
CAPÍTULO 1

Introducción

En este capítulo se pone de manifiesto la necesidad de estudiar la transmisión de datos y las redes y se tratan estos conceptos. Se define lo que es un protocolo y lo que es un estándar, términos que se usan a lo largo del libro.

1.1. ¿POR QUÉ ESTUDIAR TRANSMISIÓN DE DATOS?

Que los dibujantes de *comics* y los *disk-jockeys* comiencen a dar sus direcciones de correo electrónico a sus *fans* es un signo de la creciente interconectividad que define la forma de comunicación con la gente y con las instituciones que nos interesan. La Internet y la Web¹ (*World Wide Web*) apuntan a una auténtica colaboración a una escala global. A través de una computadora y de un módem, un músico en Minneapolis puede tener acceso directo a los recursos del Institute pour le Recherche et Coordination Acoustique Musique en París. Un investigador del cáncer de la Universidad de Stanford puede comparar sus hallazgos de investigación con colegas en el Instituto Nacional de la Salud de Washington. Un gestor de cuentas en Dallas puede obtener los datos de coste de fabricación de una subsidiaria de Singapur a tiempo para presentarlos en transparencias en una reunión importante.

Las redes están cambiando las formas de comercio y las formas de vida en general. Las decisiones comerciales se toman cada vez más rápidamente y los que las toman requieren acceso inmediato a información exacta. Pero antes de preguntar lo rápido que podemos conectarnos, es necesario saber cómo funcionan las redes, qué tipo de tecnología está disponible y qué diseño se ajusta mejor a cada conjunto de necesidades. Cuando una empresa añade una nueva división, la tecnología debe ser lo suficientemente flexible para reflejar los cambios de configuración. ¿Es un diseño determinado suficientemente robusto como para poder adaptarse al crecimiento? Conocer las posibilidades de las redes y cuándo usar cada tipo de tecnología es esencial para establecer el sistema correcto en los entornos de información actuales que cambian dinámicamente.

El desarrollo de la computadora personal ha significado cambios extraordinarios para los negocios, la industria, la ciencia y la educación. La tecnología de procesamiento de la información, antaño bajo el dominio de técnicos altamente entrenados, se ha convertido en algo

¹ *N. de los T.*: Por simplificar, a lo largo del libro utilizaremos el término *Web* para referirnos a la *World Wide Web*, red extendida a lo ancho del mundo.

2 TRANSMISIÓN DE DATOS Y REDES DE COMUNICACIONES

suficientemente amigable para poder ser utilizado por trabajadores no técnicos. Pronto los vendedores, contables, profesores, investigadores, secretarias y gestores comenzaron a diseñar sus propias hojas de cálculo, presentaciones y bases de datos. Las empresas y las universidades comenzaron a construir microcomputadoras para facilitar la gestión de la información. A medida que se instalaron estas microcomputadoras, los terminales tradicionales, que habían proporcionado transmisiones pasivas con las grandes computadoras centrales, quedaron eliminados. Se sustituyeron por emuladores de terminales de PC, que proporcionaron una nueva conexión inteligente a un servidor central.

Incluso con toda esta nueva potencia de cálculo, los usuarios no tenían una forma eficiente de compartir los datos. Excepto aquellos con computadoras conectadas directamente a una computadora central, cualquiera que quisiera enviar o recibir información tenía que hacerlo a mano. En la década de los 70, una empresa de Toronto que gestionaba procesamiento de datos para un banco local podría elaborar la información, grabarla en una cinta y después alquilar un coche blindado para transportar semanalmente este material a la computadora central. (Un mensajero llevando una cinta en un avión era considerado como el último grito del ancho de banda para comunicación de datos.) En el nuevo mundo de los PC y las estaciones de trabajo, los datos se podían copiar en un disquete y cargarse físicamente en otro PC –incluso, aunque estuviera justo en la mesa de al lado– o ser impresos; enviados por correo, o por fax o enviados por mensajero a su destino; allí se podían cargar en una computadora remota. Esto no sólo era una pérdida de tiempo, sino que también creaba otros inconvenientes. Toclear de nuevo los datos podía generar errores humanos, y los problemas asociados con la transferencia de los disquetes eran a veces peores. Además de las limitaciones de capacidad, que a menudo hacían necesario la utilización de múltiples secuencias de disquetes cuidadosamente ordenados para llevar a cabo una transmisión, los disquetes se convirtieron en una forma terrorífica de transmisión de virus que podían saltar de una computadora a otra.

Además, los estándares de productividad estaban cambiando. ¿Por qué esperar una semana a que llegara por correo un informe de Alemania? Si las computadoras podían comunicarse rápidamente, podría llegar casi de forma inmediata. Había llegado la hora de conectar las computadoras personales a las redes de computadoras.

Una revolución similar está ocurriendo en la red de telecomunicaciones. Los avances tecnológicos están haciendo posible que los enlaces de comunicaciones puedan transmitir señales más rápidamente y con más capacidad. Como resultado, los servicios están evolucionando para permitir el uso de nuevas capacidades, incluyendo ampliaciones a servicios telefónicos ya existentes, como conferencias múltiples, llamada en espera, correo a través de web e identificación de llamadas; los nuevos servicios digitales incluyen videoconferencias y recuperación de la información.

El desarrollo del *hardware* adecuado ha sido uno de los retos que han tenido que afrontar los diseñadores de redes, pero de ninguna forma ha sido el único. Diseñar conexiones entre computadoras personales, estaciones de trabajo y otros dispositivos digitales requiere una buena comprensión de las necesidades de los usuarios. ¿Cómo fluye la información? ¿Quién está compartiendo datos y qué tipo de datos se comparten? ¿Qué distancia física tiene que viajar la información? ¿Están los datos compartidos limitados a varios PC dentro de una oficina, o también deben compartirse los datos con oficinas en el área local o con un impredecible número de suscriptores a lo largo del mundo? De hecho, para gestionar efectivamente su negocio, muchas instituciones actuales deben disponer de más de un tipo de red.

1.2. TRANSMISIÓN DE DATOS

Cuando nos comunicamos, estamos compartiendo información. Esta compartición puede ser local o remota. Entre los individuos, las comunicaciones locales se producen habitualmente cara a cara, mientras que las comunicaciones remotas tienen lugar a través de la distancia. El término **telecomunicación**, que incluye telefonía, telegrafía y televisión, significa comunicación a distancia (*tele* significa lejos en griego).

La palabra **datos** se refiere a hechos, conceptos e instrucciones presentados en cualquier formato acordado entre las partes que crean y utilizan dichos datos. En el contexto de los sistemas de información basados en computadora, los datos se representan con unidades de información binaria (o bits) producidos y consumidos en forma de ceros y unos.

En los sistemas de información basados en computadoras, los datos se representan con unidades de información binaria (o bits) producidos y consumidos en forma de ceros y unos.

La **transmisión de datos** es el intercambio de datos (en forma de **ceros y unos**) entre dos dispositivos a través de alguna forma de medio de transmisión (como un cable). La transmisión de datos se considera local si los dispositivos de comunicación están en el mismo edificio o en un área geográfica restringida y se considera remota si los dispositivos están separados por una distancia considerable.

Para que la transmisión de datos sea posible, los dispositivos de comunicación deben ser parte de un sistema de comunicación formado por *hardware* y *software*. La efectividad del sistema de comunicación de datos depende de tres características fundamentales:

1. **Entrega.** El sistema debe entregar los datos en el destino correcto. Los datos deben ser recibidos por el dispositivo o usuario adecuado y solamente por ese dispositivo o usuario.
2. **Exactitud.** El sistema debe entregar los datos con exactitud. Los datos que se alteran en la transmisión son incorrectos y no se pueden utilizar.
3. **Puntualidad.** El sistema debe entregar los datos con puntualidad. Los datos entregados tarde son inútiles. En el caso del vídeo, el audio y la voz, la entrega puntual significa entregar los datos a medida que se producen, en el mismo orden en que se producen y sin un retraso significativo. Este tipo de entregas se llama transmisión en tiempo real.

Componentes

Un sistema de transmisión de datos está formado por cinco componentes (véase la Figura 1.1).

1. **Mensaje.** Es la información (datos) a comunicar. Puede estar formado por texto, números, gráficos, sonido o vídeo –o cualquier combinación de los anteriores.
2. **Emisor.** Es el dispositivo que envía los datos del mensaje. Puede ser una computadora, una estación de trabajo, un teléfono, una videocámara y otros muchos.
3. **Receptor.** Es el dispositivo que recibe el mensaje. Puede ser una computadora, una estación de trabajo, un teléfono, una televisión y otros muchos.

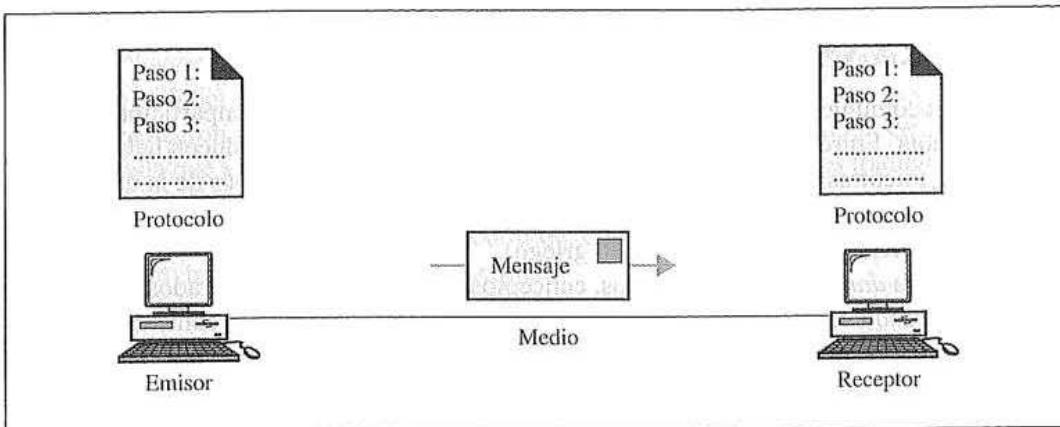


Figura 1.1. Componentes de un sistema de transmisión de datos.

4. **Medio.** El **medio** de transmisión es el camino físico por el cual viaja el mensaje del emisor al receptor. Puede estar formado por un cable de par trenzado, un cable coaxial, un cable de fibra óptica, un láser u ondas de radio (terrestres o microondas de satélite).
5. **Protocolo.** Es un conjunto de reglas que gobiernan la transmisión de datos. Representa un acuerdo entre los dispositivos que se comunican. Sin un protocolo, dos dispositivos pueden estar conectados pero no comunicarse, igual que una persona que hable francés no puede ser comprendida por una que sólo hable japonés.

1.3. REDES

Una red es un conjunto de dispositivos (a menudo denominados nodos) conectados por enlaces de un medio físico. Un nodo puede ser una computadora, una impresora o cualquier otro dispositivo capaz de enviar y/o recibir datos generados por otros nodos de la red. Los enlaces conectados con los dispositivos se denominan a menudo canales de comunicación.

Procesamiento distribuido

Las redes usan **procesamiento distribuido** en el aspecto en que una tarea está dividida entre múltiples computadoras. En lugar de usar una única máquina grande responsable de todos los aspectos de un proceso, cada computadora individual (habitualmente una computadora personal o una estación de trabajo) maneja un subconjunto de ellos.

Algunas ventajas del procesamiento distribuido son las siguientes:

- **Seguridad/encapsulación.** Un diseñador de sistemas puede limitar el tipo de interacciones que un determinado usuario puede tener con el sistema completo. Por ejemplo, un banco puede permitir a los usuarios acceder solamente a su propia cuenta a través de un cajero automático sin permitirles acceder a la base de datos completa del banco.
- **Bases de datos distribuidas.** Ningún sistema necesita proporcionar una capacidad de almacenamiento para toda la base de datos. Por ejemplo, la Web da acceso a los usuarios

a información que pueda estar siendo almacenada y manipulada realmente en cualquier parte de Internet.

- **Resolución más rápida de problemas.** Múltiples computadoras que trabajan en partes de un problema de forma concurrente a menudo pueden resolver el problema más rápido que una única máquina que trabaje en dicho problema. Por ejemplo, las redes de PC han descubierto códigos de cifrado que se presumían indescifrables debido a la cantidad de tiempo que supondría hacerlo con una única computadora.
- **Seguridad mediante redundancia.** Múltiples computadoras ejecutando el mismo programa al mismo tiempo pueden proporcionar un mecanismo de seguridad a través de la redundancia. Por ejemplo, en la lanzadera espacial hay tres computadoras que ejecutan el mismo programa, de forma que si una tiene un error de *hardware* o *software*, las otras pueden solventarlo.
- **Proceso cooperativo.** Tanto múltiples computadoras como múltiples usuarios pueden interactuar para llevar a cabo una tarea. Por ejemplo, en los juegos multiusuario que hay en la red las acciones de cada jugador son visibles y afectan a los demás.

Criterios de redes

Para que sea considerada efectiva y eficiente, una red debe satisfacer un cierto número de criterios. Los más importantes son las prestaciones, la fiabilidad y la seguridad (véase la Figura 1.2).

Prestaciones

Las prestaciones se pueden medir de muchas formas, incluyendo el tiempo de tránsito y el tiempo de respuesta. El tiempo de tránsito es la cantidad de tiempo necesario para que un mensaje viaje de un dispositivo a otro. El tiempo de respuesta es el tiempo transcurrido entre una petición y una respuesta.

Las prestaciones de una red dependen de un cierto número de factores, incluyendo el número de usuarios, el tipo de medio de transmisión, las capacidades de los dispositivos *hardware* conectados y la eficiencia del *software*.

- **Número de usuarios.** La existencia de un gran número de usuarios concurrentes puede retrasar el tiempo de respuesta en una red no diseñada para coordinar gran volumen de tráfico. El diseño de una red dada se basa en una estimación del número medio de usuarios que estarán en comunicación al mismo tiempo. Sin embargo, en los períodos de picos

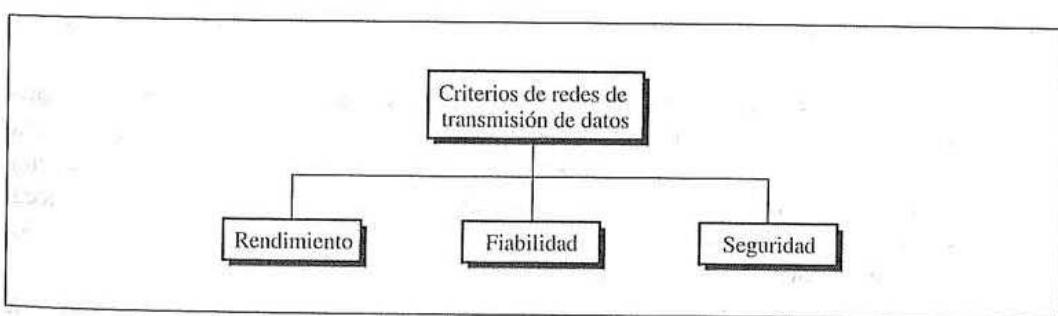


Figura 1.2. Criterios de las redes.

6 TRANSMISIÓN DE DATOS Y REDES DE COMUNICACIONES

de carga el número real de usuarios puede exceder con mucho la media y por tanto causar una disminución de las prestaciones. La forma en que una red responde a la carga es una medida de su rendimiento.

- **Tipo de medio de transmisión.** El medio define la velocidad a la cual se pueden enviar los datos a través de una conexión (la tasa de datos). Las redes actuales están consiguiendo cada vez medios de transmisión más y más rápidos, como los cables de fibra óptica. Un medio que puede transportar datos a 100 Mbps es diez veces más potente que un medio que puede transportar datos a solamente 10 Mbps. Sin embargo, la velocidad de la luz supone un límite superior en la tasa de datos.
- **Hardware.** El tipo de *hardware* incluido en la red afecta tanto a la velocidad como a la capacidad de transmisión de la misma. Una computadora de alta velocidad con una gran capacidad de almacenamiento da lugar a mejores prestaciones
- **Software.** El *software* utilizado para procesar los datos en el emisor, el receptor y los nodos intermedios afecta también a las prestaciones de la red. Llevar un mensaje de un nodo a otro a través de una red significa una cierta carga de procesamiento para transformar los datos primarios a señales transmisibles, para encaminar estas señales al destino apropiado, para asegurar una entrega libre de errores y para reconvertir las señales en un formato que pueda utilizar el usuario. El *software* que proporciona estos servicios afecta tanto a la velocidad como a la fiabilidad del enlace de la red. Un *software* bien diseñado puede acelerar el proceso y hacer que la transmisión sea más efectiva y más eficiente.

Fiabilidad

Además de tener en cuenta la exactitud de la entrega, la fiabilidad de la red se mide por la frecuencia de fallo, el tiempo que le cuesta al enlace recuperarse del fallo y la robustez de la red dentro de una catástrofe.

- **Frecuencia de fallo.** Todas las redes fallan ocasionalmente. Sin embargo, una red que falla a menudo es muy poco útil para los usuarios.
- **Tiempo de recuperación de una red después de un fallo.** ¿Cuánto cuesta restaurar el servicio? Una red que se recupera rápidamente es más útil que una que no lo hace.
- **Catástrofe.** Las redes deben estar protegidas de eventos catastróficos tales como fuego, terremotos y robos. Una protección adecuada contra un daño imprevisto, para lograr un sistema de red fiable, es tener copias de respaldo del *software* de la red.

Seguridad

Los aspectos de **seguridad** de la red incluyen proteger los datos contra accesos no autorizados y contra los virus.

- **Accesos no autorizados.** Para que una red sea útil, los datos sensibles deben estar protegidos frente a accesos no autorizados. La protección puede llevarse a cabo a un cierto número de niveles. En el nivel más bajo están los códigos y contraseñas de identificación de los usuarios. A un nivel más alto se encuentran las técnicas de cifrado. Con estos mecanismos, los datos se alteran de forma sistemática de forma que si son interceptados por un usuario no autorizado sean ininteligibles.
- **Virus.** Debido a que la red es accesible desde muchos puntos, puede ser susceptible de sufrir ataques de virus de computadoras. Un virus es un código que se ha introducido en

la red ilícitamente y que genera daños en el sistema. Una buena red está protegida ante ataques de virus mediante mecanismos *software* y *hardware* diseñados específicamente para ese propósito.

