

# TEMA 1: INTRODUCCIÓN A LOS FUNDAMENTOS DE REDES

## Sistemas de comunicación y redes

### Qué son las redes. Componentes principales

Es un conjunto de equipos informáticos y software conectados entre sí por medio de dispositivos físicos con la finalidad de compartir información, recursos y ofrecer servicios. Estos equipos son:

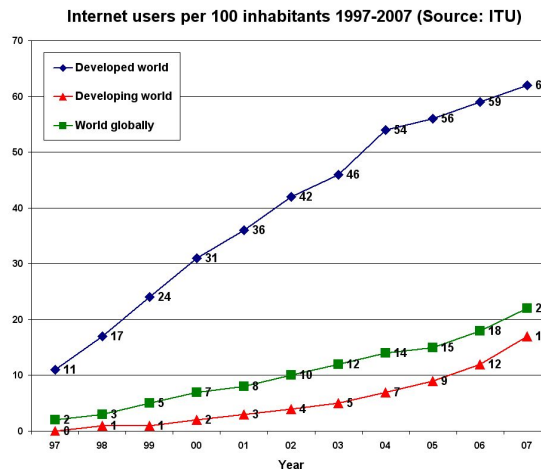
- Fuente o emisor: origen de la información.
- Destino: destinatario último de la información transmitida.
- Canal o medio de transmisión: soporte físico sobre el que se realiza el transporte de la información.
- Transmisor: dispositivo interfaz entre la fuente y el canal, encargado de llevar a cabo la adaptación de la señal a transmitir las características del medio de transmisión.
- Receptor: dispositivo interfaz entre el destino y el canal, encargado de llevar a cabo la adaptación de la señal recibida sobre el canal a las características del destino.

Como caso particular de los sistemas de comunicación encontramos las redes de computadores, definidas como un conjunto de equipos terminales de datos autónomos, interconectados y dotados de capacidades de intercambio de información. Las dos primeras características son de especial relevancia:

- Interconexión: la existencia de uno o varios canales de transmisión permite la comunicación entre los distintos equipos que constituyen la red.
- Autonomía: los equipos son independientes entre sí en cuanto a funcionamiento y diferencia una red de ordenadores del concepto de mainframe, donde existen varios equipos terminales dependientes de una única unidad central.

### Razones para el uso de redes

Internet, adoptando la arquitectura TCP/IP, se ha desplegado con notable éxito en todo el mundo. El volumen de tráfico, el número de usuarios, el número de equipos y otros indicadores muestran una tendencia creciente año tras año.



Algunos de los principios de diseño adaptados para la arquitectura TCP/IP y que justifican el éxito de Internet son los siguientes:

1. Evolución y cambio permanente. Se caracteriza por una evolución constante donde los principios son desechados cada pocos años conforme avanza la tecnología. Además, adopta una actitud cambiante por lo que se considera el único principio de Internet que nunca cambiará.
2. Heterogeneidad. Se proponen siempre soluciones para un conjunto siempre variado y diverso de elementos considerado, por ejemplo, diferentes dispositivos de usuario, diferentes tipos de tráfico generados por servicios diversos o diferentes API.
3. Escalabilidad. Cualquier solución debe funcionar con iguales prestaciones con independencia del volumen o tamaño del universo al que se aplique.
4. Robustez e interoperabilidad. El diseño debe prever cualquier tipo de error. En consecuencia, este principio persigue maximizar la interoperabilidad entre las diferentes implementaciones.
5. Modularidad y acoplamiento débil. Se basan en la necesidad de dividir las distintas funcionalidades en módulos o capas bien diferenciadas donde cada componente dependa lo menos posible de los demás.
6. Complejidad en los extremos. Ningún procedimiento debería ser ejecutado dentro de la red mientras pueda ser ejecutado en los extremos. Como principal consecuencia, la red es agnóstica respecto al tipo y detalles de la comunicación entre las aplicaciones, permitiendo dar soporte a aplicaciones muy diferentes entre sí.
7. Sencillez. Este principio establece que, en caso de duda, se debe optar siempre por la solución más sencilla.

## Clasificación

La descripción de la estructura de las redes de computadores requiere de la consideración de dos aspectos relevantes. Así, es necesario analizar los diferentes elementos y equipos involucrados en las comunicaciones que tienen lugar en dichas redes, junto con la topología (el esquema de las interconexiones entre dichos elementos).

A cada uno de los equipos que componen una red y que presentan capacidades de comunicación se le denomina nodo, estando estos conectados entre sí por líneas de transmisión o enlaces de comunicaciones.

