

TIPOS DE CABLEADO

Carlos Maldonado

5IV7

INTRODUCCIÓN

El cableado de redes constituye la infraestructura física fundamental que permite la comunicación de datos entre dispositivos en una red de computadoras. La selección del tipo de cableado apropiado es una decisión crítica que impacta directamente en el rendimiento, la confiabilidad, el costo y la escalabilidad de la red. Con el continuo avance tecnológico y las crecientes demandas de ancho de banda, es esencial comprender las características, ventajas y limitaciones de cada tipo de medio de transmisión disponible.

Este trabajo presenta un análisis exhaustivo de los principales tipos de cableado utilizados en redes modernas, desde los tradicionales cables de par trenzado hasta las avanzadas soluciones de fibra óptica, incluyendo también una perspectiva sobre las tecnologías inalámbricas que complementan la infraestructura cableada.

La elección del cableado adecuado debe considerar factores como la distancia de transmisión, el ancho de banda requerido, el entorno de instalación, el presupuesto disponible y los planes de expansión futura. Cada tecnología presenta un conjunto único de características que la hacen más o menos adecuada para aplicaciones específicas.

FUNDAMENTOS DEL CABLEADO DE REDES

Principios Básicos de Transmisión

La transmisión de datos a través de medios físicos se basa en la conversión de información digital en señales eléctricas u ópticas que pueden propagarse a través del medio de transmisión. Los parámetros fundamentales que caracterizan cualquier sistema de cableado incluyen:

Ancho de Banda: Representa la capacidad máxima de transmisión de datos del medio, medida típicamente en bits por segundo (bps). Este parámetro determina la velocidad máxima a la que se pueden transferir datos a través del cable.

Atenuación: Se refiere a la pérdida de intensidad de la señal conforme se propaga a través del medio. La atenuación limita la distancia máxima de transmisión sin necesidad de repetidores o amplificadores.

Interferencia Electromagnética (EMI): Los campos electromagnéticos externos pueden afectar la integridad de las señales transmitidas, especialmente en cables que transportan señales eléctricas.

Diafonía (Crosstalk): Es la interferencia entre pares de cables adyacentes dentro del mismo sistema de cableado, que puede degradar la calidad de la señal.

Estándares de Cableado

Los estándares internacionales como EIA/TIA-568, ISO/IEC 11801 y IEEE 802.3 establecen las especificaciones técnicas para el diseño, instalación y prueba de sistemas de cableado estructurado. Estos estándares aseguran la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes y garantizan un rendimiento mínimo del sistema.

CABLE DE PAR TRENZADO

Descripción y Construcción

El cable de par trenzado representa el tipo de cableado más utilizado en redes locales (LAN) debido a su versatilidad, costo accesible y facilidad de instalación. Su construcción básica consiste en pares de hilos de cobre aislados que se trenzan entre sí para reducir la interferencia electromagnética y la diafonía.

La estructura típica incluye cuatro pares de hilos (ocho conductores totales) encerrados en una cubierta exterior protector. El trenzado de los pares sigue patrones específicos con diferentes velocidades de torsión para minimizar la interferencia entre pares adyacentes.

Tipos de Cable de Par Trenzado

Cable de Par Trenzado No Blindado (UTP - Unshielded Twisted Pair):

El UTP es la forma más común y económica de cableado de par trenzado. Carece de blindaje metálico adicional, dependiendo únicamente del trenzado de los pares para protegerse contra interferencias. Se clasifica en diferentes categorías según sus capacidades de transmisión:

- **Categoría 5e (Cat 5e):** Soporta frecuencias hasta 100 MHz y velocidades de hasta 1 Gbps. Ampliamente utilizado en instalaciones residenciales y comerciales básicas.
- **Categoría 6 (Cat 6):** Maneja frecuencias hasta 250 MHz y puede alcanzar velocidades de 10 Gbps en distancias cortas (hasta 55 metros). Incorpora mejores técnicas de separación entre pares.
- **Categoría 6A (Cat 6A):** Extiende las capacidades del Cat 6 para soportar 10 Gbps a la distancia completa de 100 metros, operando hasta 500 MHz.
- **Categoría 7 (Cat 7):** Aunque no es oficialmente reconocido por EIA/TIA, soporta hasta 600 MHz y incluye blindaje individual de pares.
- **Categoría 8 (Cat 8):** Diseñado para aplicaciones de centro de datos, soporta hasta 40 Gbps en distancias de hasta 30 metros.