Aplicaciones

En el corto espacio de tiempo que llevan en funcionamiento, las redes de transmisión de datos se han convertido en una parte indispensable de los negocios, la industria y el entretenimiento. Algunas de las aplicaciones de las redes en distintos campos son las siguientes:

- **Marketing y ventas.** Las redes de computadoras se usan extensivamente en las organizaciones de *marketing* y de ventas. Los profesionales del *marketing* las usan para recolectar, intercambiar y analizar datos relacionados con las necesidades de los clientes y con los ciclos de desarrollo de productos. Las aplicaciones de ventas incluyen la televenta, que capta pedidos por computadora o los teléfonos conectados a una red de procesamiento de pedidos, así como los servicios de reserva interactiva para hoteles, líneas aéreas y otros muchos.
- **Servicios financieros.** Los servicios financieros actuales son totalmente dependientes de las redes de computadoras. Las aplicaciones incluyen búsqueda de historia de créditos, intercambio de moneda extranjera y servicios de investigación y transferencia electrónica de fondos (EFT, *Electronic Funds Transfer*), las cuales permiten a un usuario transferir dinero sin ir a un banco (un cajero automático es un tipo de transferencia electrónica de fondos; el depósito automático de cheques es otra).
- **Fabricación.** Las redes de computadoras se usan actualmente en muchos ámbitos de la fabricación, incluyendo el proceso de fabricación en sí mismo. Dos aplicaciones que usan redes para proporcionar servicios esenciales son el diseño asistido por computadora (CAD) y la fabricación asistida por computadora (CAM), las cuales permiten que múltiples usuarios trabajen simultáneamente en un proyecto.
- **Mensajería electrónica.** Probablemente, la aplicación de las redes más extendida es el correo electrónico (*e-mail*).
- **Servicios de directorios.** Los servicios de directorios permiten almacenar listas de archivos en una localización centralizada para acelerar las operaciones de búsqueda a nivel mundial.
- **Servicios de información.** Los servicios de información de la red incluyen boletines y bancos de datos. Un servidor web que ofrezca especificaciones técnicas para un producto nuevo es un servicio de información.
- **Intercambio electrónico de datos (EDI).** El EDI (*Electronic Data Interchange*) permite la transmisión de información comercial (incluyendo documentos tales como pedidos y facturas) sin usar papel.
- **Teleconferencia.** La teleconferencia permite llevar a cabo conferencias sin que los participantes estén en el mismo lugar. Las aplicaciones incluyen conferencias sencillas de texto (donde los participantes se comunican a través de teclados y monitores de computadoras), conferencias de voz (donde los participantes en un cierto número de localidades se comunican simultáneamente a través del teléfono) y videoconferencias (donde los participantes pueden verse mientras hablan entre sí).

8 TRANSMISIÓN DE DATOS Y REDES DE COMUNICACIONES

- **Teléfono celular.** En el pasado, dos socios que quisieran utilizar los servicios de la compañía telefónica tenían que estar enlazados por una conexión física fija. Las redes celulares actuales hacen posible mantener conexiones con teléfonos móviles incluso mientras se está viajando a largas distancias.
- **Televisión por cable.** Los servicios futuros a proporcionar por la red de televisión por cable pueden incluir vídeo bajo demanda, así como la misma información, financiera y servicios de comunicación actualmente proporcionados por las compañías telefónicas y las redes de las computadoras.

1.4. PROTOCOLOS Y ESTÁNDARES

Protocolos

En las redes de computadoras, la comunicación se lleva a cabo entre distintas entidades de distintos sistemas. Una entidad es cualquier cosa capaz de enviar o recibir información. Algunos ejemplos incluyen programas de aplicación, paquetes de transferencia de archivos, navegadores, sistemas de gestión de bases de datos y *software* de correo electrónico. Un sistema es un objeto físico que contiene una o más entidades. Algunos ejemplos incluyen las computadoras y los terminales.

Pero no basta con que dos entidades se envíen flujos de bits entre sí para que se entiendan. Para que exista comunicación, las entidades deben estar de acuerdo en un protocolo. Como se definió en la Sección 1.2, un protocolo es un conjunto de reglas que gobiernan la comunicación de datos. Un protocolo define qué se comunica, cómo se comunica y cuándo se comunica. Los elementos clave de un protocolo son su sintaxis, su semántica y su temporización.

Sintaxis

La **sintaxis** se refiere a la estructura del formato de los datos, es decir, el orden en el cual se presentan. Por ejemplo, un protocolo sencillo podría esperar que los primeros ocho bits de datos fueran la dirección del emisor, los segundos ocho bits, la dirección del receptor y el resto del flujo fuera el mensaje en sí mismo.

Semántica

La **semántica** se refiere al significado de cada sección de bits. ¿Cómo se interpreta un determinado patrón y qué acción se toma basada en dicha representación? Por ejemplo, ¿una dirección identifica la ruta a tomar o el destino final del mensaje?

Temporización

La **temporización** define dos características: cuándo se deberían enviar los datos y con qué rapidez deberían ser enviados. Por ejemplo, si un emisor produce datos a una velocidad de 100 Mbps, pero el receptor puede procesar datos solamente a 1 Mbps, la transmisión sobre-cargará al receptor y se perderá gran cantidad de datos.

En la transmisión de datos, un protocolo es un conjunto de reglas (convenciones) que gobiernan todos los aspectos de la comunicación de información.

Estándares

Con la existencia de tantos factores a sincronizar, es necesario llevar a cabo un gran trabajo de coordinación entre los nodos de una red si se quiere que haya algún tipo de comunicación, independientemente de que sea exacta y eficiente. Un único fabricante puede construir todos sus productos para que funcionen bien entre sí, pero ¿qué pasa si alguno de los componentes que necesita no están hechos por la misma empresa? ¿Qué tiene de bueno una televisión que solamente puede recibir un conjunto de señales, si todas las televisiones locales emiten otras? Donde no hay estándares surgen las dificultades. Los automóviles son un ejemplo de productos no estandarizados. Un volante de una marca y un modelo de un coche no vale en general para otra marca de modelo si no se hace alguna modificación. Un **estándar** proporciona un modelo de desarrollo que hace posible que un producto funcione adecuadamente con otros sin tener en cuenta quién lo ha fabricado.

Los estándares son esenciales para crear y mantener un mercado abierto y competitivo entre los fabricantes de los equipos y para garantizar la interoperabilidad nacional e internacional de los datos y la tecnología y los procesos de telecomunicaciones. Proporcionan guías a los fabricantes, vendedores, agencias del gobierno y otros proveedores de servicios, para asegurar el tipo de interconectividad necesario en los mercados actuales y en las comunicaciones internacionales.

Si los estándares no están bien pensados pueden retrasar el desarrollo debido a que pueden forzar la adhesión a desarrollos bisoños y, muy posiblemente, inflexibles. Pero el pragmatismo actual y la presión de los consumidores ha forzado a la industria a reconocer la necesidad de modelos generales y hay un acuerdo global de lo que deben ser estos modelos. La inteligencia y la previsión de los diseñadores parecen ser tales que los estándares que están siendo adoptados actualmente facilitarán más que retrasarán el desarrollo técnico.

Los estándares de transmisión de datos se pueden clasificar en dos categorías: *de facto* (que quiere decir «de hecho» o «por convención») y *de jure* (que quiere decir «por ley» o «por regulación»). (Véase Figura 1.3.)

Los **estándares de jure** son aquellos que han sido legislados por un organismo oficialmente reconocido. Los estándares que no han sido aprobados por una organización reconocida pero han sido adoptados como estándares por su amplio uso son estándares de *facto*. Los estándares de *facto* suelen ser establecidos a menudo por fabricantes que quieren definir la funcionalidad de un nuevo producto de tecnología.

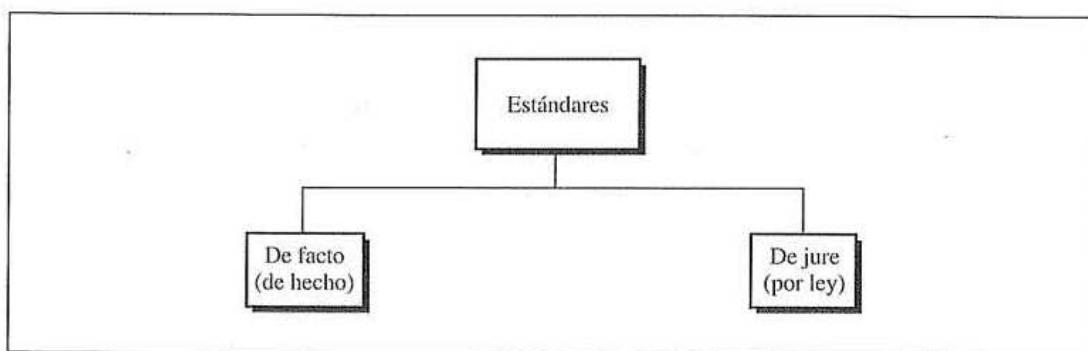


Figura 1.3. Categorías de estándares.

Los **estándares de facto** se pueden subdividir en dos clases: *propietario* y *no propietario*. Los estándares de propietario son aquellos originalmente inventados por una organización comercial como base para el funcionamiento de sus productos. Se llaman de propietario porque son propiedad de la compañía que los inventó. Estos estándares también se llaman estándares *cerrados*, porque cierran o entorpecen las comunicaciones entre sistemas producidos por distintos vendedores. Los estándares no propietarios son aquellos originalmente desarrollados por grupos o comités que los han transferido al dominio público; también se llaman estándares *abiertos* porque abren las comunicaciones entre distintos sistemas.

1.5. ORGANIZACIONES DE ESTANDARIZACIÓN

Los estándares son desarrollados mediante la cooperación entre **comités de creación de estándares, foros y agencias reguladoras** de los gobiernos.

Comités de creación de estándares

Aunque hay muchas organizaciones que se dedican a la definición y establecimiento de estándares para datos y comunicaciones, en Norteamérica se confía fundamentalmente en aquellos publicados por los siguientes:

- The International Standards Organization (ISO).
- The International Telecommunications Union-Telecommunication Standards Sector (ITU-T, anteriormente el CCITT).
- The American National Standards Institute (ANSI).
- The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- The Electronic Industries Association (EIA).
- Telcordia.

ISO

The **International Standards Organization (ISO)**; también denominado como Organización Internacional para la Estandarización) es un organismo multinacional cuyos miembros provienen fundamentalmente de los comités de creación de estándares de varios gobiernos a lo largo del mundo. Creado en 1947, el ISO es una organización totalmente voluntaria dedicada a acuerdos mundiales sobre estándares internacionales. Con un número de miembros que actualmente incluye cuerpos representativos de 82 naciones industrializadas, su objetivo es facilitar el intercambio internacional de productos y servicios, proporcionando modelos de compatibilidad, mejoras de calidad, mejoras de productividad y precios más baratos. El ISO es activo en el desarrollo de la cooperación en los ámbitos científicos, tecnológicos y de las actividades económicas. De interés primordial para este libro son los esfuerzos de ISO en el campo de la tecnología de la información, que han resultado en la creación del modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) para redes de comunicaciones. Los Estados Unidos están representados en el ISO por ANSI.

El ISO es una organización dedicada a acuerdos mundiales sobre estándares internacionales en una amplia variedad de campos

ITU-T

A principios de la década de los 70, un cierto número de países estaba definiendo estándares nacionales para telecomunicaciones, pero a pesar de ello seguía habiendo muy poca compatibilidad internacional. Las Naciones Unidas respondieron a este problema formando, como parte de su Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), un comité, denominado Comité Consultivo para la Telefonía y la Telegrafía Internacional (CCITT). Este comité estaba dedicado al desarrollo y establecimiento de estándares para telecomunicaciones en general y para la telefonía y los sistemas de datos en particular. El 1 de marzo de 1993, el nombre de este comité se cambió a **Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Estándares de Telecomunicaciones (ITU-T)**.

La ITU-T está dividida en grupos de estudios, cada uno de los cuales se dedica a aspectos distintos de la industria. Los comités nacionales (como ANSI en los Estados Unidos y el CEPT en Europa) envían propuestas a estos grupos de estudio. Si los grupos de estudio están de acuerdo, la propuesta es ratificada y se convierte en una parte de los estándares de la ITU-T, que se emiten cada cuatro años.

Los estándares mejor conocidos de la ITU-T son las series V (V.32, V.33, V.42) que definen la transmisión de datos a través de líneas telefónicas; la serie X (X.25, X.400, X.500) que define la transmisión de datos a través de redes digitales públicas; correo electrónico, servicios de directorios y la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), que incluyen parte de las otras series y definen la emergente red digital internacional. Los productos actuales incluyen una ampliación de RDSI llamada RDSI de banda ancha, conocida popularmente como la Autopista de la Información.

La ITU-T es una organización de estandarización internacional relacionada con las Naciones Unidas que desarrolla estándares para telecomunicaciones. Dos estándares populares desarrollados por ITU-T son las series V y las series X

ANSI

A pesar de su nombre, el **Instituto Nacional Americano para la Estandarización (ANSI)** es una corporación completamente privada sin ánimo de lucro que no tiene ninguna relación con el gobierno federal de los Estados Unidos. Sin embargo, todas las actividades de ANSI están orientadas hacia el desarrollo de los Estados Unidos, y sus ciudadanos tienen una importancia primordial. Los objetivos expresados por ANSI incluyen servir como una institución de coordinación nacional para la estandarización voluntaria dentro de los Estados Unidos, persiguiendo que la adopción de los estándares permita hacer avanzar la economía de los Estados Unidos y asegurar la participación y la protección del interés público. Los miembros de ANSI son sociedades profesionales, asociaciones de la industria, agencias gubernamentales y reguladoras y grupos de consumidores. Los temas actuales de discusión incluyen planificación e ingeniería de interconexión de redes; servicios, señalización y arquitecturas RDSI; y jerarquía óptica (SONET).

ANSI envía sus propuestas a la ITU-T y es un miembro con derecho a voto del ISO de los Estados Unidos. El Comité Europeo de Correos, Telégrafos y Teléfonos (CEPT) y el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicación (ETSI) proporcionan servicios similares a los de ANSI en la Unión Europea.

12 TRANSMISIÓN DE DATOS Y REDES DE COMUNICACIONES

ANSI, una organización sin ánimo de lucro, es el representante con derecho a voto de los Estados Unidos tanto en ISO como en ITU-T.

IEEE

El **Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)**, *Institute of Electrical and Electronics Engineers* es la mayor sociedad profesional de ingeniería del mundo. De ámbito internacional, sus objetivos son el desarrollo de la teoría, la creatividad y la calidad de los productos en el campo de la ingeniería eléctrica, la electrónica y la radio, así como otras ramas relacionadas de la ingeniería. Como uno de sus objetivos principales, el IEEE prevé el desarrollo y adopción de estándares internacionales para computación y comunicación. El IEEE tiene un comité especial para las redes de área local (LAN), del cual ha surgido el Proyecto 802 (por ejemplo, los estándares 802.3, 802.4 y 802.5).

El IEEE es el grupo profesional más grande a nivel nacional involucrado en el desarrollo de estándares para computación, comunicación, ingeniería eléctrica y electrónica. Ha financiado un estándar muy importante para el desarrollo de las áreas locales denominado Proyecto 802.

EIA

En la línea de ANSI, la **Asociación de Industrias Electrónicas (EIA)** es una organización sin ánimo de lucro dedicada a la promoción de aspectos de la fabricación electrónica. Sus objetivos incluyen despertar el interés de la educación pública y hacer esfuerzos para el desarrollo de los estándares. En el campo de la tecnología de la información, la EIA ha hecho contribuciones significativas mediante la definición de interfaces de conexión física y de especificaciones de señalización eléctrica para la comunicación de datos. En particular, el EIA-232-D, EIA-449 y EIA-530, que definen la transmisión serie entre dos dispositivos digitales (por ejemplo, computadora a módem).

EIA es una asociación de fabricantes de electrónica de los Estados Unidos. Es responsable del desarrollo de los estándares EIA-232-D y EIA-530.

Telcordia

Telcordia, anteriormente llamado Bellcore, es un producto de los Laboratorios Bell. Telcordia proporciona recursos de investigación y desarrollo para la innovación de las tecnologías de telecomunicaciones. Es una fuente importante de primeras versiones de estándares para ANSI.

Foros

El desarrollo de la tecnología de las telecomunicaciones se está produciendo más rápidamente lo que permite la habilidad de los comités de estandarización para ratificar los estándares.

res. Los comités de estandarización son organizaciones procedimentales y actúan lentamente por naturaleza. Para acomodar la necesidad de tener modelos de trabajo y acuerdos y facilitar los procesos de estandarización, muchos grupos de interés especial han desarrollado foros compuestos por miembros que representan las empresas interesadas. Los foros trabajan con las universidades y los usuarios para probar, evaluar y estandarizar nuevas tecnologías. Concentrando sus esfuerzos en una tecnología en particular, los foros son capaces de acelerar la aceptación y el uso de esa tecnología en la comunidad de las telecomunicaciones. Los foros presentan sus conclusiones a los organismos de estandarización.

Algunos foros importantes para la industria de las telecomunicaciones incluyen los siguientes:

Foro de Frame Relay

El *Frame Relay Forum* fue constituido por DEC, Northern Telecom, Cisco y StrataCom para acelerar la aceptación e implementación de Frame Relay. Actualmente, tiene unos 40 miembros con representación de Norteamérica, Europa y el Pacífico. Los aspectos bajo revisión incluyen temas tales como control de flujo, encapsulado, transmisión y multienvío. Todos los resultados se envían a ISO.

Foro de ATM y Consorcio de ATM

El Foro de ATM y el Consorcio de ATM existen para promocionar la aceptación y el uso de el Modo de Transferencia Asíncrono (ATM) y sus tecnologías. El Foro ATM está formado por un equipo representativo de los clientes (por ejemplo, PBX systems) y proveedores de centrales (por ejemplo, intercambio telefónico). Está relacionado con la estandarización de servicios para asegurar la interoperabilidad. El Consorcio ATM está compuesto por vendedores de *hardware* y *software* que suministra ATM.