## Escala

Tradicionalmente, se han clasificado las redes de computadores en función de su extensión o cobertura geográfica en redes LAN (Local Area Network), MAN (Metropolitan Area Network) y WAN (Wide Area Network). En la actualidad no existen diferencias tecnológicas significativas entre las redes LAN y MAN, por lo que se diferencian las siguientes redes en función de su cobertura:

1. LAN. El servicio proporcionado por las redes de área local se extiende hasta las centenas de metros o incluso unos pocos kilómetros.
2. WAN. El servicio proporcionado puede llegar a cubrir todo un país o incluso un continente, alcanzando así varios centenares o incluso miles de kilómetros.

## Tecnología de transmisión

La interconexión de varios equipos para formar una red de computadores puede realizarse de acuerdo a dos configuraciones básicas, en función del modo de utilización del canal de comunicación. Estas son:

1. Difusión. En este caso existe un único medio de transmisión, compartido por todos los equipos, sobre el que se realizan todas las transmisiones.
2. Punto a punto. En las conexiones punto a punto únicamente intervienen dos equipos utilizando un canal al que solo ambos tienen acceso. En este caso, el canal de comunicaciones es, típicamente, un cable que conecta en sus extremos a los dos equipos involucrados en la comunicación. Por contraposición con este tipo de medios, a los de difusión se les suele denominar también como multipunto.

# DISEÑO Y ESTANDARIZACIÓN DE REDES

## Solución de diseño

Cuando se plantea el diseño de una red de ordenadores hemos de solucionar diversos problemas a fin de conseguir una comunicación eficaz y transparente entre las estaciones o equipos finales involucrados: transmisión de los bits, acceso al medio de transmisión, control de errores, cifrado de los datos, etc. Algunas de las soluciones de diseño que se plantean son las siguientes:

1. Información transmitida en paquetes.
2. Funcionalidad en capas.
3. Control distribuido. SDN destaca por ser la nueva tendencia.

## Conceptos de diseño

- Funcionalidad en capas: Para simplificar la solución de estas y otras cuestiones se adopta un diseño en capas, lo que equivale a agrupar funciones o tareas relacionadas. Idealmente, cada capa debe ocuparse de resolver uno o varios de los problemas involucrados en la

comunicación de forma independiente a las funcionalidades del resto de capas, minimizando, en consecuencia, al trasvase de información entre capas. Este hecho permitirá obtener un sistema más modular y, consecuentemente, más flexible.

- **Modelo de referencia:** Es el conjunto de capas definido y funciones asociadas a las mismas punto tanto desde el punto de vista de la operadora fabricante como desde el usuario o cliente interesa la existencia de estándares que permitan, a los primeros, mayor mercado y, a los segundos, un mejor servicio y menores costes. Así, hemos de distinguir entre dos tipos de estándares: de facto y de jure. Los primeros se caracterizan por haber sido adoptados ampliamente en la práctica sin haber seguido para ello proceso alguno de estandarización formal. Por el contrario, los estándares de jure son aquellos desarrollados por organismos de estandarización reconocidos.

## Modelo OSI

El modelo OSI (Open System Interconnection) es utilizado por prácticamente la totalidad de las redes del mundo. Consiste en siete niveles o capas donde cada una de ellas define las funciones que deben proporcionar los protocolos con el propósito de intercambiar información entre varios sistemas. Esta clasificación permite que cada protocolo se desarrolle con una finalidad determinada, lo cual simplifica el proceso de desarrollo e implementación. Cada nivel depende de los que están por debajo de él, y a su vez proporciona alguna funcionalidad a los niveles superiores. De abajo a arriba son las siguientes:

1. **Capa física.** Se encarga de las conexiones físicas de la computadora hacia la red en lo que se refiere al medio físico; características del medio y la forma en la que se transmite la información. Resulta relevante indicar que los canales de transmisión introducen errores que pueden alterar la información transmitida.
2. **Capa de enlace.** Debe realizar las tres funciones básicas siguientes con la finalidad de gestionar adecuadamente conjuntos de bits, agrupados en una unidad denominada trama: (a) delimitación de tramas, con objeto de conocer el principio y fin de cada bloque de datos y así permitir la sincronización emisor-receptor, (b) control de errores, para conseguir que la información finalmente recibida se corresponda con la original emitida, y (c) control de flujo, función con la que se persigue evitar que el emisor sature la memoria de almacenamiento temporal.
3. **Capa de red.** Permite extender la comunicación de un origen a un destino. En esta capa se consideran dos funciones principales: (a) enrutamiento, cuyo objetivo es el establecimiento de la ruta a seguir desde un origen hasta un destino dados, y (b) control de congestión, que persigue evitar la saturación de la capacidad de la subred como consecuencia de un elevado tráfico. Adicionalmente, un aspecto de importancia de esta capa es relativo a la interconexión de redes, de forma que se posibilita la transmisión de datos entre estaciones finales situadas en redes distintas.