Cable de Par Trenzado Blindado (STP - Shielded Twisted Pair):

El STP incorpora una malla metálica o lámina de aluminio que rodea los pares trenzados, proporcionando protección adicional contra EMI y diafonía. Algunas variantes incluyen:

- **F/UTP (Foiled/Unshielded Twisted Pair):** Blindaje general con lámina de aluminio.
- **S/UTP (Screened/Unshielded Twisted Pair):** Blindaje general con malla metálica.
- **SF/UTP:** Combinación de malla y lámina para máxima protección.

Características Técnicas

Impedancia: Los cables UTP estándar mantienen una impedancia característica de 100 ohmios, lo que asegura la compatibilidad con equipos de red estándar.

Distancia Máxima: La longitud máxima recomendada para un segmento de cable UTP es de 100 metros (incluyendo cables de conexión), más allá de la cual la atenuación de la señal requiere el uso de repetidores.

Conectores: Los conectores RJ-45 son el estándar para terminaciones de cable UTP, proporcionando una conexión confiable y fácil instalación.

Ventajas del Cable de Par Trenzado

Costo-Efectividad: El UTP representa la solución más económica para la mayoría de aplicaciones de red, tanto en términos del costo del cable como de la instalación y mantenimiento.

Facilidad de Instalación: Los cables UTP son flexibles y relativamente fáciles de tender a través de conductos y espacios reducidos. Los conectores RJ-45 pueden terminarse en campo con herramientas básicas.

Amplia Compatibilidad: Virtualmente todos los equipos de red modernos incluyen puertos RJ-45, asegurando compatibilidad universal.

Flexibilidad: Los sistemas de cableado estructurado basados en UTP permiten reconfiguración fácil de la red mediante el uso de paneles de conexión.

Disponibilidad: Los cables UTP y componentes relacionados están ampliamente disponibles a nivel mundial.

Desventajas del Cable de Par Trenzado

Limitaciones de Distancia: La distancia máxima de 100 metros puede ser restrictiva en instalaciones grandes sin el uso de equipos adicionales.

Susceptibilidad a Interferencias: Especialmente el UTP es vulnerable a EMI de motores eléctricos, luces fluorescentes y otros equipos electrónicos.

Limitaciones de Ancho de Banda: Comparado con fibra óptica, el par trenzado tiene limitaciones inherentes de ancho de banda que pueden restringir aplicaciones futuras.

Diafonía: Los pares adyacentes pueden interferir entre sí, especialmente en cables de categoría inferior o instalaciones deficientes.

Seguridad: Las señales eléctricas pueden ser interceptadas más fácilmente que las señales ópticas, presentando consideraciones de seguridad.

CABLE COAXIAL

Descripción y Construcción

El cable coaxial fue uno de los primeros tipos de cableado utilizados en redes de computadoras y aún mantiene aplicaciones específicas, particularmente en sistemas de distribución de banda ancha y conexiones de larga distancia. Su construcción consiste en un conductor central de cobre rodeado por un aislante dieléctrico, una malla metálica conductora y una cubierta exterior protectora.

Esta construcción coaxial proporciona excelente protección contra interferencias electromagnéticas y permite la transmisión de señales de alta frecuencia con mínima pérdida.

Tipos de Cable Coaxial

RG-58 (Thinnet):

- Impedancia: 50 ohmios
- Diámetro aproximado: 5mm
- Utilizados en redes Ethernet 10Base2
- Distancia máxima por segmento: 185 metros

RG-8 y RG-11 (Thicknet):

- Impedancia: 50 ohmios
- Diámetro mayor que RG-58
- Utilizados en redes Ethernet 10Base5
- Distancia máxima: 500 metros

RG-6:

- Impedancia: 75 ohmios
- Comúnmente utilizado para televisión por cable y aplicaciones de banda ancha
- Mejor rendimiento a altas frecuencias que RG-59

RG-59:

- Impedancia: 75 ohmios
- Tradicionalmente usado para aplicaciones de video
- Menor rendimiento en altas frecuencias comparado con RG-6

Características Técnicas

Blindaje Superior: La construcción coaxial proporciona excelente protección contra EMI y permite operación en entornos con alta interferencia electromagnética.

Ancho de Banda: Los cables coaxiales pueden soportar frecuencias muy altas, haciéndolos adecuados para aplicaciones de banda ancha y transmisión de video de alta definición.