Internet Society (ISOC) e Internet Engineering Task Force (IETF)

La Internet Society e Internet Engineering Task Force (IETF) están relacionados con la aceleración del crecimiento y la evolución de las comunicaciones en Internet. La **Internet Society** (ISOC) se concentra en los aspectos de usuario, incluyendo las mejoras al conjunto protocolos TCP/IP. El IETF es la organización de estándares para Internet en sí misma. Revisa tanto el *software* como el *hardware* de Internet. Sus contribuciones más importantes incluyen el desarrollo del Protocolo Sencillo de Gestión de Red (SNMP, *Simple Network Management Protocol*) y la revisión de los estándares de rendimiento para puentes, encaminadores y protocolos de encaminadores.

Agencias reguladoras

Toda la tecnología de comunicaciones está sujeta a regulación por las agencias del gobierno tales como la **Comisión Federal de Comunicaciones (FCC)** en los Estados Unidos. El objetivo de estas agencias es proteger el interés público mediante la regulación de la radio, la televisión y las comunicaciones por cable.

FCC

El FCC tiene autoridad sobre el comercio interestatal e internacional en lo que se refiere a las comunicaciones. Cada elemento de las tecnologías de las telecomunicaciones debe tener una

aprobación del FCC antes de que pueda ser vendido (compruebe la parte de debajo de su teléfono y vea que habrá un código de aprobación de un organismo regulador). Las responsabilidades específicas del FCC incluyen:

- Comprobación de las revisiones y las aplicaciones de las tarifas hechas por los proveedores de telegrafía y telefonía.
- Revisión de las especificaciones técnicas del *hardware* de telecomunicaciones.
- Establecimiento de tasas de retorno razonables para portadores comunes.
- División y asignación de las frecuencias de radio.
- Asignación de las frecuencias portadoras para las emisiones de radio y televisión.

1.6. ESTRUCTURA DEL LIBRO

El modelo OSI, presentado en el Capítulo 3, define un marco global para los aspectos cubiertos en este libro. El nivel más bajo del modelo, el nivel físico, se relaciona directamente con los Capítulos 4 hasta el 9. Los siguientes cuatro Capítulos, 10 al 13, describen distintos aspectos del nivel de enlace de datos. Estos incluyen una discusión de las redes de área local y metropolitana. La commutación se cubre en el Capítulo 14.

Los Capítulos 15 al 20 tratan las tecnologías emergentes de redes de área amplia, tales como PPP, ISDN, X.25, Frame Relay, ATM y SONET. El Capítulo 21 muestra cómo conectar redes usando dispositivos de interconexión de redes.

Los modelos más altos del modelo OSI –transporte, sesión, presentación y aplicación– se tratan en los Capítulos 22 y 23.

Los Capítulos 24 y 25 se dedican al estudio de TCP/IP y de los protocolos de Internet.

1.7. TÉRMINOS Y CONCEPTOS CLAVE

agencia reguladora	mensaje
American National Standards Institute (ANSI)	Organización Internacional de Estándares (ISO)
Asociación de Industrias Electrónicas (EIA)	proceso distribuido
comités de creación de estándares	protocolo
Comisión Federal de Comunicaciones (FCC)	seguridad
comunicación de datos	semántica
emisor	sintaxis
estándar	telecomunicación
estándares de facto	Telcordia
estándares de jure	temporización
foro	receptor
Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)	red
Internet Society (ISOC)	Unión Internacional de Telecomunicaciones
medio	- Sector de Estándares de Telecomunicaciones (ITU-T)

1.8. RESUMEN

- La transmisión de datos es la transferencia de datos de un dispositivo a otro a través de algún tipo de medio de transmisión.
 - Un sistema de comunicación de datos debe transmitir los datos al destino correcto de forma exacta y temporizada.
 - Los cinco componentes básicos de un sistema de comunicación de datos son el mensaje, el emisor, el receptor, el medio y el protocolo.
 - Las redes permiten el acceso compartido al dispositivo de información.
 - Las redes usan procesamiento distribuido, en el cual una tarea se divide entre múltiples computadoras.
 - Las redes se evalúan por sus prestaciones, fiabilidad y seguridad.
 - Un protocolo es un conjunto de reglas que gobiernan la comunicación de datos; los elementos clave de un protocolo son su sintaxis, su semántica y temporización.
 - Los estándares son necesarios para asegurar que los productos de distintos fabricantes pueden trabajar juntos como se esperaba.
 - ISO, ITU-T, ANSI, IEEE, EIA y Telcordia (Bellcore) son algunas de las organizaciones involucradas en la creación de estándares.
 - Los foros están formados por miembros representativos de compañías que prueban, evalúan y estandarizan las tecnologías.
 - Algunos foros importantes son el Frame Relay Forum, el Foro ATM, la Internet Society y la Internet Engineering Task Force.
 - La FCC es una agencia reguladora que regula las comunicaciones por radio, televisión y por cable.
-

CAPÍTULO 2

Conceptos básicos

Antes de examinar las especificidades de la transmisión de datos entre dispositivos, es importante comprender la relación entre los dispositivos que se comunican. Hay cinco conceptos generales que conforman la base para esta relación:

- Configuración de la línea.
- Topología.
- Modo de transmisión.
- Clases de redes.
- Comunicación entre redes.

2.1. CONFIGURACIÓN DE LA LÍNEA

La **configuración de la línea** se refiere a la forma en que dos o más dispositivos que se comunican se conectan a un *enlace*. Un **enlace** es el medio de comunicación físico que transfiere los datos de un dispositivo a otro. A efectos de visualización, es sencillo imaginar cualquier enlace como una línea que se dibuja entre dos puntos. Para que haya comunicación, dos dispositivos deben estar conectados de alguna forma al mismo enlace simultáneamente. Hay dos configuraciones de línea posibles: punto a punto y multipunto (véase la Figura 2.1).

La configuración de la línea define la conexión a un enlace de los dispositivos que se comunican entre sí.

Punto a punto

Una **configuración de línea punto a punto** proporciona un enlace dedicado entre dos dispositivos. Toda la capacidad del canal se reserva para la transmisión entre ambos dispositivos. La mayoría de las configuraciones punto a punto usan cables para conectar los extremos, pero también son posibles otras opciones, como las microondas o los satélites de enlace (véase la Figura 2.2). Cuando se cambian los canales de una televisión con control remoto mediante mando a distancia por infrarrojos, se establecen conexiones punto a punto entre el mando a distancia y el sistema de control de la televisión.

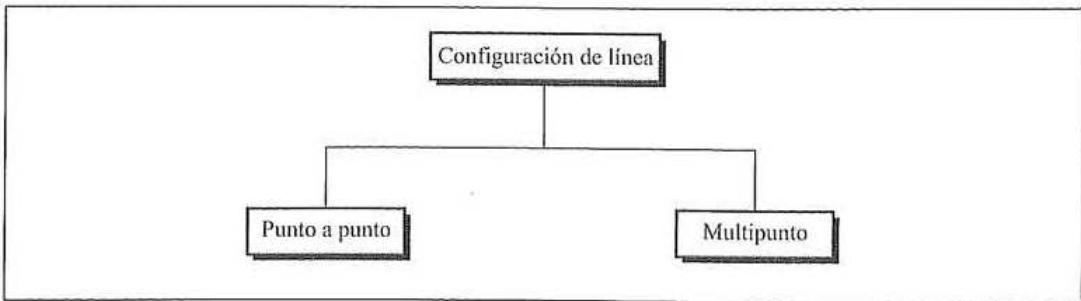


Figura 2.1. Dos clases de configuración de la línea.

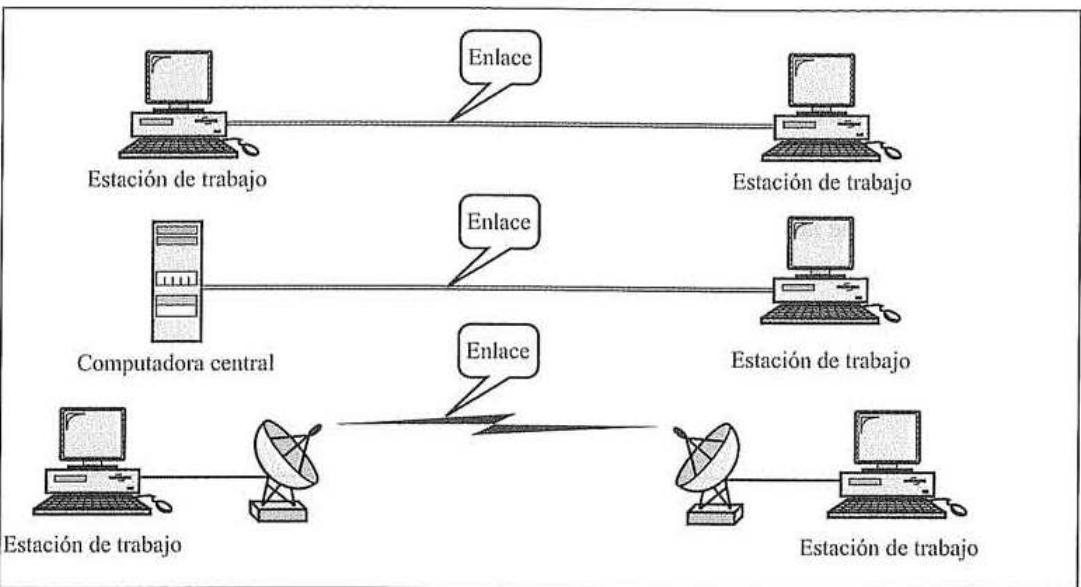


Figura 2.2. Configuración de línea punto a punto.

Multipunto

Una **configuración de línea multipunto** (también denominada **multiconexión**) es una configuración en la que varios dispositivos comparten el mismo enlace (véase la Figura 2.3).

En un entorno multipunto, la capacidad del canal es compartida en el espacio o en el tiempo. Si varios dispositivos pueden usar el enlace de forma simultánea, se dice que hay una configuración de línea *compartida espacialmente*. Si los usuarios deben compartir la línea por turnos, se dice que se trata de una configuración de línea de *tiempo compartido*.

2.2. TOPOLOGÍA

El término **topología** se refiere a la forma en que está diseñada la red, bien físicamente o bien lógicamente. Dos o más dispositivos se conectan a un enlace; dos o más enlaces forman una topología. La topología de una red es la representación geométrica de la relación entre todos los enlaces y los dispositivos que los enlazan entre sí (habitualmente denominados **nodos**). Hay cinco posibles topologías básicas: malla, estrella, árbol, bus y anillo (véase la Figura 2.4).

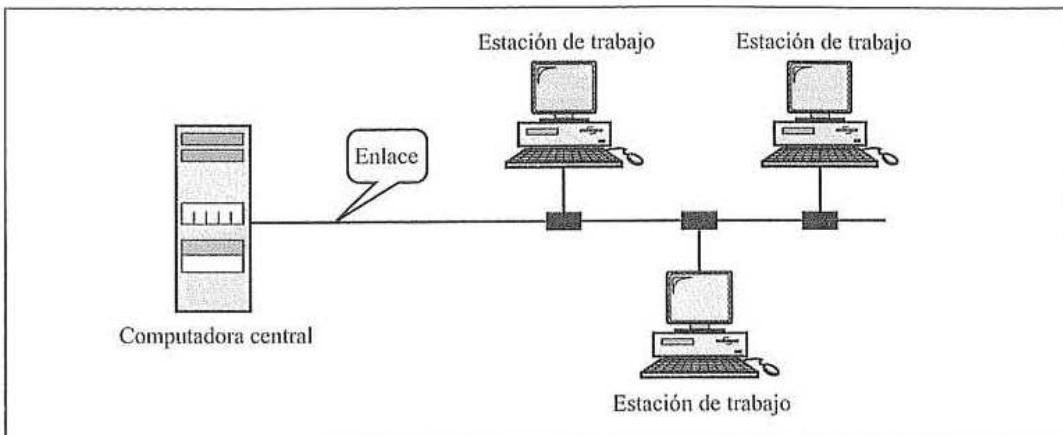


Figura 2.3. Configuración de linea multipunto.

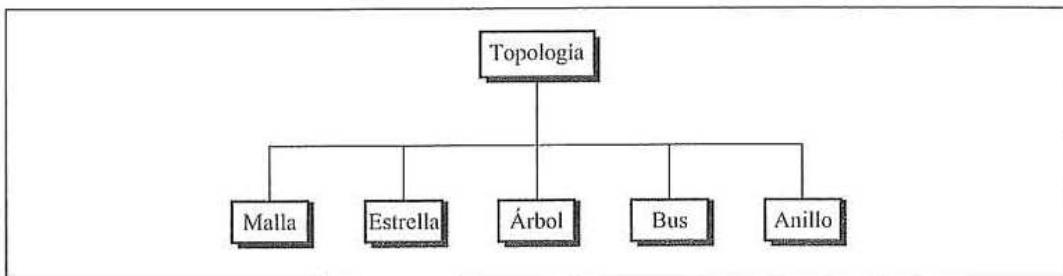


Figura 2.4. Clases de topologías.

La topología define la configuración física o lógica de los enlaces en una red.

Estas cinco clases describen cómo están interconectados los dispositivos de una red, lo que no indica su disposición física. Por ejemplo, que exista una topología en estrella no significa que todas las computadoras de la red deban estar situadas físicamente con forma de estrella alrededor de un concentrador. Una cuestión a considerar al elegir una topología es el estado relativo de los dispositivos a enlazar. Hay dos relaciones posibles: **igual a igual** o **paritaria**, donde todos los dispositivos comparten el enlace paritariamente, y **primario-secundario**, donde un dispositivo controla el tráfico y los otros deben transmitir a través de él. Las topologías en anillo y malla son más convenientes para las transmisiones entre pares, mientras que los árboles y las estrellas son más convenientes para la relación primario-secundario. Una topología de bus se adapta bien a cualquiera de las dos.

Malla

En una **topología en malla**, cada dispositivo tiene un enlace punto a punto y dedicado con cualquier otro dispositivo. El término *dedicado* significa que el enlace conduce el tráfico únicamente entre los dos dispositivos que conecta. Por tanto, una red en malla completamente conectada necesita $n(n-1)/2$ canales físicos para enlazar n dispositivos. Para acomodar tantos enlaces, cada dispositivo de la red debe tener $n-1$ puertos de entrada/salida (E/S) (véase la Figura 2.5).

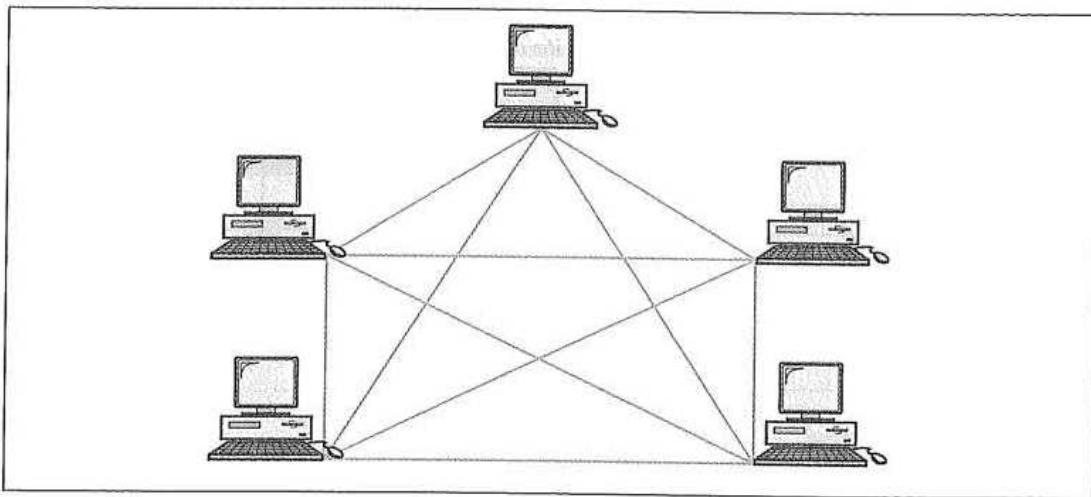


Figura 2.5. Topología en malla completamente conectada (para cinco dispositivos).

Una malla ofrece varias ventajas sobre otras topologías de red. En primer lugar, el uso de los enlaces dedicados garantiza que cada conexión sólo debe transportar la carga de datos propia de los dispositivos conectados, eliminando el problema que surge cuando los enlaces son compartidos por varios dispositivos.

En segundo lugar, una topología en malla es robusta. Si un enlace falla, no inhabilita todo el sistema.

Otra ventaja es la privacidad o la seguridad. Cuando un mensaje viaja a través de una línea dedicada, solamente lo ve el receptor adecuado. Las fronteras físicas evitan que otros usuarios puedan tener acceso a los mensajes.

Finalmente, los enlaces punto a punto hacen que se puedan identificar y aislar los fallos más fácilmente. El tráfico se puede encaminar para evitar los enlaces de los que se sospecha que tienen problemas. Esta facilidad permite que el gestor de red pueda descubrir la localización precisa del fallo y ayudar a buscar sus causas y posibles soluciones.

Las principales desventajas de la malla se relacionan con la cantidad de cable y el número de puertos de entrada/salida necesarios. En primer lugar, la instalación y reconfiguración de la red es difícil, debido a que cada dispositivo debe estar conectado a cualquier otro. En segundo lugar, la masa de cables puede ser mayor que el espacio disponible para acomodarla (en paredes, techos o suelos). Y, finalmente, el hardware necesario para conectar cada enlace (puertos de E/S y cables) puede ser prohibitivamente caro. Por estas razones, las topologías en malla se suelen instalar habitualmente en entornos reducidos –por ejemplo, en una red troncal que conecte las computadoras principales de una red híbrida que puede incluir varias topologías más.

Ejemplo 2.1

La Corporación Patito Afortunado tiene una red en malla totalmente conectada formada por ocho dispositivos. Calcule el número total de enlaces y cables necesarios, así como el número de puertos de cada dispositivo.

Solución

La fórmula para calcular el número de enlaces en una red en malla completamente conectada es $n(n - 1)/2$, donde n es el número de dispositivos.

