
Las capas inferiores del modelo OSI

PID_00218443

Ramon Musach Pi

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño general y la cubierta, puede ser copiada, reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea éste eléctrico, químico, mecánico, óptico, grabación, fotocopia, o cualquier otro, sin la previa autorización escrita de los titulares del copyright.

Índice

Introducción.....	5
1. Clasificación de las redes de ordenadores.....	7
1.1. Topologías de redes	7
1.2. Alcance	9
1.3. Tecnologías de red	9
2. El nivel físico.....	12
2.1. Medios físicos de transmisión	12
2.1.1. El cableado de cobre	14
2.1.2. La fibra óptica	16
2.1.3. El aire o el vacío	17
3. El nivel de enlace y el control de acceso al medio.....	19
3.1. Las subcapas de la capa de enlace	20
3.2. ¿Dónde se encuentran implementadas las funcionalidades de la capa de enlace?	21
3.3. CSMA y CSMA/CD: protocolos de acceso al medio	23
4. Dispositivos que actúan en los niveles inferiores de la red.....	25
5. Tecnologías de acceso.....	28
5.1. RTB. Red de telefonía básica	28
5.2. RDSI	29
5.3. ADSL	29
5.4. Redes de fibra óptica	30
5.5. Inalámbricas (<i>wireless</i>)	30
5.5.1. Bluetooth, NFC, RFID	32
5.5.2. Wi-Fi	33
5.5.3. WiMAX	34
5.6. PLC	35

Introducción

Con este módulo empezaremos a entrar con detalle en el funcionamiento de los diferentes niveles o capas de la red para poder disponer de una buena visión del **funcionamiento interno de una red de computadores**, bien sea de área local o de área más extensa, como internet. Esta profundización la haremos durante cuatro módulos, incluyendo este. En concreto nos adentraremos en los servicios y protocolos de cada una de las capas.

Empezaremos con los niveles más cercanos al hardware hasta llegar a los más cercanos a las aplicaciones. En concreto, en este módulo trataremos los niveles más bajos de la torre OSI, 1) el **nivel físico** y 2) el **nivel de enlace y el control de acceso al medio**.

1. Clasificación de las redes de ordenadores

Antes de adentrarnos en los niveles de una red de computadores, hay que presentar las diferentes clasificaciones que existen dependiendo de la topología, el alcance y la tecnología de red, entre otros. Clasificaciones todas ellas muy relacionadas con los niveles que trataremos en este módulo.

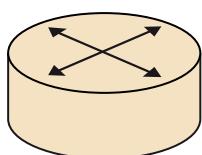
1.1. Topologías de redes

La topología de una red define de qué forma se conectan las estaciones (o entidades o también nodos) que la forman al medio de transmisión.

En las redes actuales tenemos **tres tipos de entidades**:

- Los equipos finales, también llamados **anfitriones** (en inglés, *hosts*).
- Los equipos intermedios, también llamados **comutadores** o **encaminadores** (en inglés, *routers*).
- Los **enlaces** que unen entre sí los equipos finales y los intermedios.

Figura 1



Símbolo de un router.

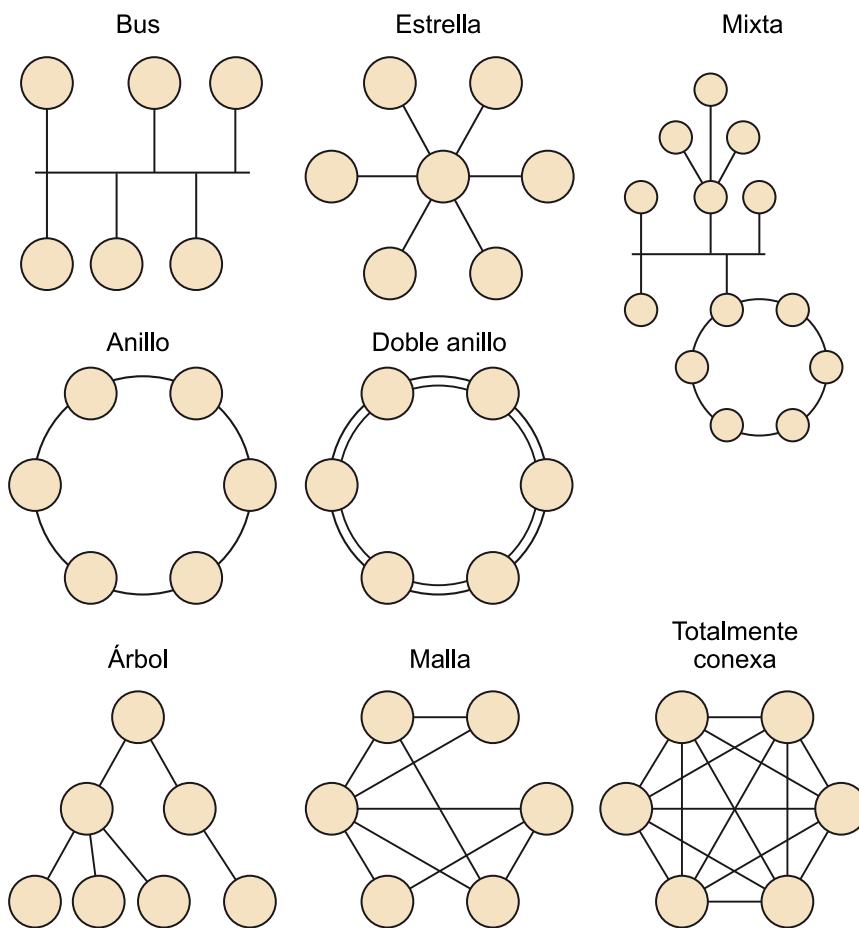
Cuando el medio de transmisión está cableado y, por lo tanto, los enlaces son cables, podemos hablar de topologías. Las topologías más conocidas son las siguientes:

- **Topología en estrella.** Hay un nodo central que actúa como nodo intermedio de la red, al cual se conectan el resto de las estaciones. Este nodo central es el que gestiona el envío y la recepción de los datos. Es un tipo de topología muy poco empleado.
- **Topología en bus.** Consiste en un cable al cual están conectadas todas las estaciones de la red. Todos los ordenadores están pendientes de si hay actividad o no en el cable. Cuando una estación emite una trama (o paquete), el resto de las estaciones la recogen, miran si son el destinatario, y si lo son, se la quedan. En caso contrario, no le hacen caso y la eliminan.

- **Topología en anillo.** Consiste en conectar cada una de las estaciones con la anterior y la siguiente, de manera que el enlace llega a formar un bucle.
- **Topología en árbol.** Se puede considerar como una topología mixta entre las topologías en bus y en estrella. Varios nodos se conectan entre ellos y a la vez tienen conectados equipos finales. Es una de las topologías más empleadas actualmente.
- **Topología mallada.** Cada equipo está conectado directamente con cada uno de los otros, a pesar de que también en el caso de redes malladas no totales, no se forma una malla del todo completa. A menudo es la topología empleada por grandes redes como internet, donde se conectan equipos intermedios (routers) y no equipos finales.

En esta figura se presenta el esquema de diferentes topologías de red:

Figura 2



1.2. Alcance

Una de las clasificaciones más clásicas de las redes de comunicaciones es por su alcance, es decir, por la distancia a la que pueden llegar a transmitir los datos. Básicamente hay dos categorías, las **redes de gran alcance (WAN)** y las **redes de alcance local (LAN)**; aun así en una clasificación más detallada tenemos:

- **Redes de área personal o PAN** (*personal area network*), que cubren distancias inferiores a 10 m. A menudo se utilizan para interconectar diferentes dispositivos de un usuario.
- **Redes de área local o LAN** (*local area network*), que cubren distancias de centenares de metros. Pensadas para dar cobertura a un entorno de red local entre ordenadores y dispositivos de un mismo edificio o de edificios próximos. Normalizadas por los estándares del IEEE 802.x.
- **Redes de área metropolitana o MAN** (*metropolitan area network*), que cubren el área de una ciudad o área metropolitana.
Normalmente estos tres tipos de redes mencionados se incluyen dentro de las redes de tipo LAN.
- **Redes de área extensa o WAN** (*wide area network*), que se utilizan en espacios geográficos extensos. A menudo se utilizan para interconectar redes LAN, facilitando la conexión de usuarios de diferentes localizaciones. Estas se basan en las tecnologías celulares, apareciendo como evolución de las redes de comunicaciones de voz clásicas. Redes de este tipo son: RTC (red telefónica conmutada), RDSI (red digital de servicios integrados), etc.