Impedancia Controlada: El diseño coaxial mantiene impedancia constante a lo largo del cable, minimizando reflexiones de señal.

Ventajas del Cable Coaxial

Excelente Blindaje: La construcción coaxial proporciona protección superior contra interferencias electromagnéticas comparado con cables no blindados.

Capacidad de Frecuencia Alta: Puede transmitir señales de muy alta frecuencia con baja atenuación, ideal para aplicaciones de banda ancha.

Distancias Mayores: Generalmente permite distancias de transmisión mayores que el par trenzado sin repetidores.

Durabilidad: La construcción robusta hace que los cables coaxiales sean resistentes a daños físicos y condiciones ambientales adversas.

Bajo Costo por Bit: Para aplicaciones de alta capacidad, puede ofrecer un costo efectivo por bit transmitido.

Desventajas del Cable Coaxial

Rigidez: Los cables coaxiales, especialmente los de mayor diámetro, son menos flexibles que el par trenzado, complicando la instalación en espacios reducidos.

Costo de Instalación: Las conexiones coaxiales requieren conectores especializados y herramientas específicas, incrementando los costos de instalación.

Limitaciones de Topología: Tradicionalmente utilizado en topologías de bus, que son menos flexibles que las topologías estrella modernas.

Obsolescencia: Ha sido largamente reemplazado por par trenzado y fibra óptica en la mayoría de aplicaciones de red local.

Puntos Únicos de Falla: En configuraciones de bus, una ruptura en el cable puede afectar toda la red.

FIBRA ÓPTICA

Descripción y Principios de Funcionamiento

La fibra óptica representa la tecnología de cableado más avanzada disponible actualmente, utilizando pulsos de luz para transmitir información a través de filamentos de vidrio o plástico extremadamente delgados. El principio de funcionamiento se basa en la reflexión total interna, donde la luz se propaga a través del núcleo de la fibra mediante reflexiones continuas en la interfaz núcleo-revestimiento.

Construcción de la Fibra Óptica

Núcleo: El elemento central por donde se propaga la luz, fabricado de vidrio de sílice de alta pureza o plástico especializado.

Revestimiento: Una capa de material óptico con índice de refracción menor que el núcleo, que confina la luz dentro del núcleo mediante reflexión total interna.

Buffer Coating: Capa protectora que protege la fibra contra daños físicos y ambientales.

Cubierta Exterior: Proporciona protección mecánica adicional y puede incluir elementos de refuerzo como fibras de Kevlar.

Tipos de Fibra Óptica

Fibra Multimodo (MMF - Multimode Fiber):

La fibra multimodo tiene un núcleo relativamente grande (típicamente 50 o 62.5 micras de diámetro) que permite la propagación de múltiples modos de luz. Se subdivide en:

- **Fibra Multimodo de Índice Escalón:** El núcleo tiene un índice de refracción uniforme, lo que puede causar dispersión modal y limitar el ancho de banda.

- **Fibra Multimodo de Índice Gradual:** El índice de refracción del núcleo varía gradualmente desde el centro hacia los bordes, reduciendo la dispersión modal y aumentando el ancho de banda.

Subcategorías modernas incluyen:

- **OM1:** Fibra de 62.5/125 μm , optimizada para 850 nm
- **OM2:** Fibra de 50/125 μm , optimizada para 850 nm
- **OM3:** Fibra de 50/125 μm , optimizada para transmisión láser a 850 nm
- **OM4:** Fibra de 50/125 μm con mayor ancho de banda que OM3
- **OM5:** Diseñada para multiplexación por división de longitud de onda (WDM)

Fibra Monomodo (SMF - Single Mode Fiber):

La fibra monomodo tiene un núcleo muy pequeño (típicamente 8-10 micras de diámetro) que permite la propagación de un solo modo de luz, eliminando la dispersión modal y permitiendo distancias mucho mayores y anchos de banda superiores.

Tipos principales:

- **OS1:** Fibra para uso interior
- **OS2:** Fibra para uso exterior e interior, con mejor rendimiento

Características Técnicas

Ancho de Banda Extremadamente Alto: Las fibras ópticas pueden transportar cantidades masivas de información, con sistemas modernos capaces de terabits por segundo.

Distancias Largas: La fibra monomodo puede transmitir señales hasta 40 km o más sin repetidores, mientras que la multimodo alcanza varios kilómetros dependiendo de la aplicación.