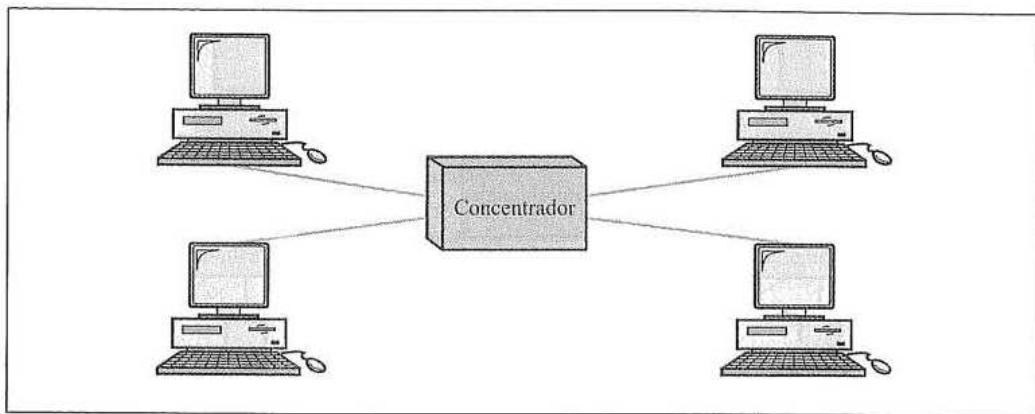


Figura 2.6. Topología en estrella.

$$\text{Número de enlaces} = n(n - 1)/2 = 8(8 - 1)/2 = 28$$

$$\text{Número de puertos por dispositivo} = n - 1 = 8 - 1 = 7$$

Estrella

En la **topología en estrella** cada dispositivo solamente tiene un enlace punto a punto dedicado con el controlador central, habitualmente llamado **concentrador**. Los dispositivos no están directamente enlazados entre sí. A diferencia de la topología en malla, la topología en estrella no permite el tráfico directo de dispositivos. El controlador actúa como un intercambiador: si un dispositivo quiere enviar datos a otro, envía los datos al controlador, que los retransmite al dispositivo final (véase la Figura 2.6).

Una topología en estrella es más barata que una topología en malla. En una estrella, cada dispositivo necesita solamente un enlace y un puerto de entrada/salida para conectarse a cualquier número de dispositivos. Este factor hace que también sea más fácil de instalar y reconfigurar. Además, es necesario instalar menos cables, y la conexión, desconexión y traslado de dispositivos afecta solamente a una conexión: la que existe entre el dispositivo y el concentrador.

Otra ventaja de esta red es su robustez. Si falla un enlace, solamente este enlace se verá afectado. Todos los demás enlaces permanecen activos. Este factor permite también identificar y aislar los fallos de una forma muy sencilla. Mientras funcione el concentrador, se puede usar como monitor para controlar los posibles problemas de los enlaces y para puentear los enlaces con defectos.

Sin embargo, aunque una estrella necesita menos cable que una malla, cada nodo debe estar enlazado al nodo central. Por esta razón, en la estrella se requiere más cable que en otras topologías de red (como el árbol, el anillo o el bus).

Árbol

La **topología en árbol** es una variante de la de estrella. Como en la estrella, los nodos del árbol están conectados a un concentrador central que controla el tráfico de la red. Sin embargo, no todos los dispositivos se conectan directamente al concentrador central. La mayoría de los dispositivos se conectan a un concentrador secundario que, a su vez, se conecta al concentrador central (véase la Figura 2.7).

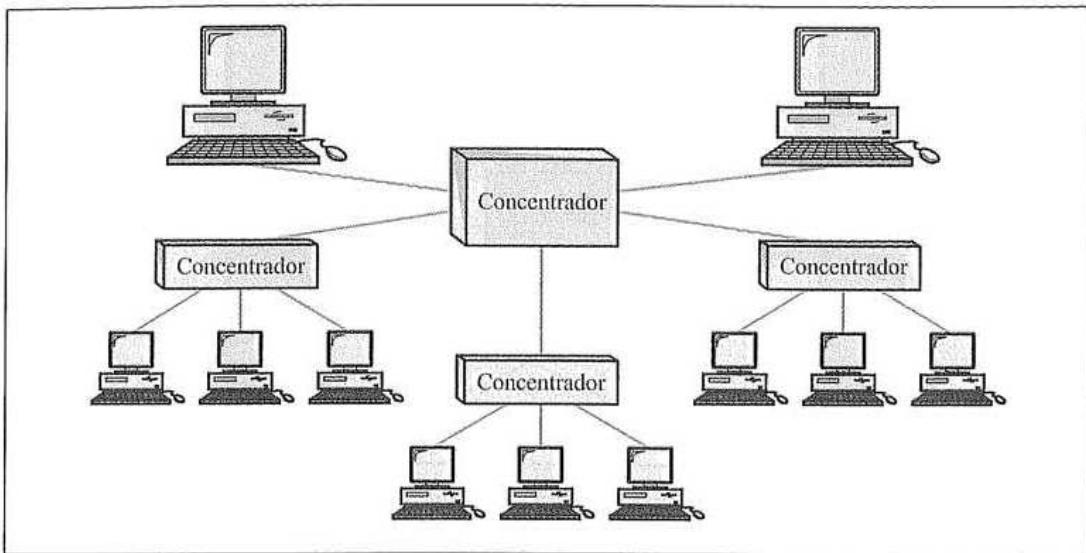


Figura 2.7. Topología en árbol.

El controlador central del árbol es un concentrador activo. Un **concentrador activo** contiene un repetidor, es decir, un dispositivo *hardware* que regenera los patrones de bits recibidos antes de retransmitirlos (los repetidores se tratan ampliamente en el Capítulo 21). Retransmitir las señales de esta forma amplifica su potencia e incrementa la distancia a la que puede viajar la señal.

Los concentradores secundarios pueden ser activos o pasivos. Un **concentrador pasivo** proporciona solamente una conexión física entre los dispositivos conectados.

Las ventajas y las desventajas de la topología en árbol son generalmente las mismas que las de una estrella. Sin embargo, la inclusión de concentradores secundarios tiene dos ventajas más. Primero, permite que se conecten más dispositivos a un único concentrador central y puede, por tanto, incrementar la distancia que puede viajar la señal entre dos dispositivos. Segundo, permite a la red aislar y priorizar las comunicaciones de distintas computadoras. Por ejemplo, las computadoras conectadas a un concentrador secundario pueden tener más prioridad que las computadoras conectadas a otro concentrador secundario. De esta forma, los diseñadores de la red y el operador pueden garantizar que los datos sensibles con restricciones de tiempo no tienen que esperar para acceder a la red.

La tecnología de TV por cable es un buen ejemplo de topología en árbol, ya que el cable principal, que sale de las instalaciones centrales, se divide en grandes ramas y cada rama se subdivide en otras más pequeñas hasta que se llega a los consumidores finales. Los concentradores se usan cada vez que se divide el cable.

Bus

Todos los ejemplos anteriores describen configuraciones punto a punto. Sin embargo, una **topología de bus** es multipunto. Un cable largo actúa como una **red troncal** que conecta todos los dispositivos en la red (véase la Figura 2.8).

Los nodos se conectan al bus mediante cables de conexión (latiguillos) y sondas. Un cable de conexión es una conexión que va desde el dispositivo al cable principal. Una sonda es un conector que, o bien se conecta al cable principal, o se pincha en el cable para crear un contacto con el núcleo metálico. Cuando las señales viajan a través de la red troncal, parte de su

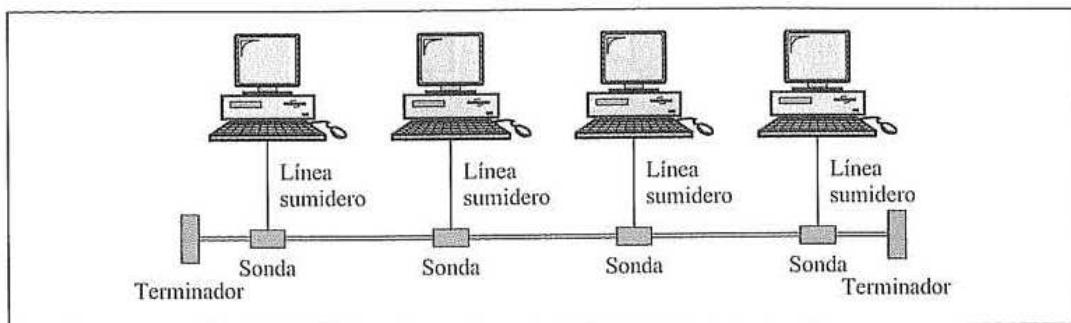


Figura 2.8. Topología de bus.

energía se transforma en calor, por lo que la señal se debilita a medida que viaja por el cable. Por esta razón, hay un límite en el número de conexiones que un bus puede soportar y en la distancia entre estas conexiones.

Entre las ventajas de la topología de bus se incluye la sencillez de instalación. El cable troncal puede tenderse por el camino más eficiente y, después, los nodos se pueden conectar al mismo mediante líneas de conexión de longitud variable. De esta forma se puede conseguir que un bus use menos cable que una malla, una estrella o una topología en árbol. Por ejemplo, en una estrella cuatro dispositivos situados en la misma habitación necesitarían cuatro cables de longitud suficiente para recorrer todo el camino hasta el concentrador. Un bus elimina esta redundancia. Solamente el cable troncal se extiende por toda la habitación. Cada línea de conexión únicamente tiene que ir hasta el punto de la troncal más cercano.

Entre sus desventajas se incluye lo difícil de su reconfiguración y del aislamiento de los fallos. Habitualmente, los buses se diseñan para tener una eficiencia óptima cuando se instalan. Por tanto, puede ser difícil añadir nuevos dispositivos. Como se dijo anteriormente, la reflexión de la señal en los conectores puede causar degradación de su calidad. Esta degradación se puede controlar limitando el número y el espacio de los dispositivos conectados a una determinada longitud de cable. Añadir nuevos dispositivos puede obligar a modificar o reemplazar el cable troncal.

Además, un fallo o rotura en el cable del bus interrumpe todas las transmisiones, incluso entre dispositivos que están en la parte de red que no falla. Esto se debe a que el área dañada refleja las señales hacia la dirección del origen, creando ruido en ambas direcciones.

Anillo

En una **topología en anillo** cada dispositivo tiene una línea de conexión dedicada y punto a punto solamente con los dos dispositivos que están a sus lados. La señal pasa a lo largo del anillo en una dirección, o de dispositivo a dispositivo, hasta que alcanza su destino. Cada dispositivo del anillo incorpora un repetidor. Cuando un dispositivo recibe una señal para otro dispositivo, su repetidor regenera los bits y los retransmite al anillo (véase la Figura 2.9).

Un anillo es relativamente fácil de instalar y reconfigurar. Cada dispositivo está enlazado solamente a sus vecinos inmediatos (bien físicos o lógicos). Para añadir o quitar dispositivos, solamente hay que mover dos conexiones. Las únicas restricciones están relacionadas con aspectos del medio físico y el tráfico (máxima longitud del anillo y número de dispositivos). Además, los fallos se pueden aislar de forma sencilla. Generalmente, en un anillo hay una señal en circulación continuamente. Si un dispositivo no recibe una señal en un período

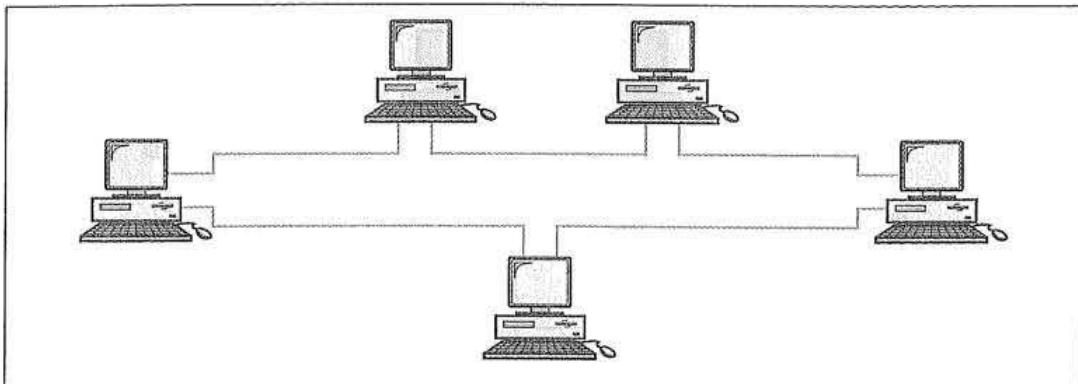


Figura 2.9. Topología en anillo.

de tiempo especificado, puede emitir una alarma. La alarma alerta al operador de red de la existencia del problema y de su localización.

Sin embargo, el tráfico unidireccional puede ser una desventaja. En anillos sencillos, una rotura del anillo (como por ejemplo una estación inactiva) puede inhabilitar toda la red. Esta debilidad se puede resolver usando un anillo dual o un conmutador capaz de puentejar la rotura.

Ejemplo 2.2

Si los dispositivos del Ejemplo 2.1 se configuraran como un anillo en lugar de una malla, ¿cuántos cables de enlace serían necesarios?

Solución

Para conectar n dispositivos en una topología de anillo, se necesitan n cables de enlace. Un anillo de ocho dispositivos necesita ocho cables de enlace.

Topologías híbridas

A menudo, una red combina varias topologías mediante subredes enlazadas entre sí para formar una topología mayor. Por ejemplo, un departamento de una empresa puede decidir usar una topología de bus mientras otro puede tener un anillo. Ambas pueden ser conectadas entre sí a través de un controlador central mediante una topología en estrella (véase la Figura 2.10).

2.3 MODO DE TRANSMISIÓN

El término *modo de transmisión* se usa para definir la dirección del flujo de las señales entre dos dispositivos enlazados. Hay tres tipos de modos de transmisión: *símplex*, *semidúplex* y *full-dúplex* (véase la Figura 2.11).

Símplex

En el **modo simplex**, la comunicación es unidireccional, como en una calle de sentido único. Solamente una de las dos estaciones de enlace puede transmitir; la otra sólo puede recibir (véase la Figura 2.12).

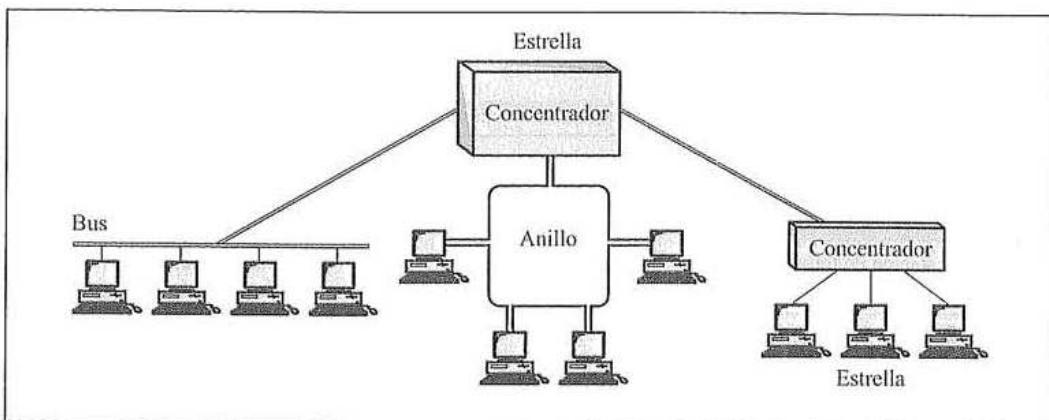


Figura 2.10. Topología híbrida.

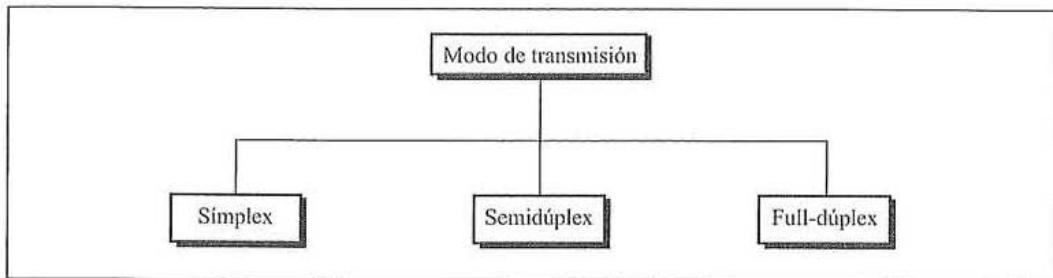


Figura 2.11. Modos de transmisión.

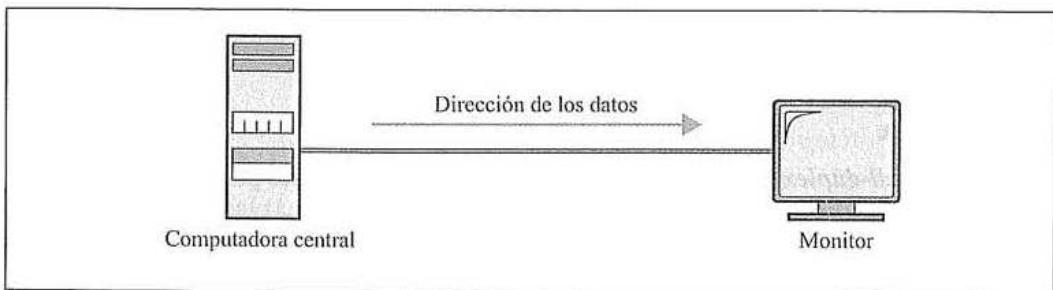


Figura 2.12. Simplex

El término modo de transmisión se refiere a la dirección del flujo de información entre dos dispositivos.

Los teclados y los monitores tradicionales son ejemplos de dispositivos simplex. El teclado solamente puede introducir datos; el monitor solamente puede aceptar datos de salida.

Semidúplex

En el modo semidúplex, cada estación puede tanto enviar como recibir, pero no al mismo tiempo. Cuando un dispositivo está enviando, el otro sólo puede recibir, y viceversa (véase la Figura 2.13).

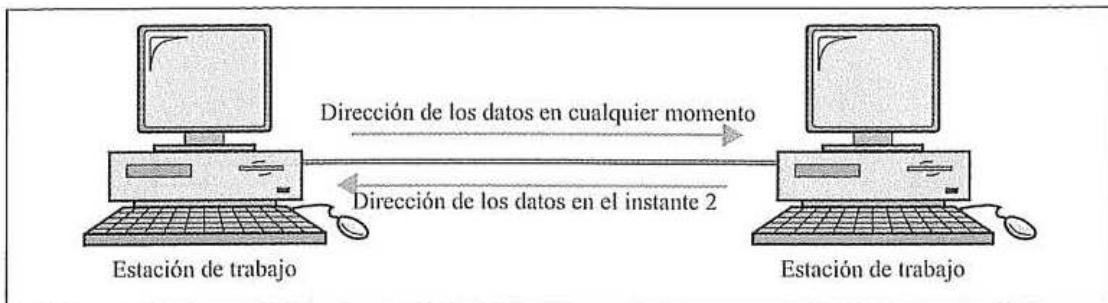


Figura 2.13. Semidúplex.