IEEE

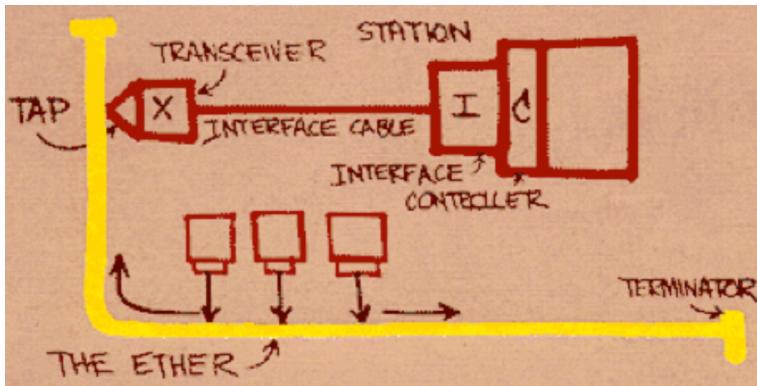
El acrónimo **IEEE** (*Institute of Electrical and Electronic Engineering*) corresponde al **Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos**, una asociación técnica de tipo profesional a escala mundial que se encarga de elaborar estándares.

1.3. Tecnologías de red

A pesar de que las tecnologías existentes son muy amplias, podemos llegar a realizar esta clasificación: 1) tecnologías de red cableada y 2) tecnologías de red inalámbricas.

1) Tecnologías de red cableada. Las tecnologías asociadas a redes cableadas primordialmente son **Ethernet**, que está definido con el estándar **IEEE 802.3**. En sus inicios empezó como tecnología a 10 Mbps con topología en bus y medio compartido, y evolucionó a una topología en estrella a 1 Gbps (**Gigabit Ethernet**), pasando por el llamado **Fast Ethernet**. Actualmente es muy utilizada a 100 Mbps.

Figura 3



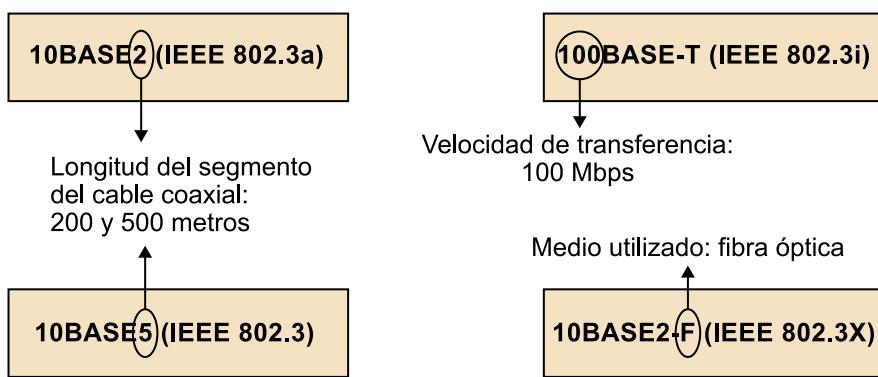
Esquema dibujado por Bob Metcalfe, coinventor de este protocolo.

En el cableado Ethernet disponemos de una nomenclatura propia. Por ejemplo, el cableado original 10BASE-T significa:

- 10: indica la velocidad de transferencia, en este caso, 10 Mbps (10 megabits por segundo).
- BASE: esta palabra se refiere a la modulación de la señal utilizada (banda base).
- T: indica el tipo de medio utilizado, donde *T* quiere decir cable de par trenzado sin pantalla protectora. Y, por lo tanto, lleva implícita la longitud máxima, que son 100 m.

Inicialmente también limitada a LAN, su gran adopción la ha hecho evolucionar a enlaces WAN construidos con esta tecnología.

Figura 4



Diferentes tipologías de Ethernet.

Tecnologías asociadas con topologías basadas en anillo, como **Token Ring** (IEEE 802.5) y **FDDI** (definido con el estándar ANSI X3T12), han ido dejando de emplearse en comparación con Ethernet por su elevado coste y bajo rendimiento. Por el contrario, en topologías con anillo se está utilizando bastante

la **Resilient Packet** (IEEE 802.17). Con esta tecnología se permite transportar otras tecnologías, como tráfico Ethernet y servicios IP, mediante anillos con fibra óptica.

2) **Tecnologías de red inalámbricas.** Han tenido una fuerte expansión en los últimos años. Hay dos tipos de red: las redes de telefonía móvil y las redes inalámbricas, a menudo de alcance más corto. En cuanto a las redes de telefonía móvil, destacaremos las siguientes tecnologías: **GSM**, **GPRS**, **UMTS** y **4G**; y en cuanto a redes inalámbricas, destacamos Wireless LAN (**Wi-Fi**, IEEE 802.11), como tecnología más empleada en redes inalámbricas, **Bluetooth**, para transferencias de datos cortos, y **WiMAX** (IEEE 802.16), como tecnología con un alcance entre corto y largo.

2. El nivel físico

La capa física es la que se encarga de transmitir bits por el canal de comunicación. Los aspectos mecánicos y eléctricos, asociados directamente al medio de transmisión, son los que se contemplan en este nivel. Por lo tanto, un estudio detallado de este nivel correspondería al dominio de la ingeniería electrónica.

La información binaria, 0 y 1, con la que trabajan los ordenadores, como sistemas digitales que son, es transportada por un medio. Hacen falta mecanismos para trasladar los bits desde un ordenador a otro. Estos mecanismos o sistemas físicos son las señales eléctricas, electromagnéticas y la luz.

La transmisión de datos es el proceso de transporte de los datos codificados de un punto a otro.

Por un lado, es necesario disponer de unos dispositivos que generen y reciban estas señales eléctricas partiendo de los bits que se quieren transmitir. La mayoría de los dispositivos de red pueden actuar a la vez como transmisores y como receptores.

Por otro lado, hace falta un soporte para transportar las señales eléctricas y las ondas: son los llamados medios de transmisión. Medios de transmisión son el cable de cobre, la fibra óptica o el aire.

Hay diferentes **tipos de señales** que representan información: las señales digitales y las señales analógicas. Mientras que en una señal digital sus valores se representan con valores discretos (como 0 y 1), una señal analógica es una señal continua en tiempo y amplitud (p. ej., 2.35, 7.58), donde las variaciones de sus valores son las variaciones de la información de la señal. A menudo una señal analógica se transmite en forma de modulación.

2.1. Medios físicos de transmisión

La señal que transporta los datos entre un emisor y un receptor siempre se propaga a través de un medio de transmisión. Cuando hablamos de redes, y más en concreto de medios de transmisión, nos tenemos que referir antes al concepto de **ancho de banda** (en inglés, **bandwidth**).

La modulación

La modulación es el proceso mediante el cual es modificada alguna de las características de una onda (de naturaleza eléctrica, luminosa o electromagnética), llamada portadora, según las características de otra onda, llamada moduladora, que contiene la información que quiere transmitir el emisor al receptor. La onda que se envía al receptor desde el emisor es la portadora.

El ancho de banda da la cantidad de información que se transmite desde un emisor hasta un receptor en un periodo determinado de tiempo. La unidad de ancho de banda es el **bit por segundo (bps)**.

En esta tabla encontramos diferentes unidades de ancho de banda:

Unidad de ancho de banda	Unidad de medida	Equivalencia
Bit por segundo	bps	1 bps = unidad de ancho de banda
Kilobit por segundo	kbps	1 kbps = 1.000 bps
Megabit por segundo	Mbps	1 Mbps = 1.000.000 bps
Gigabit por segundo	Gbps	1 Gbps = 1.000.000.000 bps

Cuando se diseña una red hay que tener muy en cuenta el ancho de banda de cada medio físico, puesto que el rendimiento de la red depende muy directamente del medio utilizado. Los principales tipos de medios físicos son:

- **El cableado de cobre:** pares de hilos trenzados y cable coaxial.
- **El cableado de fibra óptica.**
- **El aire o el vacío,** empleados en transmisiones sin cable.

Estos medios a la vez se pueden clasificar como guiados y no guiados.