Inmunidad a EMI: Al utilizar luz en lugar de señales eléctricas, la fibra óptica es completamente inmune a interferencias electromagnéticas.

Baja Atenuación: Las fibras modernas tienen pérdidas muy bajas, típicamente 0.2-0.4 dB/km para fibra monomodo a 1550 nm.

Ventajas de la Fibra Óptica

Ancho de Banda Superior: Capacidad prácticamente ilimitada para transportar información, con sistemas que pueden expandirse agregando canales de longitud de onda adicionales.

Distancias Largas: Permite conexiones directas entre edificios y campus sin equipos intermedios, reduciendo puntos de falla y complejidad.

Inmunidad a Interferencias: Completamente inmune a EMI, RFI y rayos, ideal para entornos industriales hostiles.

Seguridad: Extremadamente difícil de interceptar señales sin detección, proporcionando seguridad inherente.

Tamaño y Peso: Los cables de fibra óptica son significativamente más delgados y livianos que cables de cobre equivalentes.

Futuro-Proof: La capacidad de la fibra óptica excede por mucho las necesidades actuales, proporcionando capacidad de crecimiento a largo plazo.

No Conductiva: No transporta electricidad, eliminando riesgos de choque eléctrico y problemas de tierra.

Desventajas de la Fibra Óptica

Costo Inicial Alto: El cable de fibra óptica y especialmente los componentes activos (transmisores, receptores) tienen costos iniciales significativamente más altos.

Complejidad de Instalación: Requiere técnicos especializados y equipos especiales para empalmes y terminaciones.

Fragilidad: Las fibras de vidrio son más susceptibles a daños por doblado excesivo o aplastamiento comparado con cables de cobre.

Equipos Especializados: Las pruebas, reparación y mantenimiento requieren equipos ópticos especializados y costosos.

Incompatibilidad Directa: No puede alimentar dispositivos remotos (no hay equivalente a PoE nativo).

Curva de Aprendizaje: El personal de instalación y mantenimiento requiere capacitación especializada en técnicas ópticas.

CABLES DE ALIMENTACIÓN SOBRE ETHERNET (POE)

Descripción y Funcionamiento

Power over Ethernet (PoE) representa una tecnología que permite la transmisión simultánea de datos y energía eléctrica a través del mismo cable de par trenzado UTP. Esta capacidad elimina la necesidad de fuentes de alimentación separadas para dispositivos de red, simplificando considerablemente la instalación y reduciendo costos.

Estándares PoE

IEEE 802.3af (PoE):

- Potencia disponible en el dispositivo: 12.95W
- Potencia suministrada por el switch: 15.4W
- Voltaje: 44-57V DC
- Utiliza dos pares de cables

IEEE 802.3at (PoE+):

- Potencia disponible en el dispositivo: 25.5W
- Potencia suministrada por el switch: 30W
- Voltaje: 50-57V DC
- Utiliza dos pares de cables

IEEE 802.3bt (PoE++ o 4PPoE):

- Tipo 3: Hasta 51W en el dispositivo (60W suministrados)
- Tipo 4: Hasta 71W en el dispositivo (90W suministrados)
- Utiliza los cuatro pares de cables
- Voltaje: 50-57V DC

Aplicaciones Típicas

Puntos de Acceso Inalámbricos: PoE elimina la necesidad de cables de alimentación separados, permitiendo instalación en ubicaciones óptimas desde el punto de vista de RF.

Cámaras de Seguridad IP: Especialmente útil para cámaras exteriores donde el acceso a alimentación eléctrica puede ser difícil.

Teléfonos IP: La telefonía IP se beneficia enormemente de PoE, permitiendo que los teléfonos mantengan funcionalidad durante cortes de energía (cuando el switch tiene UPS).

Iluminación LED: Los sistemas de iluminación LED inteligentes pueden ser alimentados y controlados a través de PoE.

Ventajas de PoE

Instalación Simplificada: Un solo cable maneja tanto datos como energía, reduciendo significativamente la complejidad de instalación.

Flexibilidad de Ubicación: Los dispositivos pueden instalarse en ubicaciones óptimas sin considerar la proximidad a tomas de corriente.

Gestión Centralizada: La alimentación de múltiples dispositivos puede gestionarse centralmente desde el armario de telecomunicaciones.

Confiabilidad: Los sistemas UPS pueden respaldar tanto equipos de red como dispositivos PoE desde una ubicación central.