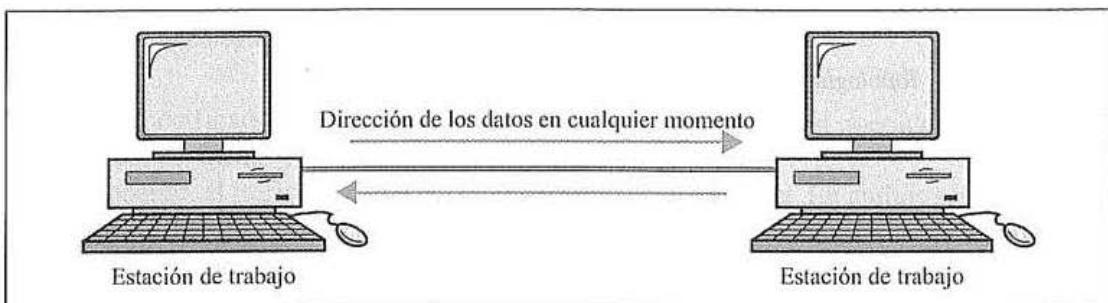


Figura 2.14. Full-Dúplex.

El modo semidúplex es similar a una calle con un único carril y tráfico en dos direcciones. Mientras los coches viajan en una dirección, los coches que van en sentido contrario deben esperar. En la transmisión semidúplex, la capacidad total del canal es usada por aquel de los dos dispositivos que está transmitiendo. Los *walkie-talkies* y las radios CB (*Citizen's Band*) son ejemplos de sistemas semidúplex.

Full-Dúplex

En el modo **full-dúplex** (también llamado **dúplex**), ambas estaciones pueden enviar y recibir simultáneamente (véase la Figura 2.14).

El modo **full-dúplex** es como una calle de dos sentidos con tráfico que fluye en ambas direcciones al mismo tiempo. En el modo **full-dúplex**, las señales que van en cualquier dirección deben compartir la capacidad del enlace. Esta compartición puede ocurrir de dos formas: o bien el enlace debe contener caminos de transmisión físicamente separados, uno para enviar y otro para recibir, o es necesario dividir la capacidad del canal entre las señales que viajan en direcciones opuestas.

Un ejemplo habitual de comunicación **full-dúplex** es la red telefónica. Cuando dos personas están hablando por teléfono, ambas pueden hablar y recibir al mismo tiempo.

2.4. CLASES DE REDES

Actualmente, cuando se habla de redes, se suele hablar de tres clases principales: redes de área local, redes de área metropolitana y redes de área amplia. A qué clase pertenece una red se determina por su tamaño, su propietario, la distancia que cubre y su arquitectura física (véase la Figura 2.15).

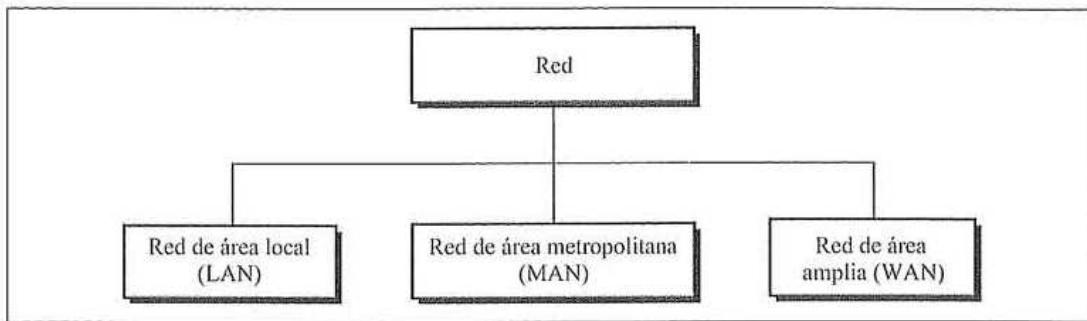


Figura 2.15. Clases de redes.

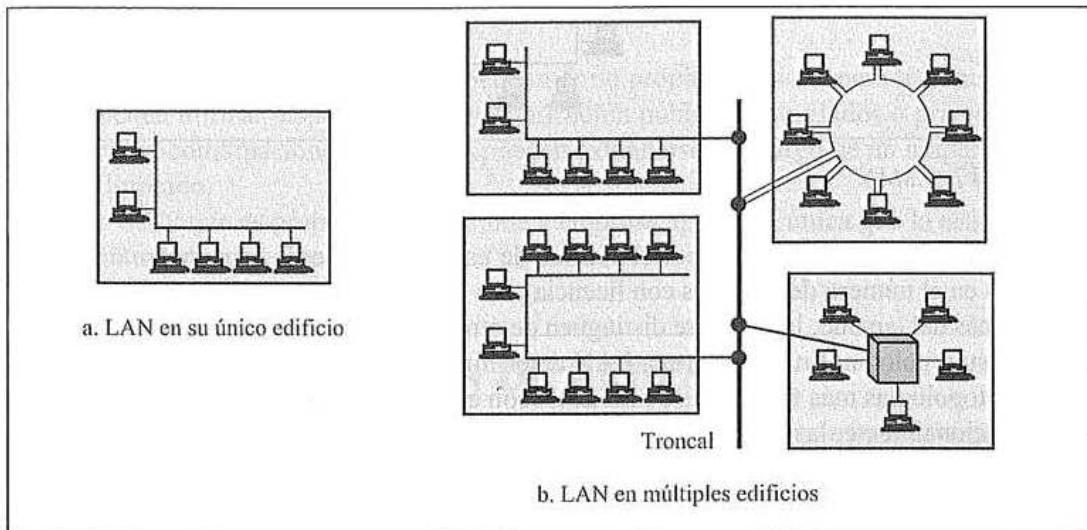


Figura 2.16. LAN.

Red de área local (LAN)

Una **red de área local (LAN, Local Area Network)** suele ser una red de propiedad privada que conecta enlaces de una única oficina, edificio o campus (véase la Figura 2.16). Dependiendo de las necesidades de la organización donde se instale y del tipo de tecnología utilizada, una LAN puede ser tan sencilla como dos PC y una impresora situados en la oficina de la casa de alguien o se puede extender por toda una empresa e incluir voz, sonido y periféricos de video. En la actualidad, el tamaño de las LAN está limitado a unos pocos kilómetros.

Las LAN están diseñadas para permitir compartir recursos entre computadoras personales o estaciones de trabajo. Los recursos a compartir pueden incluir *hardware* (por ejemplo, una impresora), *software* (por ejemplo, un programa de aplicación) o datos. Un ejemplo frecuente de LAN, que se encuentra en muchos entornos de negocios, enlaza un grupo de trabajo de computadoras relacionadas con una cierta tarea, como, por ejemplo, estaciones de trabajo de ingeniería o PC de contabilidad. Una de las computadoras puede tener un disco de gran capacidad y convertirse en servidora de los otros clientes. El *software* se puede almacenar en este servidor central para que sea usado por todo el grupo según las necesidades de cada miembro. En este ejemplo, el tamaño de la LAN puede estar determinado por restric-

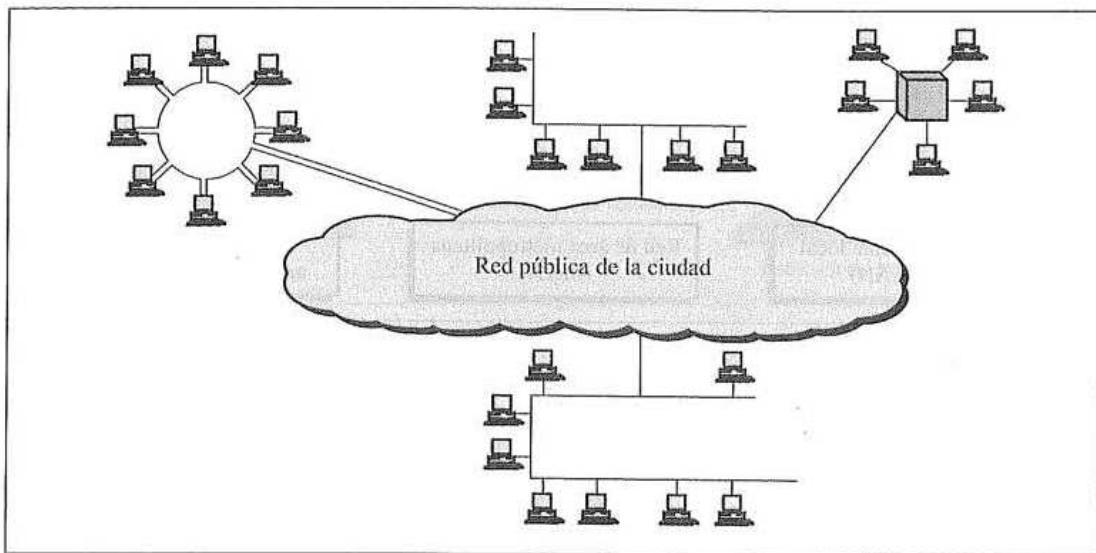


Figura 2.17. MAN.

ciones en el número de licencias, por el número de usuarios por copia de *software* o por restricciones en el número de usuarios con licencia para acceder al sistema operativo.

Además del tamaño, las LAN se distinguen de otros tipos de redes por su medio de transmisión y su topología. En general, una LAN determinada usará un único medio de transmisión. Las topologías más frecuentes de las LAN son el bus, el anillo y la estrella.

Tradicionalmente, las LAN tienen tasas de datos en un rango de entre 4 y 16 Mbps. Sin embargo, actualmente las velocidades se han incrementado y pueden alcanzar los 100 Mbps e incluso velocidades de gigabits. Las LAN se tratan en profundidad en el Capítulo 12.

Redes de área metropolitana (MAN)

La **red de área metropolitana (MAN, Metropolitan Area Network)** ha sido diseñada para que se pueda extender a lo largo de una ciudad entera. Puede ser una red única, como una red de televisión por cable, o puede ser una forma de conectar un cierto número de LAN en una red mayor, de forma que los recursos puedan ser compartidos de LAN a LAN y de dispositivo a dispositivo. Por ejemplo, una empresa puede usar una MAN para conectar las LAN de todas sus oficinas dispersas por la ciudad (véase la Figura 2.17).

Una MAN puede ser propiedad totalmente por una empresa privada, que será su operadora, o puede ser un servicio proporcionado por una empresa de servicio público, como una empresa de telefonía local. Muchas compañías telefónicas tienen un servicio muy popular de MAN denominado Servicios de Comunicación de Datos Multimegabit (SMDS, *Switched Multimegabit Data Service*), que se trata en el Capítulo 13.

Red de área amplia (WAN)

Una **red de área amplia (WAN, Wide Area Network)** proporciona un medio de transmisión a larga distancia de datos, voz, imágenes e información de vídeo sobre grandes áreas geográficas que pueden extenderse a un país, un continente o incluso el mundo entero (véase la Figura 2.18).

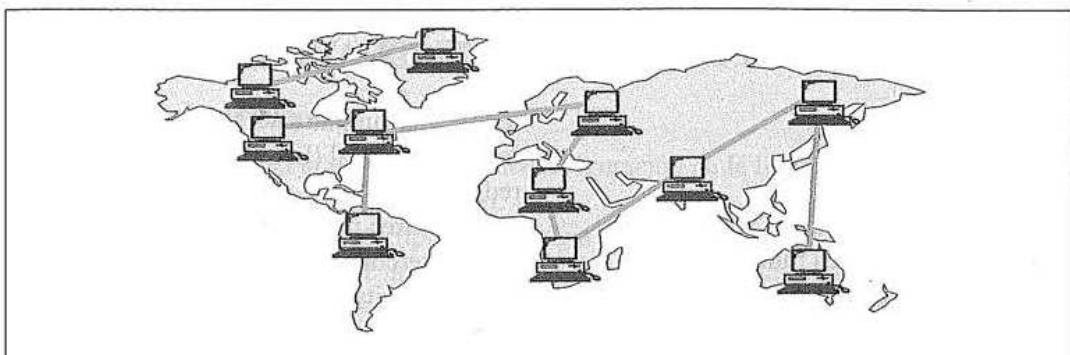


Figura 2.18. WAN.

En contraste con las LAN (que dependen de su propio *hardware* para transmisión), las WAN pueden utilizar dispositivos de comunicación públicos, alquilados o privados, habitualmente en combinaciones, y además pueden extenderse a lo largo de un número de kilómetros ilimitado.

Una WAN que es propiedad de una única empresa, que es la única que la usa, se denomina habitualmente red de empresa.

2.5. INTERCONEXIÓN DE REDES

Cuando dos o más redes se conectan, se convierten en una **interred**, o **internet** (véase la Figura 2.19; en la figura, las cajas etiquetadas con una R representan encaminadores). Las redes individuales se unen para formar redes más complejas usando dispositivos de conexión. Estos dispositivos, que incluyen encaminadores y pasarelas, se tratan en el Capítulo 21. El término *internet* (con la i en minúscula) no debería confundirse con el término **Internet** (con la I en mayúscula). El primero es un término genérico usado para determinar una serie de redes interconectadas. El segundo es el nombre de una red específica de ámbito mundial.

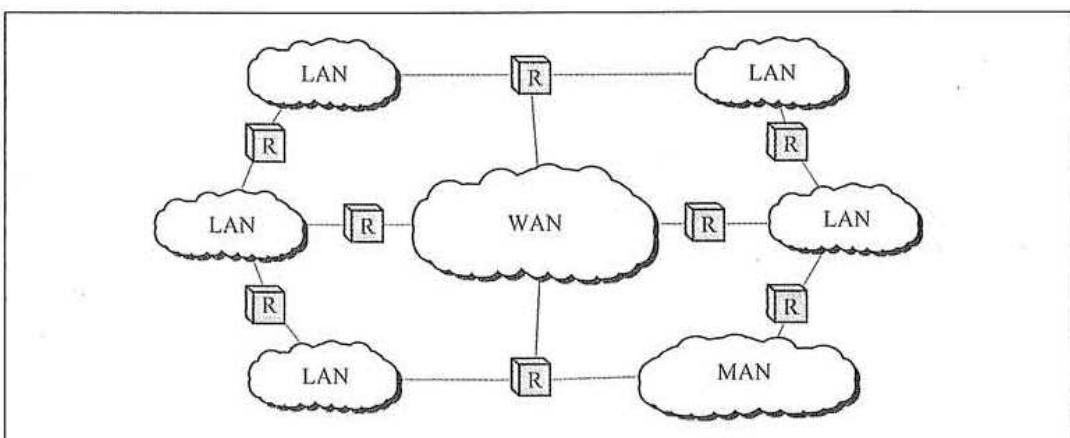


Figura 2.19. Redes interconectadas (*internet*).

2.6. TÉRMINOS Y CONCEPTOS CLAVE

concentrador	red de área amplia (WAN)
concentrador activo	red de área local (LAN)
concentrador pasivo	red troncal
configuración de línea	redes de área metropolitana (MAN)
configuración de línea multiconexión	redes interconectadas
configuración de línea multipunto	relación paritaria
configuración de línea punto a punto	relación primario-secundario
enlace	topología
internet	topología de bus
Internet	topología en anillo
modo dúplex	topología en árbol
modo <i>full-dúplex</i>	topología en estrella
modo semidúplex	topología en malla
modo simplex	topología híbrida
nodo	

2.7. RESUMEN

- La configuración de la línea define la relación entre los dispositivos que se comunican a través de un determinado camino.
- En una configuración de línea punto a punto, dos, y únicamente dos, dispositivos se conectan a través de un enlace dedicado.
- En una configuración de línea multipunto, tres o más dispositivos comparten un enlace.
- La topología se refiere a la disposición física o lógica de una red. Los dispositivos se pueden disponer en una malla, estrella, árbol, bus, anillo o topología híbrida.
- La comunicación entre dos dispositivos puede ocurrir en tres modos de transmisión: simplex, semidúplex o *full-dúplex*.
- La transmisión simplex significa que los datos fluyen únicamente en una dirección.
- La transmisión semidúplex significa que los datos fluyen en las dos direcciones, pero no al mismo tiempo.
- La transmisión *full-dúplex* permite que los datos vayan en las dos direcciones al mismo tiempo.
- Una red se puede clasificar como una red de área local (LAN), una red de área metropolitana (MAN) o una red de área amplia (WAN).
- Una LAN es un sistema de transmisión de datos dentro de un edificio, una planta, un campus o entre edificios cercanos.
- Una MAN es un sistema de transmisión de datos que puede cubrir un área del tamaño de una ciudad.
- Una WAN es un sistema de transmisión de datos que se puede extender a través de estados, países o por todo el mundo.
- Una internet es una red de redes.

CAPÍTULO 3

El modelo OSI

Creada en 1947, la Organización Internacional de Estandarización (ISO, *International Standards Organization*) es un organismo multinacional dedicado a establecer acuerdos mundiales sobre estándares internacionales. Un estándar ISO que cubre todos los aspectos de las redes de comunicación es el modelo de **Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI, Open System Interconnection)**. Un **sistema abierto** es un modelo que permite que dos sistemas diferentes se puedan comunicar independientemente de la arquitectura subyacente. Los protocolos específicos de cada vendedor no permiten la comunicación entre dispositivos no relacionados. El objetivo del modelo OSI es permitir la comunicación entre sistemas distintos sin que sea necesario cambiar la lógica del *hardware* o el *software* subyacente. El modelo OSI no es un protocolo; es un modelo para comprender y diseñar una arquitectura de red flexible, robusta e interoperable.

ISO es la organización. OSI es el modelo.

3.1. EL MODELO

El modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos es una arquitectura por *niveles* para el diseño de sistemas de red que permite la comunicación entre todos los tipos de computadoras. Está compuesto por siete niveles separados, pero relacionados, cada uno de los cuales define un segmento del proceso necesario para mover la información a través de una red (véase la Figura 3.1). Comprender los aspectos fundamentales del modelo OSI proporciona una base sólida para la exploración de la transmisión de datos.