En los **medios guiados**, como los pares de hilos o la fibra óptica, las señales que transportan la información circulan confinadas dentro del medio, y en los **no guiados**, como ondas electromagnéticas de radio por el aire o por el vacío (por ejemplo, redes inalámbricas), las señales se propagan sin estar limitadas.

En esta imagen podemos ver los medios guiados representados por líneas y los medios no guiados con los círculos punteados:

Figura 5



Fuente: <https://gobiernoti.wordpress.com/>

Hay que decir que no existe ningún medio que pueda llegar a ser considerado como medio ideal. Diferentes fenómenos influyen y pueden afectar a la señal enviada por el medio de transmisión. Eso sí, dependiendo de las características del medio, la transmisión entre dos dispositivos puede ser simultánea o no. En este sentido, atendiendo a la bidireccionalidad y simultaneidad de la transmisión, podemos clasificar los sistemas en:

- **Símplex:** cuando las señales (datos) solo se pueden transmitir en un solo sentido (**unidireccional**). Esto sucede con la fibra óptica.
- **Dúplex:** cuando las señales (datos) pueden ser transmitidas en los dos sentidos simultáneamente. Por ejemplo, en una conversación telefónica las dos personas pueden hablar y escuchar a la vez.
- **Semidúplex (o half-duplex):** cuando las señales pueden ser transmitidas en los dos sentidos, pero no simultáneamente. Por ejemplo, cuando se usa un walkie-talkie si una de las personas habla, la otra solo puede escuchar y se tiene que esperar a que la otra finalice para poder hablar.

2.1.1. El cableado de cobre

Este es el medio más empleado para unir dispositivos en redes locales. Hay de dos tipos: 1) el cable de pares trenzados y 2) el cable coaxial.

El medio de transmisión más antiguo, y actualmente todavía utilizado, es el **par trenzado**. Está formado por un par de hilos de cobre, o de acero cubierto de cobre, generalmente de un milímetro de grosor, que están entrelazados en forma helicoidal (trenza), con el fin de reducir las interferencias eléctricas de otros cables cercanos.

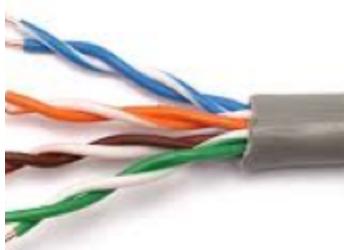
Este cable puede ser utilizado tanto en las transmisiones digitales como en las analógicas.

Es uno de los sistemas empleados en sistemas de telefonía y en redes locales.

Existen diferentes tipos de pares trenzados, como:

a) Par trenzado no blindado (UTP, unshielded twisted pair): Formado por cuatro pares trenzados más dentro de una protección de plástico. Inicialmente se denominaba de categoría 3, pero con un entrelazado más denso, para dar más calidad en largas distancias, se habla de categoría 5.

Figura 6



Par trenzado no blindado (UTP).

b) Par trenzado blindado (STP, shielded twisted pair), donde cada par de hilos tiene una protección individual.

Figura 7



Par trenzado blindado (STP).

Tanto en UTP como en STP, los conectores que se utilizan son los llamados **RJ-45**.

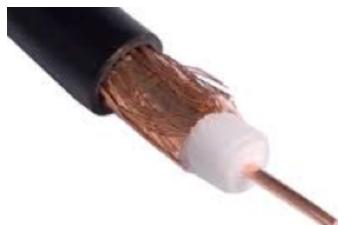
Figura 8



Conectores RJ-45.

En cuanto al **cable coaxial**, este tiene un recubrimiento superior al de los pares trenzados. Consiste en un hilo de cobre rodeado por un material aislante.

Figura 9



Cable coaxial.

El conector que se utiliza para cable coaxial se denomina BNC.

Figura 10



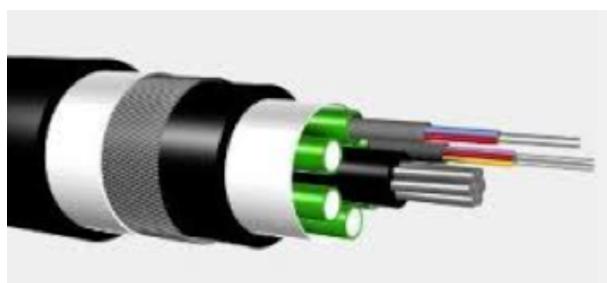
Conector BNC.

Se ha utilizado básicamente para la interconexión de equipos en las centrales telefónicas, en algunas redes locales, en televisión por cable, etc. En este caso, el conector es el de tipo coaxial (con forma redonda, como el de la imagen), pero también puede tener uno de los extremos con forma de RJ-45.

2.1.2. La fibra óptica

El cable de fibra óptica está formado por fibras de vidrio (o plástico). Cada uno de los filamentos tiene un núcleo central de fibra de vidrio con un alto índice de refracción rodeado de una capa de material similar, pero con un índice de refracción menor. Todo el conjunto está protegido por otras capas aislantes y absorbentes de la luz.

Figura 11



Esquema interno de un cable de fibra óptica.

Los conectores utilizados por los cables de fibra óptica son los **568SC** simplex/dúplex, recogidos en el estándar ANSI/EIA/TIA-568.

Figura 12



Conecotores utilizados en cables de fibra óptica.

Siglas

Las siglas ANSI, EIA y TIA corresponden a las siguientes organizaciones relacionadas con la elaboración de estándares en electrónica y telecomunicaciones:

- 1) ANSI: *American National Standards Institute*.
- 2) TIA: *Telecommunications Industry Association*.
- 3) EIA: *Electronic Industries Alliance*.

2.1.3. El aire o el vacío

Las ondas electromagnéticas se transmiten por el aire o el vacío, en todas direcciones del espacio, mediante el fenómeno de la radiación. Parten de una antena emisora, que es el dispositivo encargado de transformar una señal que circula por un medio guiado en ondas radiadas, y van hasta una antena receptora, que se encarga de captar estas ondas provenientes de un medio no guiado y las transforma en una señal que puede ser reconducida sobre otro medio guiado o no guiado.

El alcance puede llegar a ser muy grande, como por ejemplo en el caso de las comunicaciones por satélite.

Las ondas de radio, microondas, infrarrojos y ondas de luz son diferentes tipos de ondas electromagnéticas que utilizan el espacio como medio de propagación.

- **Ondas de radio.** Son ondas electromagnéticas multidireccionales y que, por lo tanto, se propagan en todas las direcciones. La longitud de onda de estas señales es superior a 30 cm. Son las que utilizan las redes WiFi, Home RF o Bluetooth. Pueden recorrer grandes distancias y pueden atravesar paredes y edificios.
- **Microondas.** Estas ondas electromagnéticas tienen una longitud de onda que varía entre 30 cm y 1 mm. Van en línea recta, por lo tanto, emisor y receptor tienen que estar muy alineados. Además, tienen dificultades para atravesar edificios. En este caso, las antenas que se tengan que comunicar deben ser visibles entre ellas (por lo tanto, a una distancia máxima de unos 80 km).
- **Infrarrojos.** Son ondas electromagnéticas con una longitud de onda de entre 1 mm y 750 nanómetros, empleadas para transmisiones a corta distancia.

- **Ondas de luz.** Son ondas unidireccionales. Con ellas se puede comunicar un emisor láser con un receptor que disponga de un fotodetector.

3. El nivel de enlace y el control de acceso al medio

La capa física por sí misma no es capaz de aportar todos los elementos necesarios para una transmisión de información (de bits) del todo efectiva. Así pues, por encima de esta capa tenemos una capa adicional (i. e., la de enlace) que se encarga de suministrar a la capa superior (i. e., la de red) un transporte de información fiable entre los diferentes enlaces del recorrido de la información.

La principal función de la capa de enlace es la de conseguir que la comunicación de datos en un enlace se haga correctamente a través de un medio físico de transmisión, controlando que el flujo de la comunicación entre los equipos también sea correcto.

El nivel de enlace también se encarga de detectar los errores y, en caso de detectar alguno, corregirlos o solicitar la retransmisión de las tramas erróneas que se hayan recibido.

Los enlaces se clasifican en:

1) Enlaces punto a punto (de 1 a 1): cuando los dos nodos, el emisor y el receptor utilizan en exclusiva el canal sin compartirlo.