Costo-Efectividad: Elimina la necesidad de instalación eléctrica adicional y fuentes de alimentación individuales.

Desventajas de PoE

Limitaciones de Potencia: Incluso PoE++ está limitado a 90W, insuficiente para dispositivos de alto consumo.

Pérdidas en el Cable: La resistencia del cable causa pérdidas de potencia, especialmente en distancias largas.

Costo Inicial: Los switches PoE tienen costos iniciales más altos que switches estándar.

Limitaciones de Distancia: La entrega efectiva de potencia puede verse comprometida en cables largos cercanos al límite de 100 metros.

Calentamiento: Los cables que transportan tanto datos como energía pueden generar más calor, especialmente en bundles grandes.

MEDIOS DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICOS

Tecnologías Inalámbricas Complementarias

Aunque no constituyen cableado físico en el sentido tradicional, las tecnologías inalámbricas forman parte integral de las infraestructuras de red modernas y a menudo complementan sistemas cableados.

Wi-Fi (IEEE 802.11)

Estándares Principales:

- **802.11n (Wi-Fi 4):** Hasta 600 Mbps, frecuencias 2.4 y 5 GHz
- **802.11ac (Wi-Fi 5):** Hasta varios Gbps, frecuencia 5 GHz
- **802.11ax (Wi-Fi 6/6E):** Hasta 9.6 Gbps teóricos, frecuencias 2.4, 5 y 6 GHz

Ventajas de Tecnologías Inalámbricas

Movilidad: Permite conectividad sin restricciones físicas de ubicación.

Instalación Rápida: No requiere tendido de cables para conectar dispositivos.

Escalabilidad: Fácil agregar dispositivos adicionales sin modificar infraestructura física.

Flexibilidad: Ideal para espacios temporales o donde el cableado es impractical.

Desventajas de Tecnologías Inalámbricas

Interferencias: Susceptible a interferencias de otros dispositivos y obstáculos físicos.

Seguridad: Requiere encriptación robusta ya que las transmisiones pueden ser interceptadas.

Ancho de Banda Compartido: El ancho de banda se divide entre todos los usuarios conectados.

Latencia Variable: Las conexiones inalámbricas típicamente tienen mayor latencia y variabilidad.

Dependencia de Energía: Los dispositivos requieren batería o alimentación constante.

Criterio	UTP Cat 6A	Fibra MM	Fibra SM	Coaxial	Inalámbrico
Costo Inicial	Bajo	Medio	Alto	Medio	Medio
Instalación	Fácil	Compleja	Compleja	Media	Fácil
Ancho de Banda	10 Gbps	40+ Gbps	100+ Gbps	Variable	Variable
Distancia Máxima	100m	300-2000m	40km+	500m	100m+
Inmunidad EMI	Baja	Total	Total	Alta	Baja
Seguridad	Media	Alta	Muy Alta	Media	Baja
Flexibilidad	Alta	Media	Baja	Baja	Muy Alta
Mantenimiento	Fácil	Complejo	Complejo	Medio	Medio

Consideraciones de Selección

Para Redes de Oficina Estándar: UTP Cat 6A ofrece la mejor relación costo-beneficio para la mayoría de las aplicaciones empresariales.

Para Campus y Backbone: La fibra óptica es ideal para conexiones entre edificios y aplicaciones de alta capacidad.

Para Aplicaciones Industriales: El blindaje adicional del cable coaxial o fibra óptica puede ser necesario en entornos con alta EMI.

Para Movilidad: Las tecnologías inalámbricas son esenciales para dispositivos móviles y ubicaciones temporales.

CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN

Planificación del Sistema

Análisis de Requisitos: Evaluación completa de las necesidades actuales y futuras de ancho de banda, número de usuarios y aplicaciones críticas.

Diseño de Topología: Selección de topología de red que optimice rendimiento, confiabilidad y facilidad de mantenimiento.

Evaluación del Entorno: Consideración de factores ambientales como temperatura, humedad, interferencias electromagnéticas y accesibilidad.

Mejores Prácticas de Instalación

Cableado Estructurado: Implementación de sistemas organizados con armarios de telecomunicaciones, paneles de conexión y gestión adecuada de cables.

Separación de Servicios: Mantenimiento de separación adecuada entre cables de datos, alimentación y otros servicios para minimizar interferencias.

Documentación: Mantenimiento de documentación detallada de la instalación para facilitar el mantenimiento y expansiones futuras.