Arquitectura por niveles

El modelo OSI está compuesto por siete niveles ordenados: el físico (nivel 1), el de enlace de datos (nivel 2), el de red (nivel 3), el de transporte (nivel 4), el de sesión (nivel 5), el de presentación (nivel 6) y el de aplicación (nivel 7). La Figura 3.2 muestra los niveles involucrados en el envío de un mensaje del dispositivo A al dispositivo B. A medida que el mensaje viaja de A a B, puede pasar a través de muchos nodos intermedios. Estos nodos intermedios sólo tienen habitualmente los tres primeros niveles del modelo OSI. Al desarrollar el modelo, los diseñadores refinaron el proceso de transmisión de datos hasta los elementos más fun-

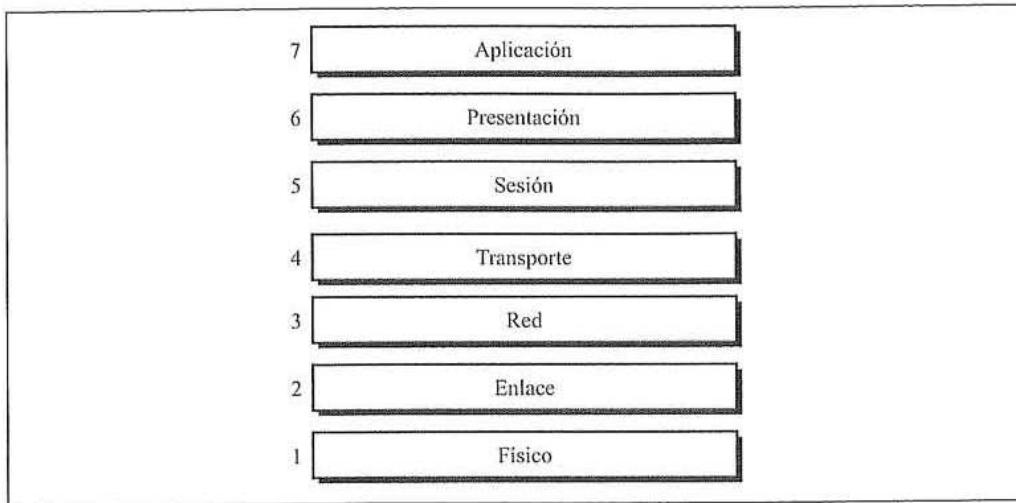


Figura 3.1. El modelo OSI.

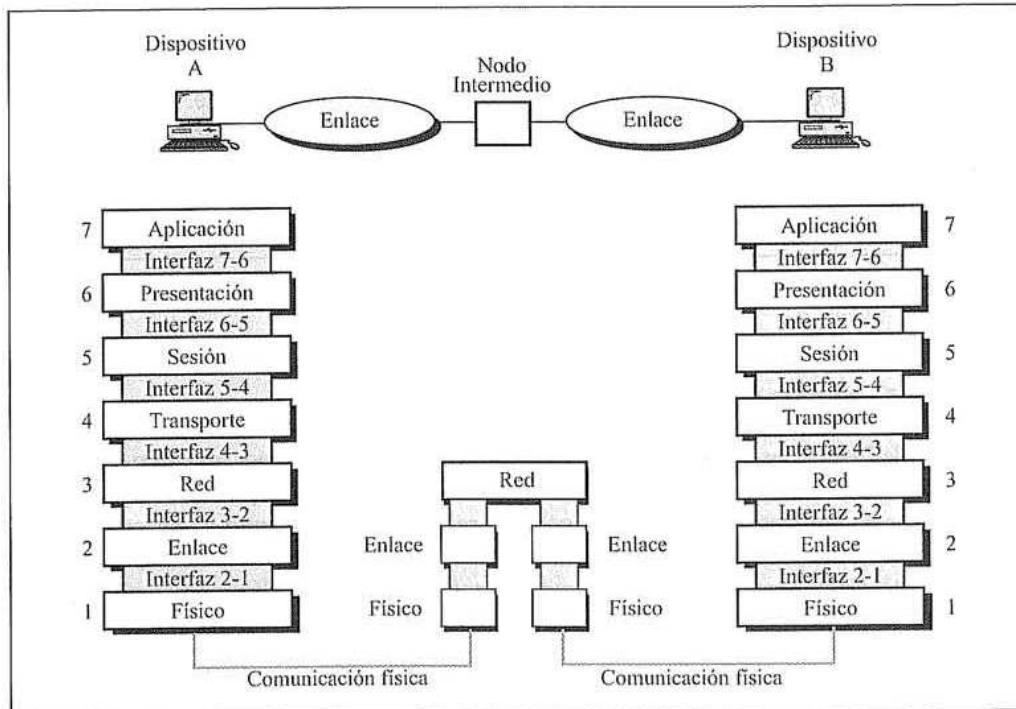


Figura 3.2. Niveles OSI.

damentales. Identificaron qué funciones tienen usos relacionados y unieron todas las funciones dentro de grupos discretos que se convirtieron en niveles. Cada nivel define una familia de funciones distintas de las de los otros niveles. Definiendo y asignando la funcionalidad de esta forma, los diseñadores crearon una arquitectura que es a la vez completa y flexible. Y lo

más importante es que el modelo OSI permite una transparencia completa entre sistemas que de otra forma serían incompatibles.

Una regla mnemotécnica para recordar los niveles del modelo OSI es: Felipe Está Riendo Tras Su Papá Andrés (Físico, Enlace de datos, Red, Transporte, Sesión, Presentación, Aplicación).

Procesos paritarios

Dentro de una máquina, cada nivel llama a los servicios del nivel que está justo por debajo. Por ejemplo, el nivel 3 usa los servicios que proporciona el nivel 2 y proporciona servicios al nivel 4. Entre máquinas, el nivel x de una máquina se comunica con el nivel x de la otra. La comunicación se gobierna mediante una serie de reglas y convenciones acordadas que se denominan protocolos. Los procesos de cada máquina que se pueden comunicar en un determinado nivel se llaman **procesos paritarios**. La comunicación entre máquinas es por tanto un proceso entre iguales a través de los protocolos apropiados para cada nivel.

En el nivel físico, la comunicación es directa: la máquina A envía un flujo de bits a la máquina B. Sin embargo, en los niveles más altos la comunicación debe ir hacia abajo por los distintos niveles de la máquina A, hasta la máquina B y luego subir otra vez a través de los niveles de la máquina B. Cada nivel de la máquina emisora añade su propia información al mensaje recibido del nivel superior y pasa todo el paquete al nivel inferior. La información se añade en forma de **cabeceras o colas** (datos de control añadidos al principio o al final de un paquete de datos). Las cabeceras se añaden al mensaje en los niveles 6, 5, 4, 3 y 2. En el nivel 2 se añade una cola.

Las cabeceras se añaden a los datos en los niveles 6, 5, 4, 3 y 2. Las colas se añaden habitualmente sólo en el nivel 2.

En el nivel 1 se convierte todo el paquete al formato en que se puede transferir hasta la máquina receptora. En la máquina receptora, el mensaje es extraído nivel por nivel, en los cuales cada proceso procesa y elimina los datos que son para él. Por ejemplo, el nivel 2 elimina los datos que son para él y luego pasa el resto al nivel 3. El nivel 3 elimina los datos que son para él y pasa el resto al nivel 4, y así continuamente.

Interfaces entre niveles

El paso de los datos y la información de la red a través de los distintos niveles de la máquina emisora, y la subida a través de los niveles de la máquina receptora, es posible porque hay una **interfaz** entre cada par de niveles adyacentes. Cada interfaz define qué información y servicios debe proporcionar un nivel al nivel superior. Las interfaces bien definidas y las funciones de los niveles proporcionan modularidad a la red. Mientras un nivel siga proporcionando los servicios esperados al nivel que está por encima de él, la implementación específica de sus funciones puede ser modificada o reemplazada sin necesidad de cambios en los niveles adyacentes.

Organización de los niveles

Se puede pensar que los siete niveles pertenecen a tres subgrupos. Los niveles 1, 2 y 3 –físico, enlace y red– son los niveles de soporte de red. Tienen que ver con los aspectos físicos de

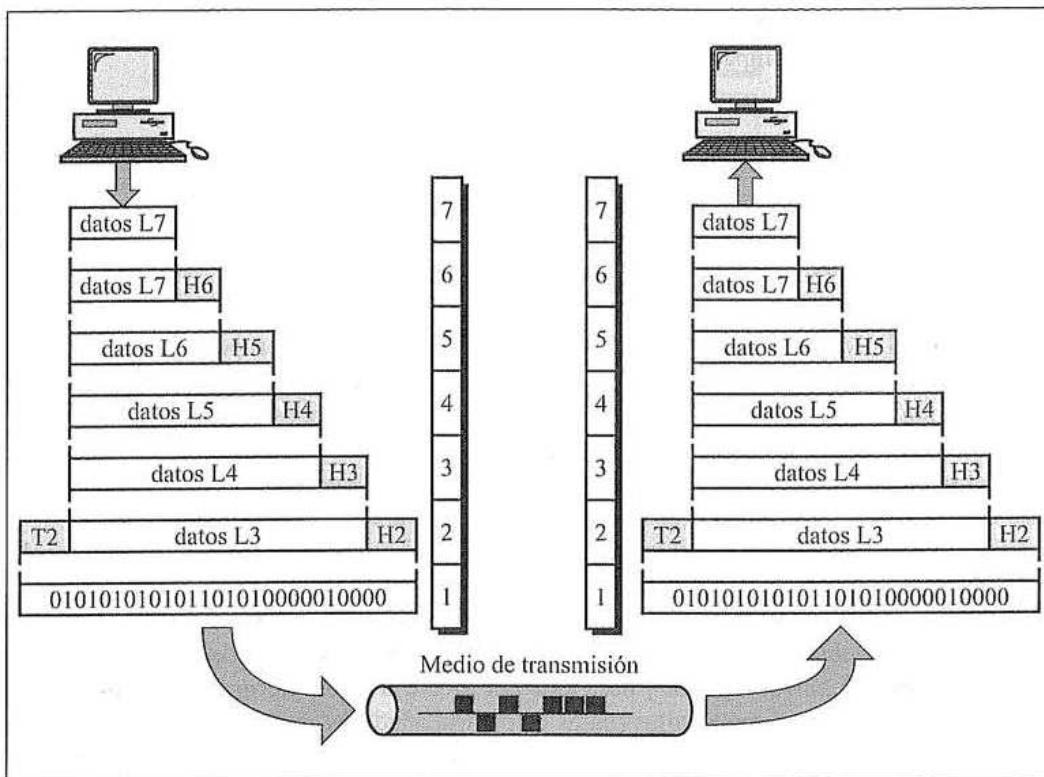


Figura 3.3. Una comunicación usando el modelo OSI.

la transmisión de los datos de un dispositivo a otro (como especificaciones eléctricas, conexiones físicas, direcciones físicas y temporización de transporte y fiabilidad). Los niveles 5, 6 y 7 –sesión, presentación y aplicación– proporcionan servicios de soporte de usuario. Permiten la interoperabilidad entre sistemas *software* no relacionados. El nivel 4, nivel de transporte, asegura la transmisión fiable de datos de extremo a extremo, mientras que el nivel 2 asegura la transmisión fiable de datos en un único enlace. Los niveles superiores de OSI se implementan casi siempre en *software*; los niveles inferiores son una combinación de *hardware* y *software*, excepto el nivel físico, que es principalmente hardware.

En la Figura 3.3, que da una visión global de los niveles OSI, datos L7 representa a las unidades de datos en el nivel 7, datos L6 representa a las unidades de datos en el nivel 6 y así sucesivamente. El proceso empieza en el nivel 7 (el nivel de aplicación) y a continuación se mueve de nivel a nivel en orden secuencial descendente. En cada nivel (exceptuando los niveles 7 y 1), se añade una cabecera a la unidad de datos. En el nivel 2, se añade también una cola. Cuando las unidades de datos formateadas pasan a través del nivel físico (nivel 1) se transforman en señales electromagnéticas y se transportan por el enlace físico.

Después de alcanzar su destino, la señal pasa al nivel 1 y se transforma de nuevo en bits. A continuación, las unidades de datos ascienden a través de los niveles OSI. A medida que cada bloque de datos alcanza el nivel superior siguiente, las cabeceras y las colas asociadas al mismo en los correspondientes niveles emisores se eliminan y se efectúan las acciones apropiadas de ese nivel. Para cuando los datos alcanzan el nivel 7, el mensaje está otra vez en un formato apropiado para la aplicación y se puede poner a disposición del receptor.

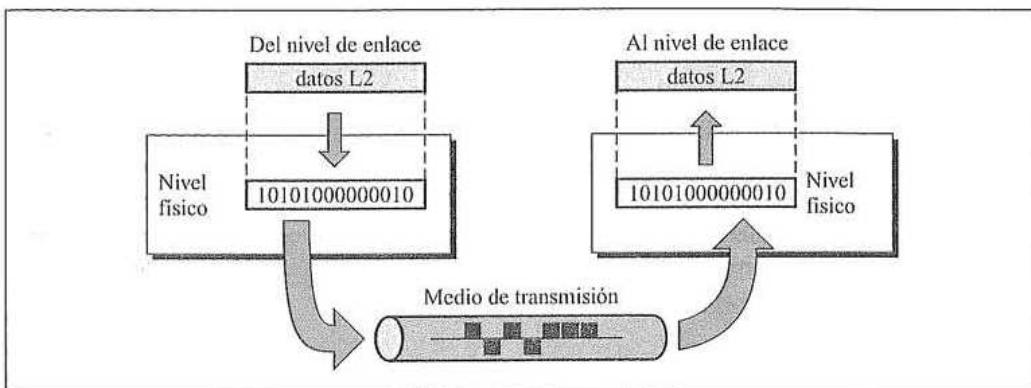


Figura 3.4. *Nivel físico*.

3.2. FUNCIONES DE LOS NIVELES

En esta sección se describen brevemente las funciones de cada nivel del modelo OSI.

Nivel físico

El **nivel físico** coordina las funciones necesarias para transmitir el flujo de datos a través de un medio físico. Trata con las especificaciones eléctricas y mecánicas de la interfaz y del medio de transmisión. También define los procedimientos y las funciones que los dispositivos físicos y las interfaces tienen que llevar a cabo para que sea posible la transmisión. La Figura 3.4 muestra la posición del enlace físico con respecto al medio de transmisión y al enlace de datos.

El nivel físico se relaciona con lo siguiente:

- **Características físicas de las interfaces y el medio.** El nivel físico define las características de la interfaz entre los dispositivos y el medio de transmisión. También define el tipo de medio de transmisión (véase el Capítulo 7).
- **Representación de los bits.** Los datos del nivel físico están compuestos por un flujo de bits (secuencias de ceros y unos) sin ninguna interpretación. Para que puedan ser transmitidos, es necesario codificarlos en señales, eléctricas u ópticas. El nivel físico define el tipo de codificación (como los ceros y unos se cambian en señales).
- **Tasa de datos.** El nivel físico también define la **tasa de transmisión**: el número de bits enviados cada segundo. En otras palabras, el nivel físico define la duración de un bit, es decir, cuánto tiempo dura.
- **Sincronización de los bits.** El emisor y el receptor deben estar sincronizados a nivel de bit. En otras palabras, los relojes del emisor y el receptor deben estar sincronizados.
- **Configuración de la línea.** El nivel físico está relacionado con la conexión de dispositivos al medio. En una configuración *punto a punto* se conectan dos dispositivos a través de un enlace dedicado. En una configuración *multipunto*, un enlace es compartido por varios dispositivos.
- **Topología física.** La topología física define cómo están conectados los dispositivos para formar una red. Los dispositivos deben estar conectados usando una *topología en malla* (cada dispositivo conectado a otro dispositivo), una *topología en estrella* (dispositivos

conectados a través de un dispositivo central), una *topología en anillo* (un dispositivo conectado al siguiente, formando un anillo) o una *topología de bus* (cada dispositivo está conectado a un enlace común).

- **Modo de transmisión.** El nivel físico también define la dirección de la transmisión entre dos dispositivos: simplex, semidúplex o full-dúplex. En el *modo simplex* solamente un dispositivo puede enviar; el otro sólo puede recibir. El modo simplex es una comunicación en un solo sentido. En el modo *semidúplex*, dos dispositivos pueden enviar o recibir, pero no al mismo tiempo. En el modo *full-dúplex* (o simplemente dúplex), dos dispositivos pueden enviar o recibir al mismo tiempo.

Nivel de enlace de datos

El **nivel de enlace de datos** transforma el nivel físico, un simple medio de transmisión, en un enlace fiable y es responsable de la entrega **nodo a nodo**. Hace que el nivel físico aparezca ante el nivel superior (nivel de red) como un medio libre de errores. La Figura 3.5 muestra la relación del nivel de enlace de datos con los niveles de red y físico.

Entre las responsabilidades específicas del nivel de enlace de datos se incluyen las siguientes:

- **Tramado.** El nivel de enlace de datos divide el flujo de bits recibidos del nivel de red en unidades de datos manejables denominadas **tramas**.
- **Direccionamiento físico.** Si es necesario distribuir las tramas por distintos sistemas de la red, el nivel de enlace de datos añade una cabecera a la trama para definir la **dirección física** del emisor (**dirección fuente**) y/o receptor (**dirección destino**) de la trama. Si hay que enviar la trama a un sistema fuera de la red del emisor, la dirección del receptor es la dirección del dispositivo que conecta su red a la siguiente.
- **Control de flujo.** Si la velocidad a la que el receptor recibe los datos es menor que la velocidad de transmisión del emisor, el nivel de enlace de datos impone un mecanismo de control de flujo para prevenir el desbordamiento del receptor.
- **Control de errores.** El nivel de enlace de datos añade fiabilidad al nivel físico al incluir mecanismos para detectar y retransmitir las tramas defectuosas o perdidas. También usa

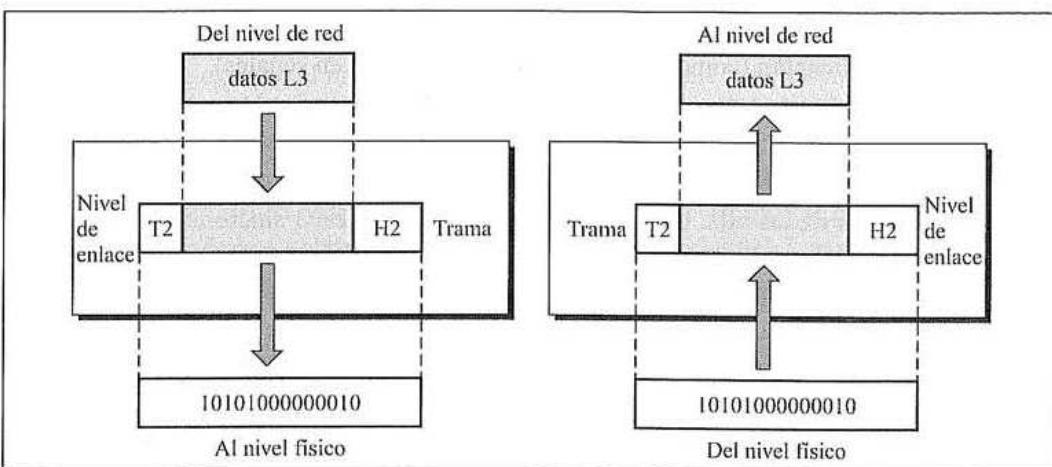


Figura 3.5. Nivel de enlace de datos.