A partir de la capa de red, la comunicación entre los nodos intermedios está resuelta y, por tanto, el resto de capas ven la subred como si sólo hubiese un nodo origen y un nodo destino.

4. **Capa de transporte.** Se encarga del control de flujo y el control de errores extremo a extremo. Además posibilita varias comunicaciones entre los mismos hosts. La unidad de datos del nivel de transporte es el segmento, siendo la finalidad básica de esta capa la entrega fiable de los segmentos, entre el origen y el destino.

5. Capa de sesión. Establece, gestiona y finaliza el envío de paquetes en una comunicación entre los hosts participantes. Se encarga del control de la sesión a establecer entre el emisor y el receptor, el control de la concurrencia y mantener puntos de verificación.
6. Capa de presentación. Se aborda la representación de los datos que provienen de la capa superior, por ejemplo a través del cifrado o codificación de los mismos. Esta capa permite resolver las heterogeneidades respecto de la diferente representación interna de la información en cada uno de los hosts extremos.
7. Capa de aplicación. Hace referencia a los distintos servicios finales que se ofrecen al usuario; es decir, esta capa trata la información como tal intercambiada entre los usuarios finales.

## Modelo TCP/IP

Este modelo se caracteriza por ser independiente de la tecnología de red subyacente, pudiéndose implementar sobre cualquier red LAN o WAN existente. Para hacer ello posible, se suele recurrir a protocolos específicos que llevan a cabo “funciones de interfaz” entre IP y la capa inferior sobre la que este protocolo (y en definitiva el modelo) se sustenta. El encapsulado realizado en la transmisión real en TCP/IP es el mismo que en cualquier otra red; no obstante, no se exige estrictamente tener que usar las cuatro capas del modelo. Las capas que lo componen son:

1. Red. Ofrece un servicio no orientado a conexión y no fiable mediante el protocolo IP. Este protocolo opera salto a salto; es decir, entre entidades separadas por una sola subred, y tiene como misiones principales la interconexión de las diferentes (sub)redes que componen Internet, así como el encaminamiento de los datos sobre ellas.
2. Transporte. Capa extremo a extremo que involucra exclusivamente a los puntos finales de la transmisión. Se ofrecen dos tipos de servicios: uno orientado a conexión fiable, a través del protocolo TCP, y un servicio no orientado a conexión no fiable, mediante el empleo del protocolo UDP. Control de congestión.
3. Aplicación. Implementa servicios de usuario tales como web, correo electrónico, transferencia de ficheros, etc.



# Terminología y servicios

## Terminología

1. Capa proveedora/usuario de servicio: dadas dos capas adyacentes,  $N$  y  $N+1$ , la capa inferior se denomina proveedora de servicios y la superior usuaria de servicios por cuanto que la capa  $N$  ofrece una serie de funciones o prestaciones (servicios) transparentes para la superior. Por ejemplo, la capa física es proveedora del servicio de transmisión eléctrica sobre el canal respecto de la de enlace, siendo esta la usuaria de dicho servicio.
2. Entidad de nivel  $N$ : elemento activo, hardware o software, existente en una capa dada  $N$ .
3. Entidades pares: entidades de nivel  $N$  en el emisor y en el receptor.
4. Protocolo: conjunto de reglas y convenciones a aplicar en una comunicación entre dos entidades paritarias con objeto de llevar a cabo una cierta función o servicio. Habitualmente se basan en el paso de mensajes que desencadenan determinadas actuaciones por parte de una de las entidades sobre la comunicación o los datos transportados.
5. Arquitectura de red: conjunto de capas y protocolos asociados que se puede implementar en una red real.
6. Pila de protocolos: especificación en capas de los protocolos que constituyen una arquitectura de red.
7. Interfaz: superficie de separación entre dos capas adyacentes donde se realiza la comunicación (vertical) entre ambas.
8. SAP: interfaz específica conocida como punto de acceso al servicio (Service Access Point).
9. SDU: unidad de datos de servicio (Service Data Unit), correspondiente a los datos manejados por la entidad y que proceden de la capa inmediatamente superior.
10. PDU: unidad de datos de protocolo (Protocol Data Unit), relativa a la SDU recibida de la capa superior más la cabecera añadida a efectos de llevar a cabo la función específica desarrollada en colaboración con la entidad o entidades paritarias.