Pruebas de Certificación: Verificación del rendimiento de cada enlace instalado mediante equipos de prueba calibrados.

Consideraciones de Código y Normativas

Códigos de Construcción: Cumplimiento con regulaciones locales de construcción y seguridad contra incendios.

Normativas de Telecomunicaciones: Adherencia a estándares como EIA/TIA-568 y ISO/IEC 11801.

Clasificaciones de Fuego: Uso de cables con clasificaciones apropiadas (plenum, riser) según la ubicación de instalación.

TENDENCIAS FUTURAS

Evolución del Cableado

Categoría 8 y Más Allá: Desarrollo continuo de cables de par trenzado de mayor rendimiento para aplicaciones de centro de datos.

Fibra hasta el Escritorio: Creciente adopción de fibra óptica para conexiones directas a estaciones de trabajo en entornos de alto rendimiento.

Cables Híbridos: Combinación de fibra óptica y cobre en un solo cable para aplicaciones especializadas.

Tecnologías Emergentes

Li-Fi: Comunicación óptica inalámbrica utilizando luz visible como medio de transmisión.

5G y Más Allá: Evolución continua de tecnologías celulares que requieren infraestructura de fibra óptica densa.

Internet de las Cosas (IoT): Necesidades especiales de conectividad para dispositivos de bajo consumo y alta densidad.

Sostenibilidad y Eficiencia Energética

Cables Ecológicos: Desarrollo de materiales de cableado más sostenibles y reciclables.

Eficiencia Energética: Tecnologías como Energy Efficient Ethernet (EEE) para reducir el consumo de energía.

PoE de Mayor Potencia: Desarrollo de estándares PoE de mayor potencia para alimentar dispositivos más diversos.

CONCLUSIÓN

La selección del tipo de cableado apropiado para una red requiere una evaluación cuidadosa de múltiples factores técnicos, económicos y operacionales. Cada tecnología presenta un conjunto único de ventajas y limitaciones que deben balancearse según los requisitos específicos de la aplicación.

El cable de par trenzado UTP mantiene su posición como la solución más versátil y costo-efectiva para la mayoría de las aplicaciones de red local, especialmente con las mejoras continuas en categorías superiores como Cat 6A y Cat 8. Su facilidad de instalación, amplia compatibilidad y bajo costo lo hacen ideal para implementaciones estándar de oficina y comerciales.

La fibra óptica representa la tecnología de cableado más avanzada y con mayor proyección futura. Su capacidad prácticamente ilimitada de ancho de banda, inmunidad a interferencias y capacidad para distancias largas la convierten en la elección óptima para aplicaciones backbone, conexiones entre edificios y entornos que requieren el más alto rendimiento. Aunque los costos iniciales son más altos, la fibra óptica ofrece la mejor protección de inversión a largo plazo.

El cable coaxial, aunque ha perdido relevancia en redes LAN, mantiene aplicaciones específicas en sistemas de banda ancha y distribución de video. Su excelente rendimiento en frecuencias altas y resistencia a interferencias lo mantienen viable para aplicaciones especializadas.

Las tecnologías PoE están transformando la manera en que se despliegan dispositivos de red, ofreciendo simplificación significativa en la instalación y gestión centralizada de alimentación. Con el desarrollo continuo hacia estándares de mayor potencia, PoE expandirá su aplicabilidad a dispositivos más diversos.

Las tecnologías inalámbricas, aunque no constituyen cableado físico, son complementos esenciales para infraestructuras modernas, proporcionando movilidad y flexibilidad que los medios cableados no pueden ofrecer.

La tendencia hacia redes de mayor ancho de banda, menor latencia y mayor confiabilidad continuará impulsando la evolución de las tecnologías de cableado. La planificación cuidadosa que considere tanto las necesidades actuales como el crecimiento futuro es esencial para implementaciones exitosas.

BIBLIOGRFÍA

- Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. (2011). Redes de computadoras. Pearson Educación.
- Forouzan, B. A. (2012). Comunicación de datos y redes de computadoras. McGraw-Hill.
- Stallings, W. (2017). Comunicación de datos y redes de computadoras. Pearson Educación.
- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). Estándares de cableado estructurado. Recuperado de documentación oficial en español.
- Cisco Systems (2019). Guía de cableado de red: par trenzado y fibra óptica. Cisco Press.
- García, M. & López, R. (2020). Infraestructura de redes y medios de transmisión. Editorial Académica Española.