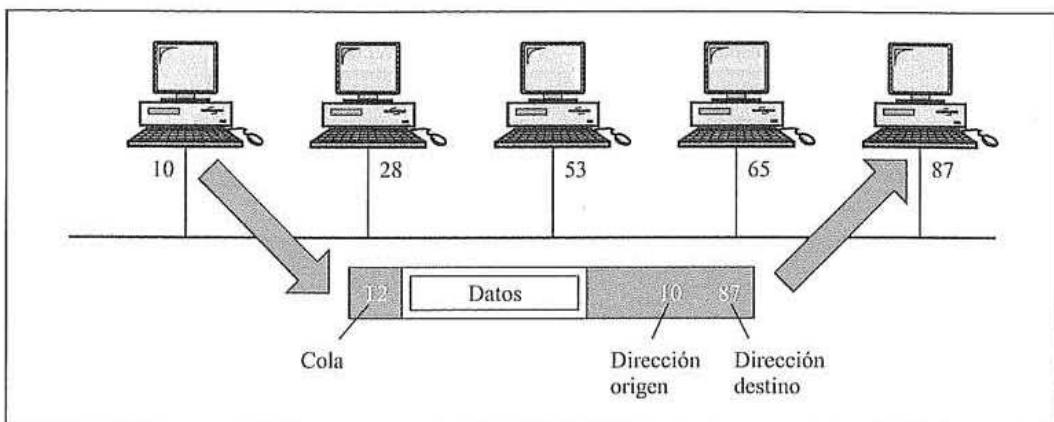


Figura 3.6. Nivel de enlace de datos (Ejemplo 3.1).

un mecanismo para prevenir la duplicación de tramas. El control de errores se consigue normalmente a través de una cola que se añade al final de la trama.

- **Control de acceso.** Cuando se conectan dos o más dispositivos al mismo enlace, los protocolos de nivel de enlace deben determinar en todo momento qué dispositivo tiene el control del enlace.

Ejemplo 3.1

En la Figura 3.6 un nodo con dirección física 10 envía una trama a un nodo con dirección física 87. Ambos nodos están conectados por un enlace. En el nivel de enlace de datos la trama contiene direcciones físicas (enlaces) en la cabecera. Estas son las únicas direcciones necesarias. El resto de la cabecera contiene la información necesaria para este nivel. La cola contiene habitualmente algunos bits extra que son necesarios para la detección de errores.

Nivel de red

El **nivel de red** es responsable de la entrega de un paquete desde el origen al destino y, posiblemente, a través de múltiples redes (enlaces). Mientras que el nivel de enlace de datos supervisa la entrega del paquete entre dos sistemas de la misma red (enlaces), el nivel de red asegura que cada paquete va del origen al destino, sean estos cuales sean.

Si dos sistemas están conectados al mismo enlace, habitualmente no hay necesidad de un nivel de red. Sin embargo, si dos sistemas están conectados a redes distintas (enlaces) con dispositivos de conexión entre ellas (enlaces), suele ser necesario tener un nivel de red para llevar a cabo la entrega desde el origen al destino. La Figura 3.7 muestra la relación del nivel de red con el nivel de enlace de datos y el de transporte.

Las responsabilidades específicas del nivel de red incluyen:

- **Direccionamiento lógico.** El direccionamiento físico proporcionado por el nivel de enlace de datos gestiona los problemas de direcciones locales. Si un paquete cruza la frontera de la red, es necesario tener otro tipo de direcciones para distinguir los sistemas origen de los del destino. El nivel de red añade una cabecera al paquete que viene del nivel superior que, entre otras cosas, incluye las **direcciones lógicas** del emisor y el receptor.

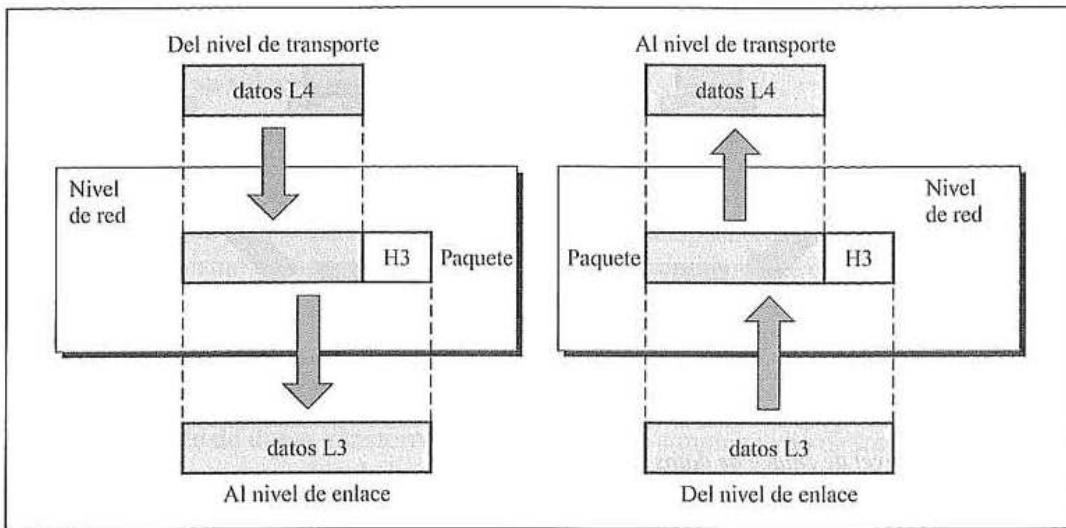


Figura 3.7. Nivel de red.

- **Encaminamiento.** Cuando un conjunto de redes o enlaces independientes se conectan juntas para crear una *red de redes* (una internet) o una red más grande, los dispositivos de conexión (denominados *encaminadores* o *pasarelas*) encaminan los paquetes hasta su destino final. Una de las funciones del nivel de red es proporcionar estos mecanismos.

Ejemplo 3.2

Imagine ahora que en la Figura 3.8 se quieren enviar datos de un nodo con dirección de red A y dirección física 10, localizado en una red de área local, a un nodo con dirección de red P y dirección física 95, localizado en otra red de área local. Debido a que ambos dispositivos están situados en redes distintas, no se pueden usar únicamente las direcciones físicas; porque las direcciones físicas solamente tienen jurisdicción local. Lo que hace falta son direcciones universales que puedan pasar a través de las fronteras de las redes de área local. Las direcciones de red (lógicas) tienen estas características. El paquete en el nivel de red contiene las direcciones lógicas, que siguen siendo las mismas desde el origen hasta el destino final (A y P, respectivamente, en la figura). Estas direcciones no cambiarán cuando se vaya de una red a otra. Sin embargo, las direcciones físicas cambiarán cada vez que el paquete se mueva de una red a otra. La caja con la R es un encaminador (dispositivo de interconexión), de los que se hablará en el Capítulo 21.

Nivel de transporte

El **nivel de transporte** es responsable de la entrega **origen a destino** (extremo a extremo) de todo el mensaje. Mientras que el nivel de red supervisa la entrega extremo a extremo de paquetes individuales, no reconoce ninguna relación entre estos paquetes. Trata a cada uno independientemente, como si cada pieza perteneciera a un mensaje separado, tanto si lo es como si no. Por otro lado, el nivel de transporte asegura que todo el mensaje llega intacto y en orden, supervisando tanto el control de errores como el control de flujo a nivel origen a destino. La Figura 3.9 muestra la relación del nivel de transporte con los niveles de red y de sesión.

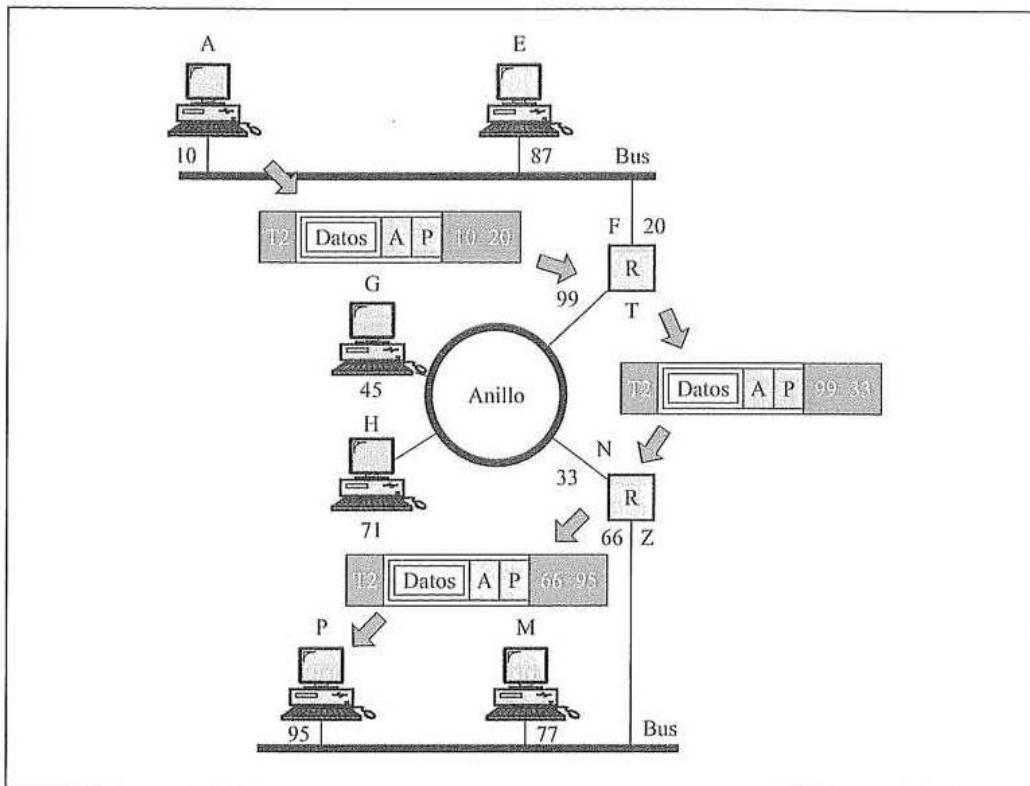


Figura 3.8. Nivel de red (Ejemplo 3.2).

Para mayor seguridad, el nivel de transporte puede crear una *conexión* entre dos puertos finales. Una conexión es un único camino lógico entre el origen y el destino asociado a todos los paquetes del mensaje. La creación de una conexión involucra tres pasos: establecimiento de la conexión, transferencia de datos y liberación de la conexión. Mediante el confinamiento de la transmisión de todos los paquetes a un único camino, el nivel de transporte tiene más control sobre la secuencia, flujo y detección y corrección de errores.

Algunas de las responsabilidades específicas del nivel de transporte son las que siguen a continuación:

- **Direccionamiento en punto de servicio.** Las computadoras suelen ejecutar a menudo varios programas al mismo tiempo. Por esta razón la entrega desde el origen al destino significa la entrega no sólo de una computadora a otra, sino también desde un proceso específico (programa en ejecución) en una computadora a un proceso específico (programa en ejecución) en el otro. La cabecera del nivel de transporte debe además incluir un tipo de dirección denominado dirección de *punto de servicio* (o *dirección de puerto*). El nivel de red envía cada paquete a la computadora adecuada; el nivel de transporte envía el mensaje entero al proceso adecuado dentro de esa computadora.
- **Segmentación y reensamblado.** Un mensaje se divide en segmentos transmisibles, cada uno de los cuales contiene un cierto número de secuencias. Estos números permiten al nivel de transporte reensamblar el mensaje correctamente a su llegada al destino e identificar y reemplazar paquetes que se han perdido en la transmisión.

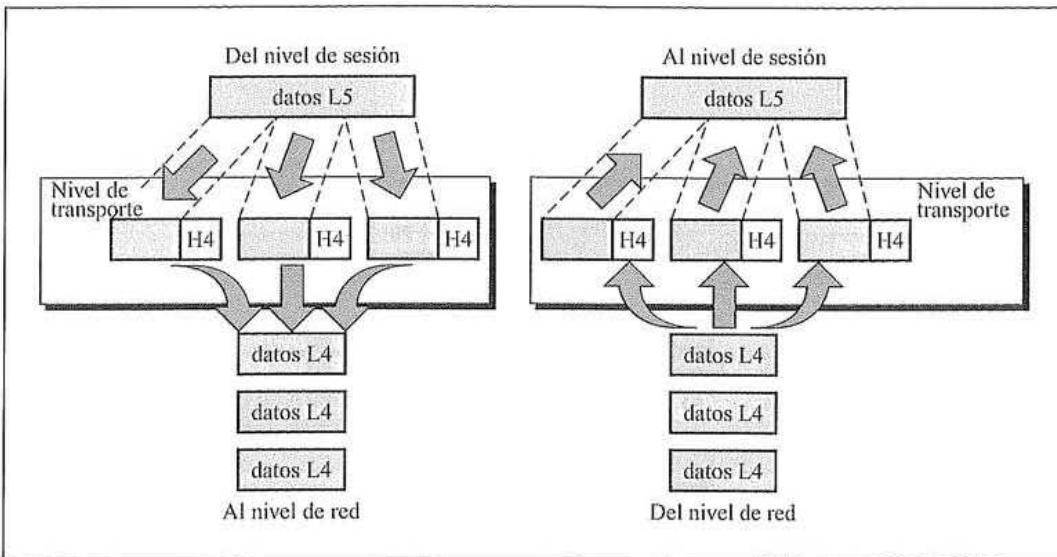


Figura 3.9. Nivel de transporte.

- **Control de conexión.** El nivel de transporte puede estar orientado a conexión o no. Un nivel de transporte no orientado a conexión trata cada segmento como un paquete independiente y lo pasa al nivel de transporte de la máquina destino. Un nivel de transporte orientado a conexión establece una conexión con el nivel de transporte del destino antes de enviar ningún paquete. La conexión se corta después de que se han transferido todos los paquetes de datos.
- **Control de flujo.** Al igual que el nivel de enlace de datos, el nivel de transporte es responsable del control de flujo. Sin embargo, el control de flujo de este nivel se lleva a cabo de extremo a extremo y no sólo en un único enlace.
- **Control de errores.** Al igual que el nivel de enlace de datos, el nivel de transporte es responsable de controlar los errores. Sin embargo, el control de errores en este nivel se lleva a cabo de extremo a extremo y no sólo en un único enlace. El nivel de transporte del emisor asegura que todo el mensaje llega al nivel de transporte del receptor sin **errores** (daños, pérdidas o duplicaciones). Habitualmente, los errores se corrigen mediante retransmisiones.

Ejemplo 3.3

La Figura 3.10 muestra un ejemplo de nivel de transporte. Los datos que llegan de los niveles superiores tienen direcciones de punto de servicio (puertos) j y k (j es la dirección de la aplicación emisora y k es la dirección de la aplicación receptora). Puesto que el paquete datos es mayor que lo que puede manejar el nivel de red, los datos se parten en dos paquetes, cada uno de los cuales sigue manteniendo las direcciones de punto de servicio (j y k). Posteriormente en el nivel de red, se añaden las direcciones de red (A y P) a cada paquete. Los paquetes pueden viajar a través de distintos caminos y llegar al destino en orden o fuera de orden. Los dos paquetes son enviados al nivel de red del destino, que es responsable de eliminar las cabeceras del nivel de red. Una vez realizado esto, ambos paquetes se pasan al nivel de transporte, donde son combinados para su entrega a los niveles superiores.

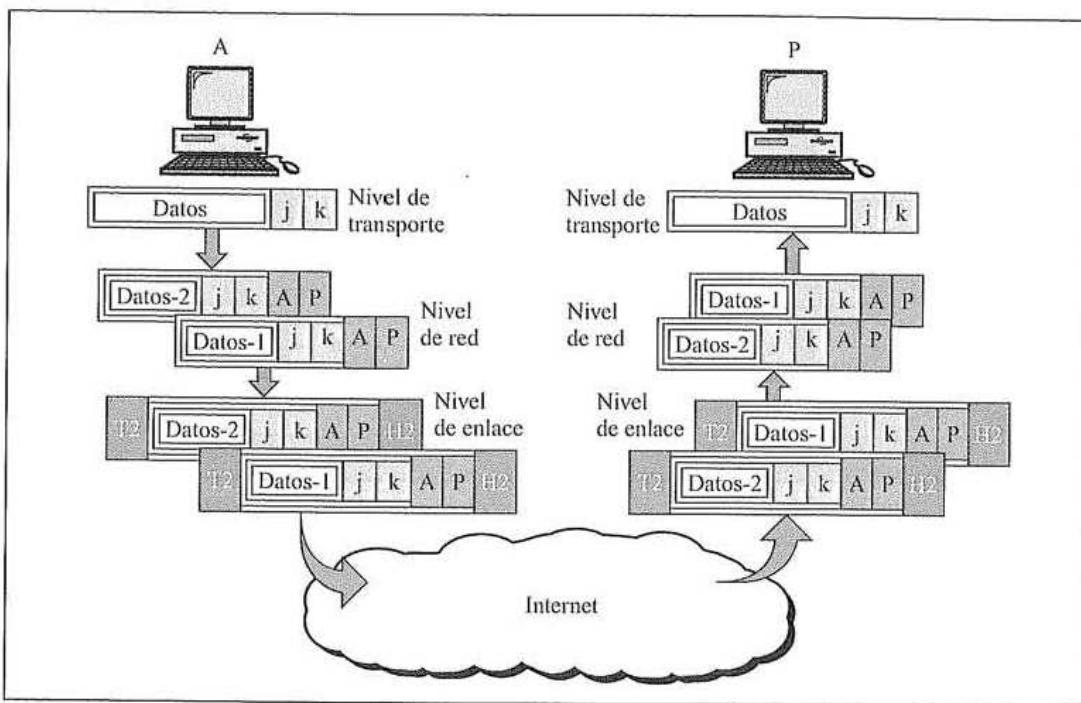


Figura 3.10. Nivel de transporte (Ejemplo 3.3).