Por ejemplo, bucles de abonados locales con cable de dos hilos telefónico para acceso a internet, las redes de área local Fast Ethernet, redes de área local Gigabit Ethernet, PPP, HDLC, X.25 en el ámbito de red, TCP en el ámbito de transporte...

2) Enlaces de difusión o canales de multidifusión (de 1 a N): cuando toda una serie de nodos están conectados en el mismo canal de comunicación.

Por ejemplo: las redes de área local Ethernet (semidúplex), las redes locales con Wi-Fi, enlaces con satélites, redes de acceso híbrido fibra-cable (HFC), redes de área local Token Ring, redes de área local FDDI...

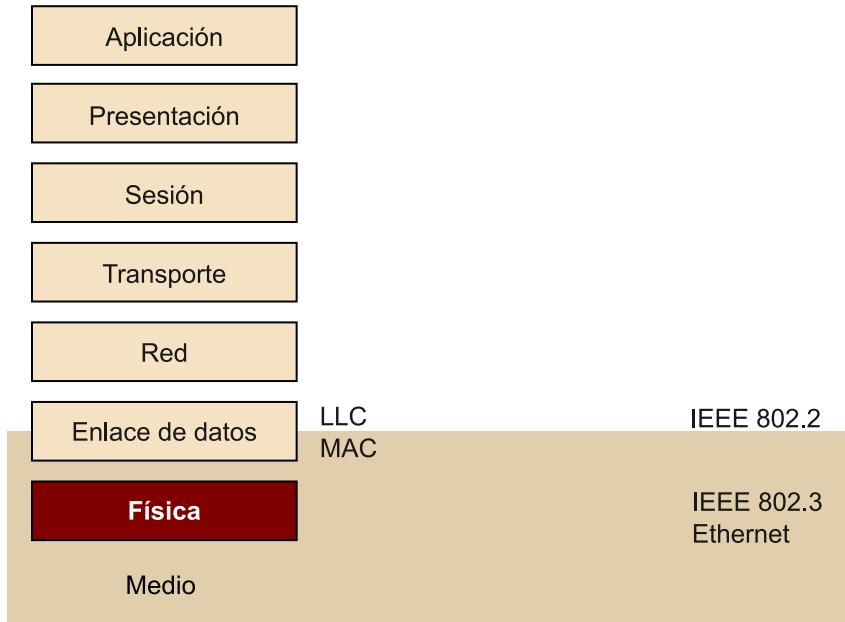
El IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineering*) divide el nivel de enlace del modelo de referencia OSI en dos subcapas: **LLC** (control de enlace lógico, *logical link control*) y **MAC** (control de acceso al medio, *medium access control*), y así se recoge en la norma IEEE 802.3.

Protocolos asociados a la subcapa LLC son IEEE 802.2 y PPP, y en cuanto a la subcapa MAC, tenemos protocolos CSMA/CD, Token Ring, etc.

Enlace

Un **enlace** es el canal que conecta dos nodos adyacentes en el recorrido de la comunicación. Por su parte, las **tramas** son las unidades de datos intercambiados por un protocolo de la capa de enlace.

Figura 13



Detalle de las capas en las que actúan los protocolos IEEE 802.2 y 802.3.

3.1. Las subcapas de la capa de enlace

Como hemos dicho anteriormente, la capa de enlace se divide en dos subcapas: LLC y MAC, las cuales proporcionan diferentes servicios.

- **LLC (control de enlace lógico)**: encargada de hacer la comprobación de errores, la gestión del flujo de datos entre equipos con velocidades diferentes y la encapsulación de la información, entre otros.
- **MAC (control de acceso al medio)**: que se encarga de especificar las reglas con las que se transmite una trama sobre el enlace. Es decir, define el modo como se transmiten las tramas por el hilo físico, gestionando el direccionamiento físico asociado a cada uno de los dispositivos, la distribución de las tramas y la gestión concurrente al medio compartido.

Los servicios mencionados los podemos desglosar en:

- **Gestión de las tramas.** Organiza y gestiona la composición de las tramas, su sincronización, su numeración, su direccionamiento...
- **Gestión del enlace.** Es necesario que todo el proceso de transmisión esté muy gestionado, desde el inicio, mantenimiento y finalización de la transmisión.
- **Control del flujo.** El terminal emisor y el receptor se tienen que poner de acuerdo con la velocidad con la que han de llegar las tramas. Por ejemplo, si las tramas van llegando de manera más rápida que la que el receptor

puede llegar a procesar o almacenar, se tendría que poder reducir la velocidad de envío. Por lo tanto, con el control de flujo se regula la velocidad de transmisión de las tramas.

- **Control de errores.** Como hemos comentado, es una de las funciones básicas de la capa de enlace. Por eso las tramas, además de la información que se quiere enviar, contienen unos bits adicionales que sirven para poder detectar y gestionar posteriormente los errores. En este control de errores tenemos tres tipos de técnicas: 1) detección de errores con el uso de los llamados códigos detectores de errores; 2) corrección de errores, y 3) las relacionadas con la retransmisión fiable de tramas erróneas.
- **Control de acceso al medio.** Esta función de la capa de enlace es especialmente relevante en el caso de que un número determinado de nodos accedan todos ellos a un mismo medio físico, sobre todo, si el acceso al medio se hace de forma simultánea. Se coordina la retransmisión de las tramas con el objetivo de evitar las colisiones, gestionando en qué momento cada equipo puede acceder al medio.

3.2. ¿Dónde se encuentran implementadas las funcionalidades de la capa de enlace?

Si la capa física se encontraba en el medio (i. e., los cables o el aire), las funcionalidades de la capa de enlace se encuentran mayoritariamente implementadas en un adaptador que se denomina **tarjeta de interfaz de red** o **network interface card** (NIC). Más en concreto, el acceso al medio (MAC) se gestiona desde el microsoftware (*firmware*) de esta tarjeta adaptadora, y el enlace lógico (LLC) mediante software en el controlador del dispositivo.

Los **adaptadores de red** o **tarjetas de red** (o NIC, *network interface card*) corresponden a la interfaz física o de conexión entre el ordenador y el cable de red. A menudo van integradas en la placa base del ordenador, pero también se pueden integrar en una de las ranuras de expansión de esta placa. Permite la conexión física con diferentes dispositivos, y por lo tanto con el resto de los equipos de la red, o entre dos equipos.

Figura 14



Tarjeta de interfaz de red o *network interface card* (NIC).

El adaptador empleado dependerá del tipo de cableado o arquitectura que utilice la red (coaxial, Token Ring, etc.), pero el más común es Ethernet, que utiliza una interfaz o conector RJ-45.

Figura 15



Conector RJ-45.

También existen **tarjetas de red inalámbricas**, incorporadas en el ordenador o externas:

Figura 16



Figura 17



Los **adaptadores o tarjetas de red inalámbricas** son las tarjetas o dispositivos que se conectan a los ordenadores o que ya traen integrados, para que puedan funcionar dentro de una red inalámbrica. También reciben el nombre de tarjetas de red o interfaces de red, o NIC (*network interface cards*).

Actualmente ya es normal que la mayoría de los ordenadores u otros dispositivos, como *smartphones* o tabletas, cámaras fotográficas, etc., incorporen un adaptador de red Wi-Fi.

Dirección MAC

Cada tarjeta de red tiene un número de identificación único de 48 bits en hexadecimal, denominado dirección MAC. Estas direcciones de hardware son únicas y las administra el IEEE.

Los adaptadores de red, al igual que sucede con el resto de los periféricos, necesitan que previamente el equipo tenga instalado un software específico, denominado **controlador** (*driver* en inglés). La mayoría de los sistemas operativos ya detectan automáticamente el adaptador que se debe conectar e instalan de manera automática el controlador necesario. Si no es así, siempre se puede emplear el CD del fabricante o acceder a su página web para descargarlo e instalarlo en el sistema operativo que corresponda. Considerando que la tecnología Wi-Fi se está renovando continuamente y que los fabricantes están sacando al mercado nuevas versiones de **firmware** de sus equipos, controladores y aplicaciones, se recomienda echar un vistazo a la página web del fabricante por si hay una nueva versión de controlador.

3.3. CSMA y CSMA/CD: protocolos de acceso al medio

Existen diferentes políticas o protocolos para acceder al medio de transmisión de manera eficiente (que aproveche al máximo la capacidad de transmisión del medio), justa (que no penalice ni favorezca ningún nodo de la red) y fiable (que cumpla su función).

