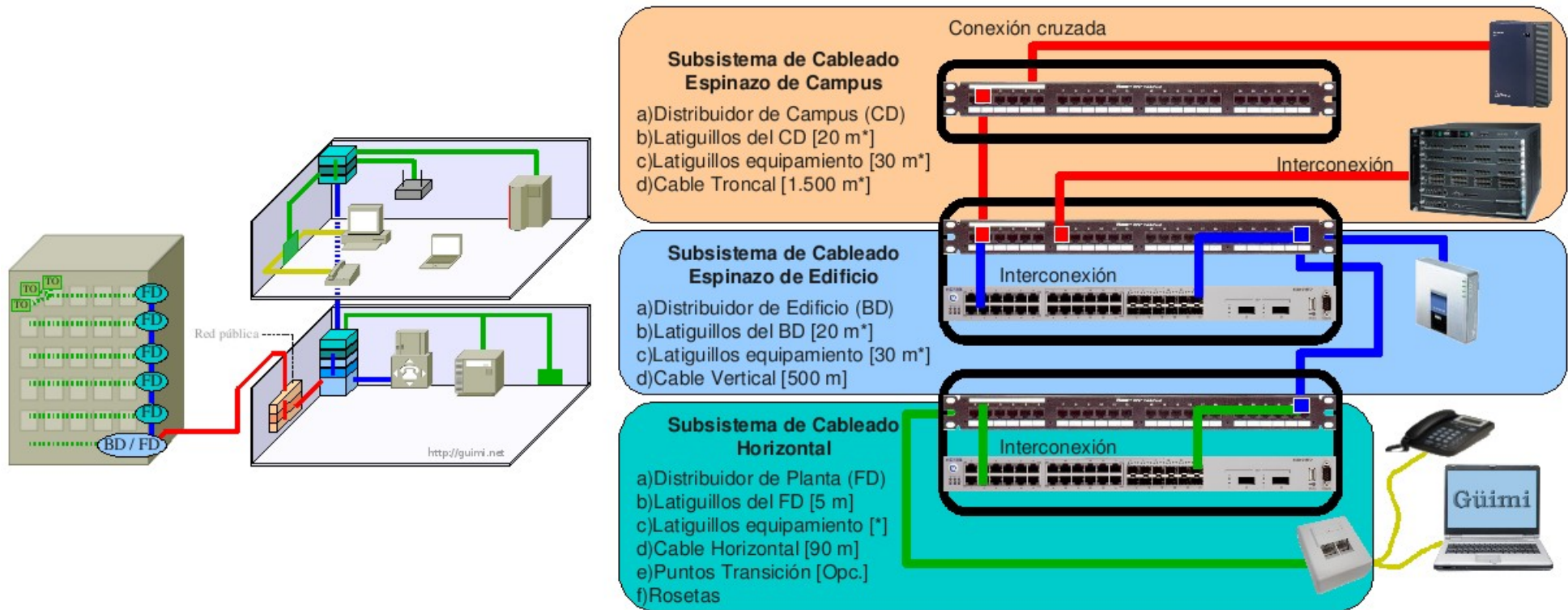
Es el tiempo que tarda la señal en llegar al otro extremo. Se espera que no supere un máximo.

Valores esperables

Los datos se calculan en base a fórmulas cuyos resultados dependen de la ventana de transmisión y la distancia. A continuación se muestra una tabla con valores límites de las principales clases de cable, calculados para 300 m de fibra.

















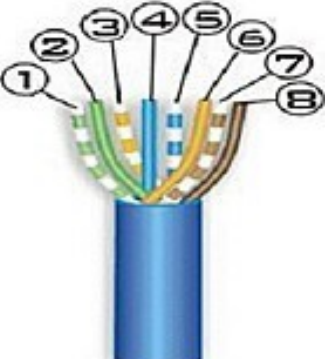
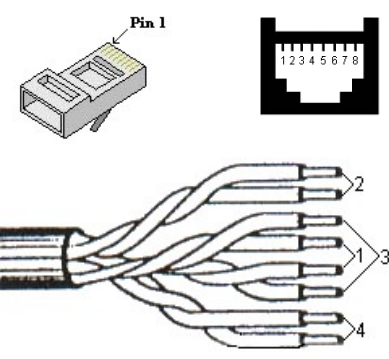
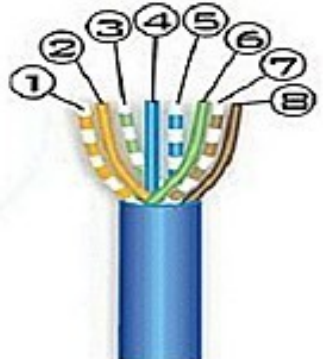
	Multi 850 nm	Multi 1300 nm	Mono 1310 nm	Mono 1550 nm
Atenuación dB / Km	3,5	1,50	1,00	1,00
Ancho de banda Mhz - Km	200	500	N/A	N/A

ANEXO I - Diagrama



ANEXO II – Cableado de par trenzado con RJ45

El conexionado del cable UTP con terminadores RJ45 está regulado por los estándares TIA/EIA-568B. Éste establece dos terminaciones de cable de par trenzado: T568A -recomendado- (históricamente llamado ISDN o RDSI) y T568B (históricamente conocido como AT&T).

T568A	Ethernet	T568B
1-  Blanco Verde	Emisión (+)	1-  Blanco Naranja
2-  Verde	Emisión (-)	2-  Naranja
3-  Blanco Naranja	Recepción (+)	3-  Blanco Verde
4-  Azul	Sin uso / Bi-dirección 1 (+)	4-  Azul
5-  Blanco Azul	Sin uso / Bi-dirección 1 (-)	5-  Blanco Azul
6-  Naranja	Recepción (-)	6-  Verde
7-  Blanco Marrón	Sin uso / Bi-dirección 2 (+)	7-  Blanco Marrón
8-  Marrón	Sin uso / Bi-dirección 2 (-)	8-  Marrón
		



En telefonía se usa el par 1; Ethernet (10/100) pares 2 y 3; Gigabit Ethernet todos; Token Ring pares 1 y 3; FDDI, ATM y TP-PMD pares 2 y 4.

Ethernet es compatible con el uso para alimentar eléctricamente aparatos (PoE: *Power over Ethernet*).

















Cable paralelo Ethernet: usar la misma normativa en los dos extremos.

Cable cruzado Ethernet (10/100): usar una normativa en cada extremo.













Cable cruzado Gigabit Ethernet (10/100/1000): usar una normativa en un extremo y en el otro extremo usar la otra normativa pero cruzando además los pares 1 y 4.



Cable cruzado 10 / 100 / 1000 – Opción 1

T568A	T568B mod.
1- 	1- 
2- 	2- 
3- 	3- 
4- 	4- 
5- 	5- 
6- 	6- 
7- 	7- 
8- 	8- 

Cable cruzado 10 / 100 / 1000 – Opción 2

T568B	T568A mod.
1- 	1- 
2- 	2- 
3- 	3- 
4- 	4- 
5- 	5- 
6- 	6- 
7- 	7- 
8- 	8- 

Imágenes originales del Anexo extraídas de <http://prsol.com>, <http://andy21.com> y <http://wikipedia.org> con modificaciones propias.