Nivel de sesión

Los servicios provistos por los tres primeros niveles (físico, enlace de datos y redes) no son suficientes para algunos procesos. El **nivel de sesión** es el *controlador de diálogo* de la red. Establece, mantiene y sincroniza la interacción entre sistemas de comunicación.

Algunas responsabilidades específicas del nivel de sesión son las siguientes:

- **Control de diálogo.** El nivel de sesión permite que dos sistemas establezcan un diálogo. Permite que la comunicación entre dos procesos tenga lugar en modo semiduplex (un sentido cada vez) o full-dúplex (los dos sentidos al mismo tiempo). Por ejemplo, el diálogo entre un terminal conectado a una computadora puede ser semiduplex.
- **Sincronización.** El nivel de sesión permite que un proceso pueda añadir puntos de prueba (*checkpoints*) en un flujo de datos. Por ejemplo, si un sistema está enviando un archivo de 2000 páginas, es aconsejable insertar puntos de prueba cada 100 páginas para asegurar que cada unidad de 100 páginas se ha recibido y reconocido independientemente. En este caso, si hay un fallo durante la transmisión de la página 523, la retransmisión comienza en la página 501: las páginas 1 a 500 no deben ser retransmitidas. La Figura 3.11 ilustra la relación del nivel de sesión con los niveles de transporte y presentación.

Nivel de presentación

El **nivel de presentación** está relacionado con la sintaxis y la semántica de la información intercambiada entre dos sistemas. La Figura 3.12 muestra la relación entre el nivel de presentación y los niveles de aplicación y de sesión.

Las responsabilidades específicas del nivel de presentación incluyen:

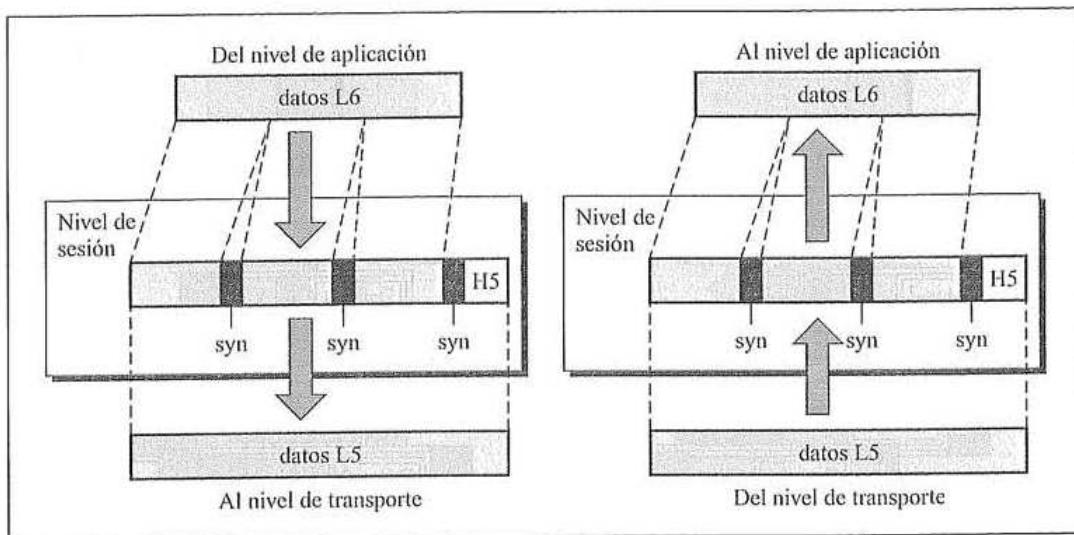


Figura 3.11. Nivel de sesión.

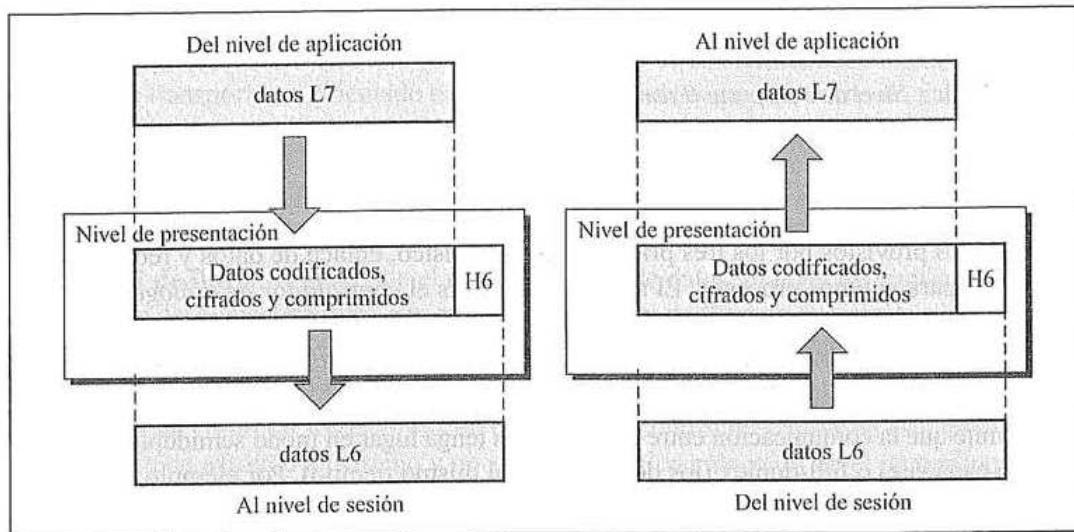


Figura 3.12. Nivel de presentación.

- **Traducción.** Los procesos (programas en ejecución) en los sistemas intercambian habitualmente la información en forma de tiras de caracteres, números, etc. Es necesario traducir la información a flujos de bits antes de transmitirla. Debido a que cada computadora usa un sistema de codificación distinto, el nivel de presentación es responsable de la interoperabilidad entre los distintos métodos de codificación. El nivel de presentación en el emisor cambia la información del formato dependiente del emisor a un formato común. El nivel de presentación en la máquina receptora cambia el formato común en el formato específico del receptor.
- **Cifrado.** Para transportar información sensible, un sistema debe ser capaz de asegurar la privacidad. El cifrado implica que el emisor transforma la información original a otro for-

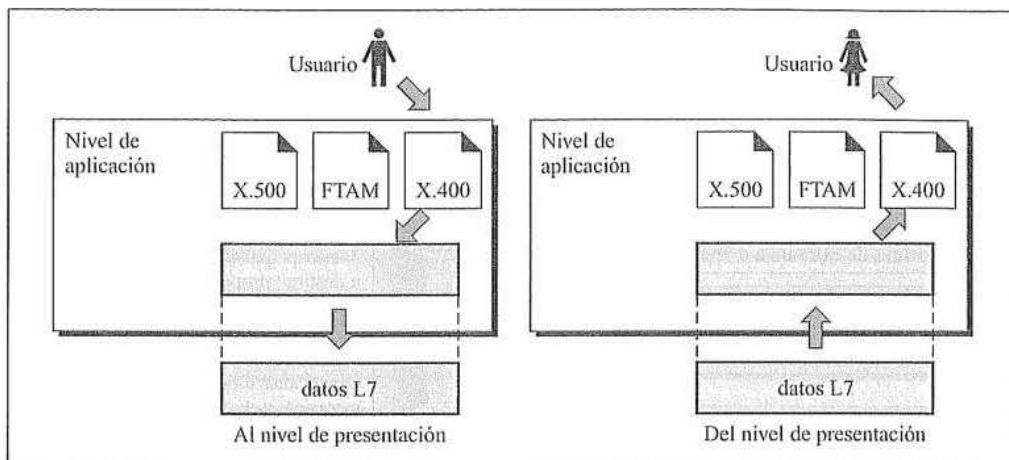


Figura 3.13. Nivel de aplicación.

mato y envía el mensaje resultante por la red. El descifrado ejecuta el proceso inverso del proceso original para convertir el mensaje a su formato original.

- **Compresión.** La compresión de datos reduce el número de bits a transmitir. La compresión de datos es particularmente importante en la transmisión de datos multimedia tales como texto, audio y vídeo.

Nivel de aplicación

El **nivel de aplicación** permite al usuario, tanto humano como *software*, acceder a la red. Proporciona las interfaces de usuario y el soporte para servicios como el correo electrónico, el acceso y la transferencia de archivos remotos, la gestión de datos compartidos y otros tipos de servicios para información distribuida.

La Figura 3.13 muestra la relación entre el nivel de aplicación y el usuario y el nivel de presentación. De las muchas aplicaciones de servicios disponibles, la figura muestra solamente tres: X.400 (servicio de gestión de mensajes); X.500 (servicio de directorios); y transferencia acceso y gestión de archivos (FTAM). El usuario del ejemplo usa X.400 para enviar un correo electrónico. Observe que en este nivel no se añaden cabeceras ni colas.

Algunos de los servicios específicos provistos por el nivel de aplicación incluyen:

- **Terminal virtual de red.** Un terminal virtual de red es una versión de un terminal físico y permite al usuario acceder a una máquina remota. Para hacerlo, la aplicación crea una emulación *software* de un terminal en la máquina remota. La computadora del usuario habla al terminal *software*, que a su vez, habla al *host* y viceversa. La máquina remota cree que se está comunicando con uno de sus propios terminales y permite el acceso.
- **Transferencia, acceso y gestión de archivos (FTAM).** Esta aplicación permite al usuario acceder a archivos en una computadora remota (para cambiar datos o leer los datos), recuperar archivos de una computadora remota y gestionar o controlar los archivos en una computadora remota.
- **Servicios de correo.** Esta aplicación proporciona las bases para el envío y almacenamiento del correo electrónico.

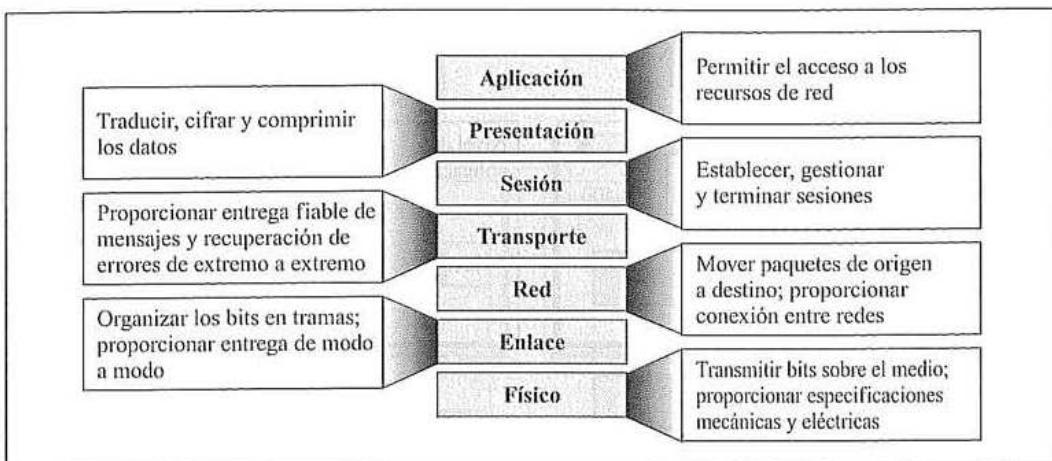


Figura 3.14. Resumen de las funciones de los niveles.

- **Servicios de directorios.** Esta aplicación proporciona acceso a bases de datos distribuidas que contienen información global sobre distintos objetos y servicios.

Resumen de las funciones de los niveles

Las funciones de los siete niveles se resumen en la Figura 3.14

3.3. FAMILIA DE PROTOCOLOS TCP/IP

La familia de protocolos TCP/IP, usada en Internet, se desarrolló antes que el modelo OSI. Por tanto, los niveles del **Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Red (TCP/IP)** no coinciden exactamente con los del modelo OSI. La familia de protocolos TCP/IP está compuesta por cinco niveles: físico, enlace de datos, red, transporte y aplicación. Los primeros cuatro niveles proporcionan estándares físicos, interfaces de red, conexión entre redes y funciones de transporte que se corresponden con los cuatro primeros niveles del modelo OSI. Sin embargo, los tres modelos superiores del modelo OSI están representados en TCP/IP mediante un único nivel denominado *nivel de aplicación* (véase la Figura 3.15).

TCP/IP es un protocolo jerárquico compuesto por módulos interactivos, cada uno de los cuales proporciona una funcionalidad específica, pero que no son necesariamente interdependientes. Mientras el modelo OSI especifica qué funciones pertenecen a cada uno de sus niveles, los niveles de la familia de protocolos TCP/IP contienen protocolos relativamente independientes que se pueden mezclar y hacer coincidir dependiendo de las necesidades del sistema. El término *jerárquico* significa que cada protocolo de nivel superior está soportado por uno o más protocolos de nivel inferior.

TCP/IP define dos protocolos en el nivel de transporte: Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Datagramas de Usuario (UDP). En el nivel de red, el principal protocolo definido por TCP/IP es el Protocolo entre Redes (IP), aunque hay algunos otros protocolos que proporcionan movimiento de datos en este nivel. Vea los Capítulos 24 y 25 para una presentación más completa de los protocolos TCP/IP.

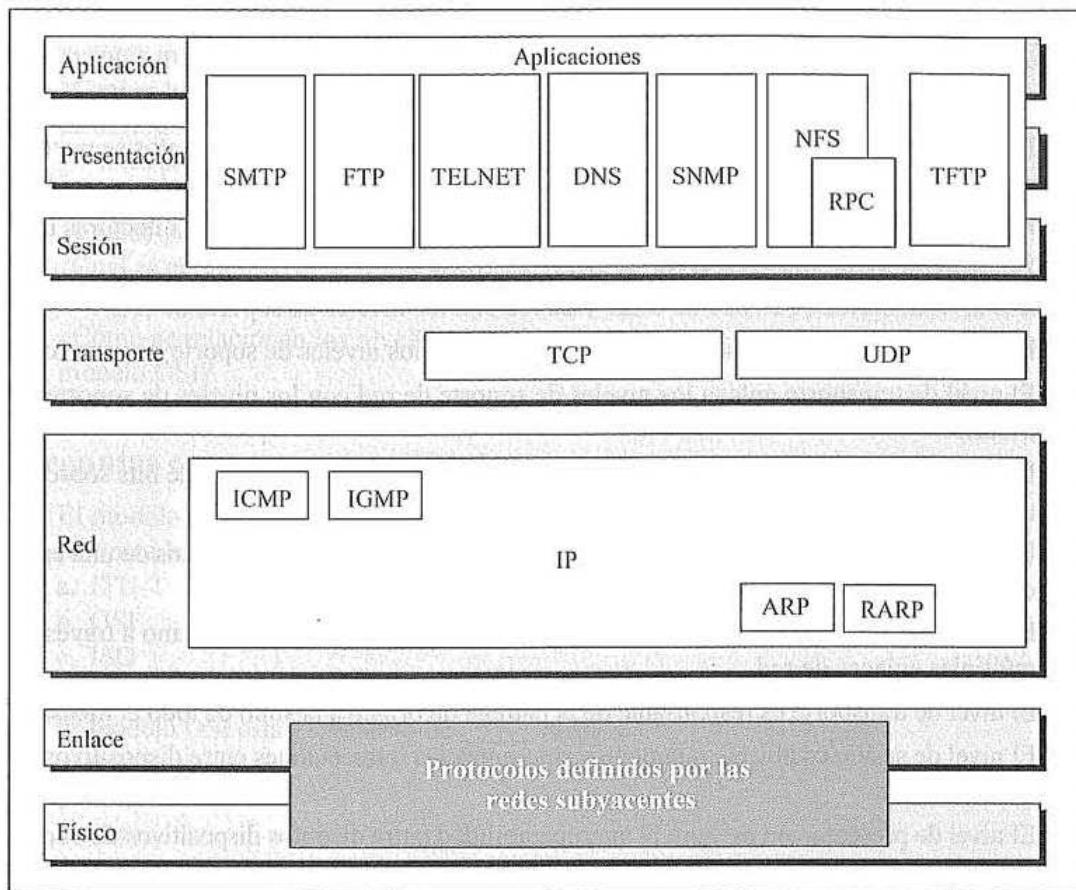


Figura 3.15. *TCP/IP y el modelo OSI.*

3.4. TÉRMINOS Y CONCEPTOS CLAVE

bit	nivel de aplicación
cabecera	nivel de enlace de datos
cola	nivel de presentación
dirección de puerto	nivel de red
dirección destino	nivel de sesión
dirección física	nivel de transporte
dirección lógica	nivel físico
dirección origen	proceso paritario o igual a igual
entrega desde origen al destino	Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo entre Redes (TCP/IP)
entrega nodo a nodo	sistema abierto
error	tasa de transmisión
Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI)	trama
interfaz	

3.5. RESUMEN

- La Organización Internacional de Estandarización (ISO) creó un modelo denominado Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), que permite que sistemas distintos se puedan comunicar.
 - El modelo OSI de siete niveles proporciona guías para el desarrollo de arquitecturas universalmente compatibles, a nivel *hardware* y *software*.
 - Los niveles físico, de enlace de datos y de red son los niveles de soporte de red.
 - Los niveles de sesión, presentación y aplicación son los niveles de soporte de usuario.
 - El nivel de transporte enlaza los niveles de soporte de red con los niveles de soporte de usuario.
 - El nivel físico coordina las funciones necesarias para transmitir un flujo de bits sobre un medio físico.
 - El nivel de enlace de datos es responsable de la entrega de unidades de datos de una estación a la siguiente sin errores.
 - El nivel de red es responsable de la entrega de paquetes del origen al destino a través de múltiples enlaces de red.
 - El nivel de transporte es responsable de la entrega de origen a destino de todo el mensaje.
 - El nivel de sesión establece, mantiene y sincroniza las interacciones entre dispositivos de comunicación.
 - El nivel de presentación asegura la interoperabilidad entre distintos dispositivos de comunicación mediante la transformación de datos a un formato común.
 - El nivel de aplicación permite que los usuarios accedan a la red.
 - TCP/IP, una familia de protocolos de cinco niveles desarrollado antes que el modelo OSI, es la familia de protocolos usada en Internet.
-