Para ser una de las más habituales, dado que se encuentra implementada en el protocolo Ethernet con topología en bus, entraremos en detalle en el protocolo MAC denominado **CSMA** (*carrier sense multiple access*, acceso múltiple por detección de portadora).

El funcionamiento de este protocolo es el siguiente: cuando un ordenador quiere transmitir una trama, la transmitirá siempre que detecte que no hay actividad en el medio, por ello la estación está constantemente escuchando al medio y sabe cuándo no hay actividad. Si no hay actividad, transmite la trama; y en el caso de que detecte actividad, y por lo tanto el medio esté ocupado, tendrá que esperar a transmitirla cuando esté libre.

Todos los ordenadores están constantemente escuchando la actividad en el medio. Por lo tanto, cuando nos llega una trama analizan la cabecera. Si es para ellos, o bien se trata de una trama de *broadcast* (multidifusión, o sea, para todos), se la quedan; si no, la descartan.

Observemos que se pueden producir **colisiones**, es decir, que dos ordenadores quieran transmitir una trama al mismo tiempo. Los dos verán el medio libre y cada uno de ellos hará la transmisión de su trama. En este caso se producirá una colisión y las tramas se perderán, dado que las señales presentes en el medio se mezclarán y darán de forma errónea la información que hay en el medio.

Para solucionar este problema, una posibilidad es que cuando un ordenador reciba una trama enviará una de reconocimiento, indicando que se ha recibido correctamente. Así, el emisor después de esperar un tiempo prudencial podrá saber si la trama enviada se ha recibido correctamente en el destino. Y en el caso de que no llegue, significará que se ha producido una colisión y que el emisor debe volver a transmitir la trama. Aun así, este mecanismo tiene el inconveniente de que aumenta el tráfico en el medio y, por tanto, la posibilidad de colisiones. Este control de errores lo efectuaría la subcapa LLC (*logical link control*, control de enlace lógico), que como hemos visto pertenece a la capa enlace, detectando el error y pidiendo la retransmisión de las tramas.

Una buena alternativa para solucionar este problema de las colisiones de manera más eficiente es el protocolo **CSMA/CD**, donde CD indica *collision detection* (detección de colisiones). En este caso, al protocolo CSMA se le añade un procedimiento en el cual un ordenador, cuando ha empezado a enviar una trama, sigue observando el medio y si detecta una colisión, para su transmisión. Además, emite una señal interferente para que el resto de los ordenadores tengan constancia de que se ha producido una colisión. A continuación, esperará un tiempo aleatorio y volverá a transmitir la trama. Con esta espera de un tiempo aleatorio, la probabilidad de que se produzca una nueva colisión disminuirá.

4. Dispositivos que actúan en los niveles inferiores de la red

Además de los **adaptadores de red** o **tarjetas de red**, ya presentados, existen dispositivos que permiten la interconexión de equipos y que, por lo tanto, operan primordialmente en estos niveles de la red: el nivel físico y el nivel de enlace. A continuación presentamos un listado de estos dispositivos con una breve descripción de cada uno de ellos:

- 1) **Concentrador o hub.** Es un dispositivo de red que permite interconectar diferentes ordenadores o dispositivos Ethernet, agrupándolos en un mismo segmento de red. Actúa en el primer nivel, en el **nivel físico**, por lo tanto toda la información que le llega la transmite indiscriminadamente a todos los dispositivos que tenga conectados, sin analizar quién es el destinatario.
- 2) **Comutador o switch.** Es muy parecido a un concentrador, pero se caracteriza por no enviar la información (i. e., los paquetes) a todos los puertos, sino solo al puerto correspondiente al destinatario de los datos. Opera por encima del nivel físico, en la denominada **capa de enlace** de datos. Su función es la de interconectar dos o más segmentos de red, pasando datos de un segmento al otro dependiendo de la dirección de destino de las tramas en la red. Por lo tanto, se utilizan cuando se quieren conectar diferentes redes, fusionándolas en una sola. Observemos que actúa de manera más inteligente que el concentrador o *hub*, dado que filtra el tráfico y tiene capacidad de reconocimiento.

Figura 18

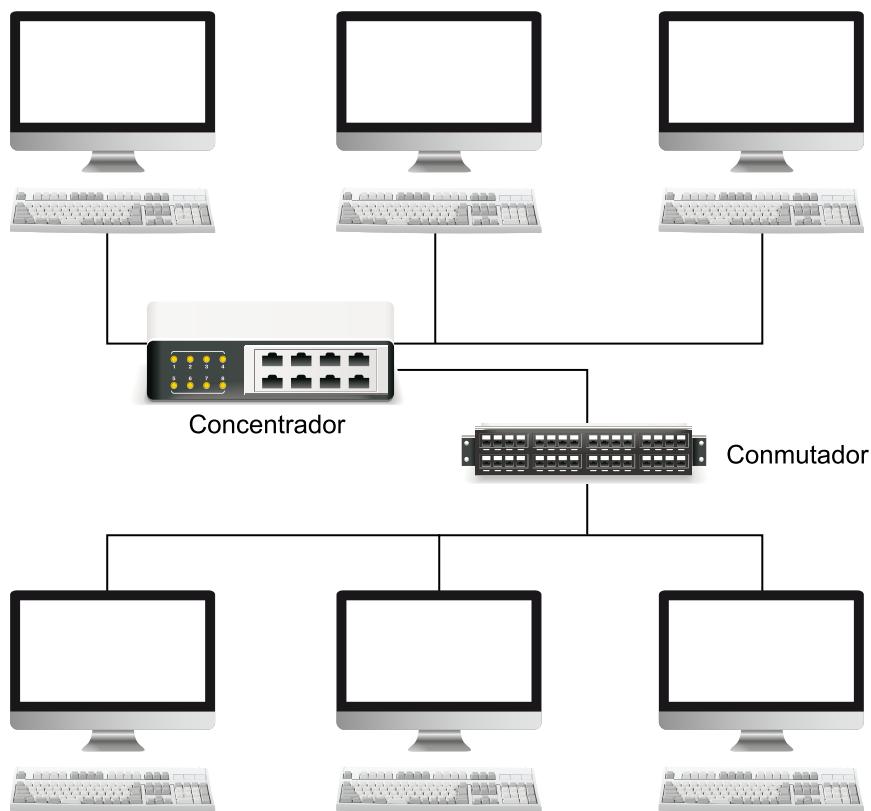


Comutador o *switch* de 24 puertos del fabricante 3Com.

Así, empleando un comutador (*switch*), podemos dividir y configurar la red en diferentes segmentos. Y limitar el tráfico al segmento o segmentos al que pertenece cada paquete. De este modo, cada usuario o grupos de usuarios pueden disponer de su propio segmento dedicado con ancho de banda dedicada, por lo que se da una menor tasa de colisiones y se mejora el tiempo de respuesta.

En una misma red se pueden tener diferentes concentradores y comutadores conectados.

Figura 19



Red básica con un hub y un switch. El *hub* genera mucho tráfico, ya que deja pasar todos paquetes que le llegan, mientras que el *switch* examina los paquetes entrantes para ver el nodo destinatario y solo deja pasar los paquetes que le corresponden a este nodo.

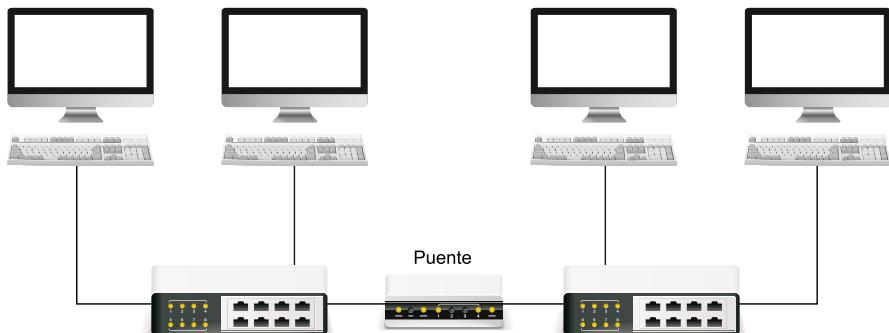
3) Puente o bridge. Es un sistema formado por hardware y software que permite interconectar dos redes locales entre sí. A menudo se encuentran en el servidor de comunicaciones o en el servidor de ficheros.