## Comunicación virtual (horizontal) vs real (vertical)

1. Comunicación virtual u horizontal. Es la comunicación observada desde el punto de vista de las entidades paritarias. Es decir, la realización de una función dada implica la colaboración de las entidades pares emisora y receptora. En cada capa (salvo en la física) se añade una serie de información suplementaria, generalmente en forma de cabecera, destinada a permitir una comunicación coherente entre las entidades paritarias involucradas. Esta información únicamente es relevante para dichas entidades paritarias, estando asociada a funcionalidades o parámetros relativos a los servicios que debe proporcionar. Por tanto, las cabeceras se irán eliminando al ir pasando los datos a las capas superiores. Se produce, el denominado encapsulado de los datos: el bloque de datos de la capa  $N+1$ , en el que se incluyen cabeceras, es tratado como un bloque de datos sin significado ni estructura, en la capa  $N$ .
2. Comunicación real o vertical. Es el flujo que sigue la información entre el emisor y el receptor: intercambio de datos entre capas adyacentes, en sentido descendente (de aplicación a física) en el emisor y ascendente (de física a aplicación) en el receptor.

## Retardos en la comunicación (Packet switching: store and forward)

1. Transmisión. Tiempo que se tarda en poner toda la información en el medio.
2. Propagación. Tiempo que tarda desde el origen al destino un bit del paquete.
3. Procesamiento. Tiempo que tarda en analizar el paquete en el destino de cada salto.
4. En cola. Cuando hay otros paquetes transmitiéndose antes que el paquete que se desea enviar, el paquete debe esperar en una cola. Depende del tráfico de la red.

Cuando se mejora la tecnología, se mejora el retardo de transmisión; es decir, el paquete tarda menos tiempo en enviarse por completo.

La propagación no puede ser mejorada porque depende de propiedades físicas (envío a una velocidad cte.).

## Servicios

1. Orientado a conexión (OC). Caracterizado por el hecho de establecerse una conexión como paso previo a la transmisión de datos entre el emisor y el receptor. Como ejemplo de este tipo de servicio suele indicarse el de telefonía, donde antes de que tenga lugar una conversación es preciso el establecimiento de la conexión.
2. No orientado a conexión(NOC). No precisa la existencia de una conexión previa a la transmisión de la información. El ejemplo típico de servicio es el envío postal, en el cual se realiza la transferencia de la información entre un emisor y un receptor sin requerir el establecimiento previo de una conexión entre ambos.
3. Confirmado (fiable). El emisor tiene constancia de algún modo acerca de la recepción en el destino.
4. No confirmado (no fiable). No se produce la realimentación necesaria acerca de la recepción en el destino.

## Internet. Arquitectura y direccionamiento

### Topología jerárquica

1. Intranets:
  - a. WIFI. El WiFi es un mecanismo que permite, de forma inalámbrica, el acceso a Internet de distintos dispositivos al conectarse a una red determinada.
  - b. Ethernet. Es un estándar de redes de área local que define las características de cableado y señalización; de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.
2. Redes de acceso del ISP.
  - a. Cable telefónico (par trenzado). Consiste en un par de hilos conductores cruzados entre sí a fin de reducir el ruido de diafonía. A mayor número de cruces por unidad de longitud, mejor comportamiento ante este problema. La transmisión puede ser asimétrica (uno de los conductores transporta mientras que el otro sirve de referencia) o simétrica (sobre un cable se transportan  $+V(t)$  voltios y  $-V(t)$  en el otro). Las

principales aplicaciones en que se hace uso de cables de par trenzado en los sistemas de comunicaciones son:

- i. Bucle de abonado. Es el último tramo de cable existente entre el teléfono de un abonado y la central. Se consiguen velocidades del orden de los Mbps.
  - ii. Redes LAN. Se usa para la transmisión de datos alcanzando velocidades de varios de centenares de Mbps.
  - b. Cable coaxial. Se compone de un hilo conductor, llamado núcleo, y una malla externa separados por un dieléctrico aislante. Las aplicaciones de este tipo de medio son:
    - i. CATV. Transmisión de televisión por cable.
    - ii. Redes LAN.
    - iii. Comunicaciones a larga distancia. La baja atenuación y menor sensibilidad a las interferencias externas, en comparación con el par trenzado, lo hace útil para transmisiones a gran distancia.
  - c. Fibra óptica. Constituye un medio de comunicación flexible, ligero y de muy altas prestaciones. Las señales transmitidas sobre este tipo de medio guiado corresponden al espectro visible y su principio de funcionamiento se basa en la refracción total de la luz. Las fibras ópticas están siendo utilizadas en múltiples contextos, especialmente en las comunicaciones a alta distancia y/o alta velocidad, desplazando a los otros tipos de medios guiados debido a su bajo coste y gran capacidad. También se está extendiendo su utilización en redes LAN de alta velocidad y en la interconexión de estas.
3. Redes troncales (ATM, SDH, SONET, etc) de grandes operadores de telecomunicaciones.
- a. Tier 1. Redes de los grandes operadores globales desde las que se puede acceder a cualquier punto de internet, pues todas las Tier 1 están conectadas entre sí.
  - b. Tier 2. Operadores de ámbito más regional que no pueden alcanzar todos los puntos de internet, que necesitan conectarse a una red Tier 1 y cuya función principal es ofrecer servicios de conectividad a los operadores Tier 3.
  - c. Tier 3. Pertenecen a los operadores que dan su servicio de conexión a internet a los usuarios; se conocen como ISP(Internet Service Provider).

## Direccionamiento

Para que dos sistemas conectados a Internet se puedan comunicar entre sí es necesario que puedan ser identificados y que los sistemas intermedios (routers) puedan transmitir los paquetes de datos desde el origen al destino. En Internet la identificación se realiza mediante direcciones IP, que son etiquetas numéricas que identifican, de manera lógica y jerárquica, a una interfaz de un sistema dentro de una red que utilice el protocolo IP.

Las direcciones IPv4 son números binarios de 32 bits, representados normalmente en decimal. Los 32b se dividen en 4 grupos de 8 bits cada uno, y los valores decimales de cada grupo (números entre 0 y 255) se concatenan con puntos.



Las direcciones IPv6 son números binarios de 128 bits, que se dividen en 8 grupos de 16 bits cada uno; a su vez, cada uno de estos 16 bits se dividen en 4 subgrupos de 4 bits. Los valores hexadecimales de cada subgrupo de 4 bits (comprendidos entre 0 y F) se concatenan. Dependiendo del tipo de red al que pertenezca, una dirección IP puede ser pública (dirección de un sistema conectado directamente a Internet y que no puede repetirse), o privada (utilizadas para identificar sistemas dentro de redes domésticas o privadas). Dependiendo del modo en que se asigna, una dirección puede ser fija (no cambia una vez asignada al dispositivo, ya sea en Internet o una red privada → servidores), o dinámica (varían en un mismo equipo).

## CUESTIONES Y EJERCICIOS

1. Ponga tres ejemplos de equipo transmisor/receptor propios de una red de comunicaciones.
2. Clasifique la transmisión (en términos de difusión o punto a punto) de cada uno de los siguientes sistemas:
  - a. Radio y TV.
  - b. Redes inalámbricas (WLAN).
  - c. ADSL.
  - d. Redes de cable.
  - e. Comunicaciones móviles (p.e., GSM, UMTS).
3. Conocida la estructura general de una red de computadores, compuesta por hosts y subred, formada a su vez por líneas de transmisión y nodos de computación. identifique cada uno de estos elementos en los dos siguientes ejemplos de redes:
  - a. Red telefónica tradicional.
  - b. Red inalámbrica ad-hoc (sin puntos de acceso).
4. Suponga el siguiente sistema de comunicaciones: Intercambio de información (en inglés) por correo postal entre los directores de dos multinacionales A y B, situadas respectivamente en España y Japón. Proponga un modelo de referencia lo más completo posible para representar cada sistema.
5. Indique a qué capa del modelo OSI corresponde cada una de las siguientes funciones:
  - a. Delimitación de tramas.
  - b. Encaminamiento.
  - c. Sincronización.
  - d. Control de congestión.
  - e. Comprobación de errores e integridad de los datos extremo a extremo.
  - f. Correo electrónico.
6. Un sistema tiene una jerarquía de protocolos de N capas. Las aplicaciones generan mensajes de M bytes de longitud. En cada capa se añade una cabecera de H bytes. ¿Qué fracción de la cantidad de información total corresponde a las cabeceras? Aplique el resultado a una conexión a 512 kbps con tamaño de datos de 1500 bytes y 4 capas, cada una de las cuales añade 64 bytes de cabecera.
7. Clasifique los siguientes servicios como orientados a conexión / no orientados a conexión y confirmados / sin confirmación, razonando adecuadamente la respuesta:
  - a. Correo postal ordinario.
  - b. Correo certificado.
  - c. Envío y recepción de un fax.

- d. Conversación telefónica.
- e. Domiciliación bancaria de recibos.