Como el *switch*, también opera en el **nivel de la capa de enlace de datos**, pero con funcionalidades parecidas a las de un concentrador.

La diferencia con el conmutador (*switch*) está en que el puente (*bridge*) siempre debe recibir todo el paquete antes de redirigirlo al puerto correspondiente, mientras que el conmutador (*switch*) dirige el paquete a su destino una vez recibida la cabecera del paquete, que contiene la dirección del destino. Así, el retardo de los puentes (*bridges*) es más elevado que en los conmutadores (*switches*).

Siempre es mejor dos redes grandes unidas por un puente que una única red, dado que las redes van perdiendo rendimiento cuando se incrementa el tráfico, con lo que se pierde también tiempo de respuesta. Así, al dividirse se reducen estos parámetros. Además, con el puente podemos solucionar las necesidades de ampliación de la red, en el caso de que sobrepasemos el número previsto de ordenadores que debamos conectar. En este caso, la única alternativa sería la de crear otra red conectada con un puente.

Figura 20



Dos redes conectadas por un puente (bridge). Cada red puede emplear su propio protocolo, reglas de seguridad, etc. Nodos de diferentes redes no se pueden comunicar directamente. Para hacer posible su comunicación, vemos que se añade un puente (bridge) entre las dos redes.

5. Tecnologías de acceso

Entendemos por **tecnologías de acceso** aquellas que permiten que nos conectemos a alguna red de un tercero –no de manera exclusiva a la red internet–, desde una ubicación cualquiera.

En este contexto, un proveedor de acceso es aquella empresa que nos ofrece servicios de conexión a la red. En el caso de que la red sea internet, los proveedores de acceso se denominan **ISP** (acrónimo de *internet service provider*) o proveedores de servicio a internet.

La tecnología de acceso más básica es la línea telefónica o RTB (red de telefonía básica). Otras tecnologías de acceso que trataremos en este apartado son RDSI, ADSL, fibra óptica, PLC e inalámbricas (*wireless*).

Para entenderlo mejor, hay que decir que las tecnologías de acceso son las que se usan para conectar nuestra red local (quizá formada solo por nuestro ordenador de sobremesa o portátil) y la red de un tercero (como puede ser internet).

El hecho de tratar el tema de las tecnologías de acceso dentro de este módulo responde a que en cada caso se dispone de una capa física bastante diferente, según el medio de transmisión que unas y otras utilizan. Aun así, este tema se podía haber presentado en uno de los módulos en el que tratamos capas superiores del modelo OSI.

5.1. RTB. Red de telefonía básica

La **red telefónica básica** (RTB), también llamada red telefónica comutada, es una red de comunicación diseñada primordialmente para la transmisión de la voz, aunque también puede llegar a transportar datos, como por ejemplo el fax, o incluso conexión a internet mediante un módem.

Es una red **de conmutación de circuitos**. Las estaciones son los teléfonos, los nodos intermedios, los accesos a las centrales locales y los nodos de conmutación, las centrales de tráfico.

Cuando se quiere hacer una llamada, la red establece un circuito entre los dos teléfonos mediante los dos nodos intermedios, que se mantiene mientras dura la llamada.

Los circuitos que se van estableciendo van cambiando de una llamada a otra, y por esta razón se las denomina redes de conmutación de circuitos.

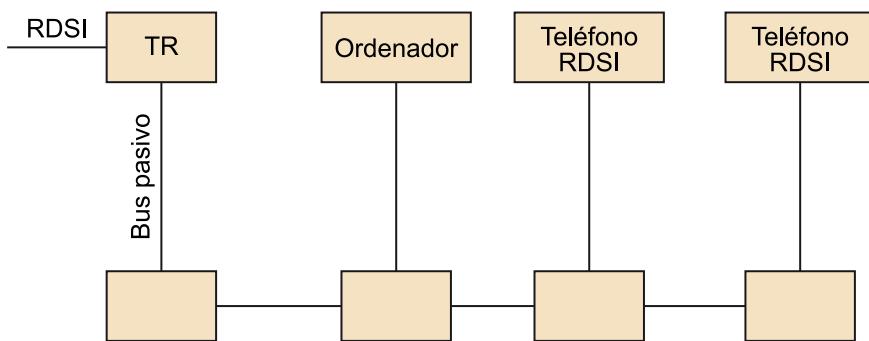
En el proceso descrito se pueden distinguir tres fases: establecimiento del circuito, transferencia de la información y desconexión.

5.2. RDSI

La **RDSI**, red digital de servicios integrados, en inglés *integrated services digital network* (ISDN), agrupa la telefonía digital con los servicios de transferencia de datos. Supuso la digitalización de la red telefónica, por lo tanto es una evolución de la red telefónica comutada (RTC). Permite la comunicación digital punto a punto y ofrece múltiples conexiones sobre la misma línea.

Entre los servicios que ofrece tenemos: fax a 64Kbps, líneas telefónicas adicionales, transferencia de datos a alta velocidad y videoconferencia. Su funcionamiento se basa en canales digitales de 64 Kbps.

Figura 21



Esquema de una red RDSI.

5.3. ADSL

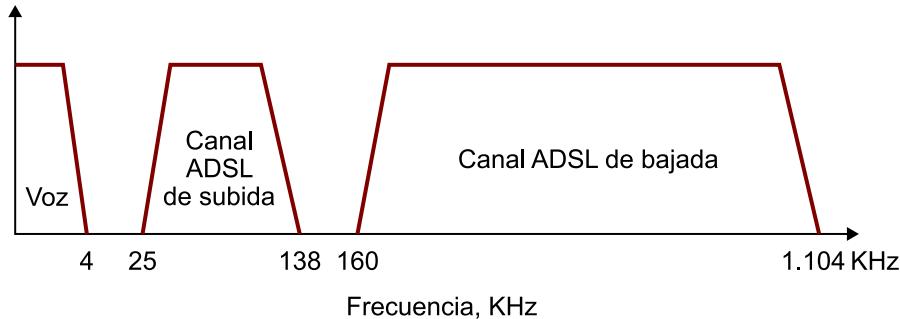
Las tecnologías **xDSL** (*x-type digital subscriber line* o línea de abonado digital) utilizan las infraestructuras de las líneas telefónicas. Concretamente, los cables de par trenzado para lograr transmisiones de más velocidad aprovechando frecuencias no utilizadas cuando se realizan llamadas de voz.

La más empleada en las conexiones para usuarios finales es la **ADSL** (*asymmetric digital subscriber line* o línea asimétrica de abonado digital), que transmite datos asimétricamente mediante la línea telefónica convencional, con más ancho de datos por el canal de bajada que por el de subida. Proporciona un circuito digital dedicado desde el módem del usuario hasta el ISP (*internet service provider* o proveedor de internet).

Dado que el medio utilizado es la línea telefónica convencional, la ADSL debe proporcionar un canal digital separado del canal de llamadas de voz, que es analógico. Esta separación la lleva a cabo empleando modulaciones diferentes para la voz –telefonía tradicional–, con frecuencias entre 300 y 3.400 Hz, y para

los datos, entre 24 kHz y 1.104 kHz, donde se crean dos canales (uno para cada sentido: subida y bajada de datos). Por lo tanto, los tres canales mencionados pueden coexistir perfectamente.

Figura 22



Frecuencias de los tres canales de ADSL.

5.4. Redes de fibra óptica

Hace unos años podíamos no considerar las tecnologías basadas en fibra óptica como tecnologías de acceso, dado que a menudo solo se empleaban como medios troncales de las operadoras de telecomunicaciones. Pero actualmente, teniendo en cuenta que ya la fibra óptica puede llegar a introducirse en los domicilios, sin que haya que enlazar con cable coaxial, sí que tiene sentido hablar de un tipo especial de tecnología de acceso.

Está formado por tres componentes:

- 1) **Transmisor de energía óptica.** Incorpora un modulador para transformar la señal electrónica entrante a la frecuencia aceptada por la fuente luminosa, que convierte la señal electrónica (electrones) en una señal óptica (fotones), que son los que se emiten por la fibra óptica.
- 2) **Fibra óptica.** Su componente es el silicio y se conecta a la fuente luminosa y al detector de energía óptica mediante la tecnología apropiada.
- 3) **Detector de energía óptica.** Corresponde a un fotodiodo que convierte la señal óptica recibida en señal electrónica (electrones) y un amplificador para regenerar la señal.

Con la fibra óptica se puede llegar a velocidades muy altas a grandes distancias, sin emplear repetidores. Experimentalmente se han llegado a conseguir velocidades de 200.000 Mbps.

5.5. Inalámbricas (*wireless*)

Se denomina comunicación inalámbrica a aquella que se lleva a cabo sin emplear cables de interconexión entre el emisor y el receptor.

Sobra decir la gran proliferación que está teniendo la tecnología inalámbrica en todos los ámbitos (casas, pequeñas y grandes empresas, aeropuertos, etc.).

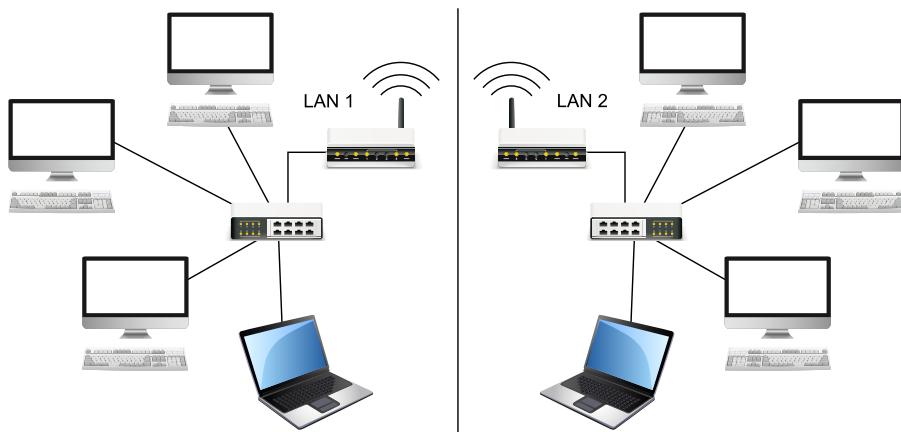
Las comunicaciones inalámbricas (*wireless*) pueden clasificarse dependiendo de diferentes criterios. Si utilizamos el alcance o distancia máxima al que pueden situarse dos puntos de la comunicación inalámbricas, tenemos la siguiente clasificación:

- **Redes inalámbricas de área personal** o WPAN (*wireless personal area network*), que cubren distancias inferiores a 10 m. A menudo se utilizan para interconectar diferentes dispositivos de un usuario. Las tecnologías que encontramos en este caso son Bluetooth, ZigBee o IrDA.
- **Redes inalámbricas de área local** o WLAN (*wireless local area network*), que cubren distancias de centenares de metros. Pensadas para dar cobertura a un entorno de red local entre ordenadores y dispositivos de un mismo edificio o de edificios próximos. Este es el caso de la tecnología Wi-Fi o HomeRF, entre otras.
- **Redes inalámbricas de área metropolitana** o WMAN (*wireless metropolitan area network*), que cubren el área de una ciudad o área metropolitana. Los protocolos LMDS, MMDS y WiMAX son los que se utilizan.
- **Redes globales**, que permiten cubrir toda una región (país o grupos de países). Estas se basan en las tecnologías celulares, y aparecen como evolución de las redes de comunicaciones de voz clásicas. Este es el caso de las redes de telefonía móvil, como por ejemplo GSM, GPRS, UMTS, etc.

Las redes inalámbricas (o redes *wireless*) permiten la interconexión sin cables de diferentes ordenadores y/o dispositivos. Siguen los estándares desarrollados por el IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, <http://standards.ieee.org/>), organización encargada, como ya hemos comentado, de la elaboración de muchas de las normas relativas a redes.

Las redes inalámbricas están presentes en el mercado desde hace ya bastantes años y se han ido convirtiendo en una interesante alternativa a la utilización del cable. Gracias al descenso continuado de los precios de los elementos de este tipo de redes y a un mejor conocimiento de las tecnologías inalámbricas, estamos en un punto álgido de este tipo de redes.

Figura 23



Esquema de dos redes cableadas (LAN 1 y LAN 2) con diferentes ordenadores, interconectadas de manera inalámbrica.

A continuación presentaremos las siguientes tecnologías inalámbricas: Bluetooth, NFC, RFID, Wi-Fi y WiMAX.

5.5.1. **Bluetooth, NFC, RFID**

Una tecnología inalámbrica de corta distancia es **Bluetooth**, que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos empleando un enlace de radiofrecuencia en una banda de 2,4 GHz. También la incorporan la gran mayoría de los *smartphones*. Permite, de manera sencilla, la intercomunicación inalámbrica entre dispositivos móviles y fijos, como por ejemplo un *smartphone* (que incorpore esta tecnología), unos altavoces, una cámara digital, una impresora, etc.

En cuanto a los sistemas de pago, que previsiblemente se irán generalizando, tenemos, entre otros, la presencia de la tecnología **NFC** (*near field communication*, en castellano, comunicación de campo próximo) en tarjetas electrónicas o en el móvil.

Figura 24



Logo para dispositivos que incorporan NFC.

NFC es una tecnología de comunicación inalámbrica de corto alcance y alta frecuencia que permite el intercambio de datos entre dispositivos. Un ejemplo claro de esto sería un intercambio de datos para realizar de manera automática un pago.

En el caso de redes inalámbricas de área personal o WPAN (*wireless personal area network*) que cubren distancias inferiores a 10 m, podemos emplear otras tecnologías que ya implementan algunos dispositivos móviles, como **RFID** (*radio frequency identification*).

5.5.2. Wi-Fi

Wi-Fi hace referencia al estándar IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11), que define las características de una red WLAN. Esta norma fue diseñada para sustituir **las capas física y de control de acceso al medio** (MAC, *medium access control*) de la norma 802.3 (Ethernet). Por lo tanto, el resto de los protocolos de capas superiores son idénticos, lo que garantiza la interoperabilidad de redes locales con cable con redes locales inalámbricas.

Wi-Fi es la abreviación de las palabras *wireless fidelity*, nombre de la certificación otorgada por la Wi-Fi Alliance (www.wi-fi.org), anteriormente WECA (*Wireless Ethernet Compatibility Alliance*), grupo que garantiza la compatibilidad entre dispositivos que utilizan el estándar 802.11, sea cual sea su fabricante.

Figura 25



Logo Wi-Fi.

En esta tabla se describen algunas de las recomendaciones relacionadas con el IEEE 802.11:

Estándar	Año	Descripción
802.11a	1999	Utiliza la banda de los 5 GHz, con una técnica llamada OFDM (<i>orthogonal frequency division multiplexing</i>), que permite velocidades de hasta 54 Mbps.
802.11b	1999	Presenta las especificaciones de la capa física y de acceso al medio de las redes de área local inalámbricas, con un rango de velocidades entre 5,5 y 11 Mbps, con una banda de frecuencia de 2,4 GHz.
802.11g	2003	Aumenta la velocidad de la transmisión de datos a 54 Mbps, en la misma banda de los 2,4 Ghz.
802.11n	2006	Nueva generación para redes inalámbricas de alta velocidad (hasta 540 Mbps teóricos). Hay propuestas para 2,4 y 5 GHz. Una de sus características más destacables es que permite emplear diferentes canales de forma simultánea, lo que se conoce como MIMO (<i>multiple input - multiple output</i>).

En Europa el **ETSI** (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones) ha definido trece canales dentro de la banda de señales de 2,4 a 2,5 Ghz. No se utilizan todos, dado que se suplantan y producen interferencias. Los más utilizados son los canales 1, 4, 9 y 13. Esta configuración solo se hace habitualmente en el punto de acceso, ya que los dispositivos clientes detectan la señal.

Desde el punto de vista del equipamiento, las redes inalámbricas Wi-Fi admiten dos tipos de configuraciones:

1) Modo ad hoc. Con esta configuración, los ordenadores o dispositivos se conectan directamente entre ellos, sin emplear puntos de acceso intermedios. Solo necesitan llevar incorporado o que se incorpore una tarjeta o dispositivo Wi-Fi. Este tipo de conexión vendría a sustituir las antiguas conexiones directas con cable tipo PC-PC que se llevaban a cabo por un puerto serie.

Dado que en este modo todos los ordenadores o dispositivos que se van a interconectar son iguales, también es conocido como *peer-to-peer* (P2P).

2) Modo infraestructura. Además de las tarjetas Wi-Fi en cada uno de los ordenadores o dispositivos, se necesita un punto de acceso. Este dispositivo será el que coordinará de manera centralizada la comunicación entre los diferentes terminales de la red. Si queremos llegar a cubrir un área más extensa, se puede llegar a instalar más de un punto de acceso interconectados.

A las redes inalámbricas Wi-Fi con puntos de acceso también se las conoce con el nombre de **modo BSS**, o **modo infraestructura**.

Un mismo terminal no puede estar configurado de los dos modos. El *ad hoc* está pensado fundamentalmente para establecer una comunicación temporal entre dos equipos, mientras que el de infraestructura es más adecuado para crear redes permanentes.

En cuanto al futuro de las redes Wi-Fi, hay que hacer mención al nuevo estándar, aparecido a finales del 2012 y denominado **802.11ac**. Permitirá un rendimiento próximo a 1 Gbps. Las primeras compañías en lanzarlo han sido Quantenna y Broadcom.

5.5.3. WiMAX

WiMAX es el acrónimo de *worldwide interoperability for microwave access* (interoperabilidad mundial por accesos de microondas). Es una tecnología inalámbrica basada en protocolo **IEEE 802.16**, por lo que permite crear áreas de cobertura de hasta 50 km, dependiendo del servicio que ofrezcan, a velocidades de 70 Mbps sin necesidad de visibilidad directa. Se garantiza la calidad del servicio y la seguridad. Las conexiones se llevan a cabo a varios anchos de banda.

Estas características la hacen una buena alternativa a otras tecnologías de banda ancha, como xDSL o el cable.

WiMAX es una red de área extendida porque el espectro que usa permite cubrir una gran cantidad de kilómetros, al contrario de la red Wi-Fi, cuyo espectro permite cubrir solo una red local.

5.6. PLC

PLC, acrónimo de *power line communication* (comunicación por línea eléctrica), son las diferentes tecnologías de envío de datos mediante las instalaciones eléctricas. También se conoce como PLT (*power line transmission*), nombre estandarizado por el ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones).

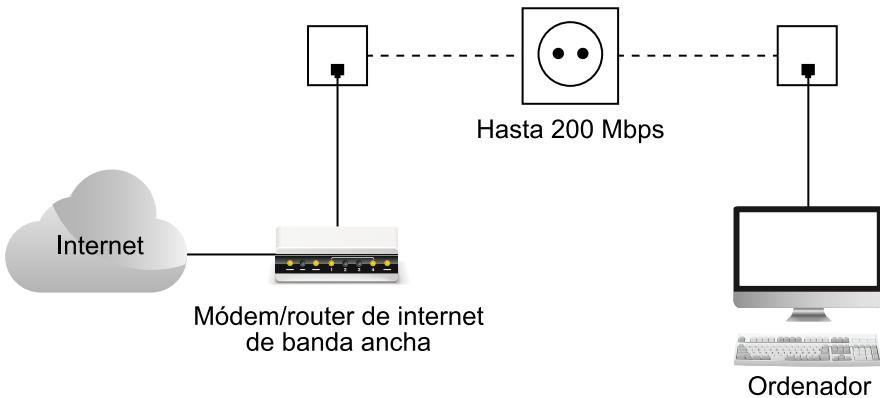
Lo llevan a cabo superponiendo una señal modulada de alta frecuencia sobre la señal de corriente alterna estándar. Por lo tanto, lo que se hace es separar la información digital de la de la señal eléctrica.

Los estándares asociados a la tecnología PLC fueron definidos por la **HomePlug Powerline Alliance** y la **Universal Powerline Association**. La normativa más común, que encontramos en la mayoría de los equipos que podemos comprar en el mercado para uso doméstico, es la **HomePlug**. Permite conexiones entre todo tipo de equipos: ordenador, televisores, sistemas de sonido, videoconsolas, etc. Por sí misma esta tecnología no proporciona acceso a internet.

En el año 2010, IEEE aprueba la norma **IEEE 1901, Broadband Powerline Standard**, como estándar para comunicaciones de alta velocidad para dispositivos PLC, aceptándose la norma **HomePlug AV**, y garantizando su interoperabilidad.

Fabricantes como TP-LINK, ATRIE Technology P Limited, Cisco, devolo, Zyxel, D-Link, Logitech, NETGEAR y Western Digital están vendiendo productos HomePlug AV.

Figura 26



Esquema de una pequeña red doméstica empleando PLC, con conexión a internet mediante un router. La velocidad de transferencia tal y como se indica es de 200 Mbps.

Figura 27

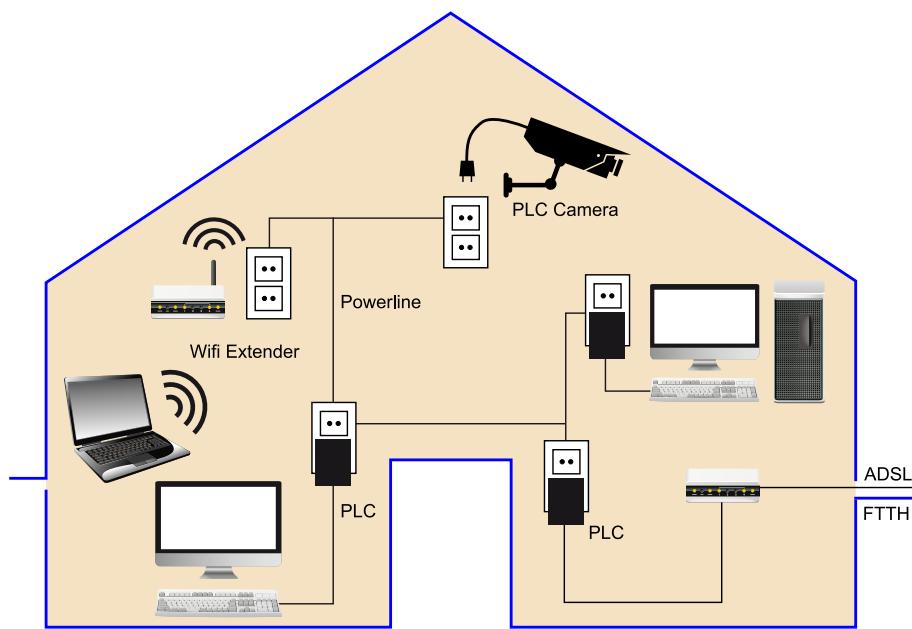


Extensor de Powerline con Wi-Fi de TP-Link. Permite extender las conexiones inalámbricas (Wi-Fi), combinado con la transferencia mediante el cableado eléctrico, empleando la norma HomePlug AV que le proporciona velocidades de transferencia de datos de hasta 200 Mbps. Un dispositivo como este puede llegar a ser muy útil para extender las conexiones inalámbricas en las áreas de la vivienda o la oficina donde las conexiones Wi-Fi son más difíciles de acceder.

Dependiendo de la cantidad de información que se quiera transmitir, la tecnología PLC se clasifica en:

1) Comunicaciones de banda ancha (broadband over power lines o BPL). Se utilizan las líneas eléctricas de baja y media tensión para transmitir cualquier tipo de información, como voz (telefonía IP), vídeo o datos a alta velocidad. El rango de frecuencias que se utiliza va desde 1,6 a 300 Mhz. Estas comunicaciones se aplican en dos ámbitos: en interiores o de corto alcance, empleando la instalación eléctrica de la vivienda, y en exteriores o de largo alcance, utilizando líneas de baja y media tensión para ofrecer servicios de internet.

Figura 28



En este esquema vemos una red de una vivienda basada en PLC.

2) Comunicaciones de banda estrecha (*narrowband over power lines*). Se está empleando para el control de subestaciones eléctricas, comunicaciones de voz, para monitorizar los consumos eléctricos o para la protección de líneas de transmisión de alta tensión. Trabaja en frecuencias entre 3 y 500 KHz, con tasas de transmisión bajas y con un alcance de algunos kilómetros, que se pueden ampliar empleando repetidores.

Otras aplicaciones de esta tecnología consisten en el empleo de las conexiones eléctricas de los vehículos como canal de transmisión de datos, voz, música o vídeo entre dispositivos de un mismo vehículo.

