

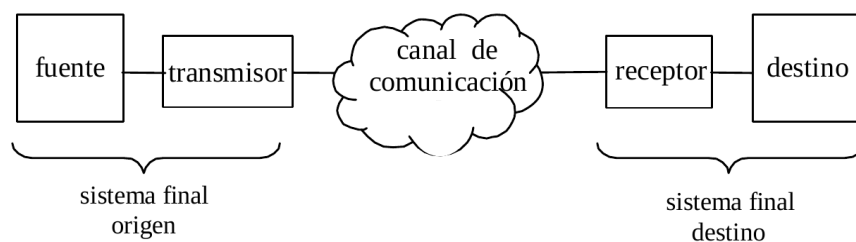
TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1. Sistemas de comunicación y redes

1.1 ¿Qué son las redes?

Es un conjunto de equipos informáticos y software conectados entre sí por medio de dispositivos físicos que envían y reciben impulsos eléctricos, ondas electromagnéticas o cualquier otro medio para el transporte de datos, con la finalidad de compartir información, recursos y ofrecer servicios.

1.2 Sistemas de comunicación



- **Fuente:** Dispositivo que genera los datos a transmitir (teléfono, PC, ...). Origen de la información.
- **Transmisor:** Transforma y codifica a otro formato los datos generados por la fuente, normalmente en forma de señales electromagnéticas (EM) susceptibles de ser transmitidas a través de algún sistema de transmisión o medio.
- **Sistema de transmisión:** Medio a través del cual se produce el envío de información (línea de transmisión, red compleja compuesta por diferentes tecnologías, etc.).
- **Receptor:** Elemento que recibe la información en forma de señal EM a través del sistema de transmisión. El receptor transforma esta señal de manera que el destino pueda interpretar de manera correcta el contenido de dicha información.
- **Destino:** Encargado de tomar los datos procesados por el receptor.

1.3 Tareas en los sistemas de comunicación:

Utilización del sistema de transmisión	Direccionamiento
Implementación de la interfaz física	Encaminamiento
Generación de la señal	Recuperación
Sincronización	Formato de mensajes
Gestión del intercambio de la información	Seguridad
Detección y corrección de errores. Control de flujo	Gestión de red

1.4 Qué se espera de una red

- **Autonomía** → equipos independientes con capacidad de procesar información.
- **Interconexión** → mediante un sistema de comunicación con uno o varios canales de transmisión.
- **Intercambio de información** → con eficacia y transparencia.

Las razones (motivación) para su uso son: compartir recursos, escalabilidad, fiabilidad y robustez (duplicidad / redundancia) y ahorro de costes.

1.5 Componentes de una red

Los componentes de una red tienen funciones específicas y se eligen considerando las necesidades y los recursos económicos de quien se desea conectar a la red, por lo que deben conocerse las características técnicas de cada componente de red.

- **Servidor:** Computadoras que controlan las redes y se encargan de permitir o no el acceso de los usuarios a los recursos. También controlan los permisos que determinan si un nodo puede o no pertenecer a una red. La finalidad de los servidores es controlar el funcionamiento de una red, y los servicios que realice cada una de estas computadoras dependerán del diseño de la red.
- **Estación de trabajo:** Computadoras conectadas a una red pero que no pueden controlarla, ni alguno de sus nodos o recursos de la misma. Cualquier computadora puede ser estación de trabajo siempre que esté conectada y se comunique a la red.
- **Nodo de red:** Elemento que se encuentre conectado y comunicado a una red; los periféricos que se conectan a una computadora se convierten en nodo si están conectados a la red y pueden compartir sus servicios para ser utilizados por otros usuarios (impresoras, carpetas, ...).
- **Tarjetas de red:** Tarjetas de circuito impreso integradas que se insertan en la tarjeta madre y cuya función es recibir el cable que conecta a la computadora con una red informática.

1.6 Medios de transmisión

Elementos que hacen posible la comunicación entre dos computadoras, a través de los cuales viaja la información. Los cables son un componente básico en la comunicación entre éstas. Existen diferentes tipos y su elección depende de las necesidades de la comunicación de red.

- **Cable coaxial:** Está constituido por un hilo principal de cobre cubierto por una capa plástica rodeada por una película reflejante que reduce las interferencias; alrededor de ella existe una malla de hilos metálicos y todo esto recubierto por una capa de hule que protege a los conductores de la intemperie.
- **Cable par trenzado:** Tiene cuatro pares de cables, pero existen tres variaciones con esta característica y pueden utilizarse para comunicarse los nodos de una red.
 - Cable par trenzado – UTP (par trenzado no apantallado): es la variable más utilizada por su bajo costo, porque permite maniobrar sin problemas y porque no requiere de herramientas especiales ni complicadas para la conexión de nodos en una red.
 - Cable par trenzado – STP (par trenzado apantallado): tiene una malla metálica que cubre cada uno de los pares de los cables, que además están cubiertos por una película reflejante que evita interferencias.
 - Cable par trenzado – FTP (par trenzado con pantalla global): tiene una película reflejante que cubre a cada uno de los pares de cables.
 - Fibra óptica: resistente a la corrosión y a las altas temperaturas. Soporta esfuerzos elevados de tensión en la instalación gracias a la protección de la envoltura. La desventaja es su elevado costo, ya que para su elaboración se requiere vidrio de alta calidad, además de ser sumamente frágil de manipular durante su fabricación.



UTP - Unshielded Twisted Pair



STP - Shielded Twisted Pair



FTP - Foiled Twisted Pair

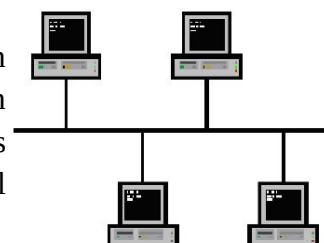
1.7 Topología de Redes

La topología de una Red es el patrón de conexión entre sus nodos, es decir, la forma en la que están interconectados los distintos nodos que la forman. Es el arreglo físico o lógico en el cual los dispositivos o nodos de una red se interconectan entre sí sobre un medio de comunicación.

- **Topología física:** diseño actual del medio de transmisión de la red.
- **Topología lógica:** trayectoria lógica de una señal a su paso por los nodos de la red.

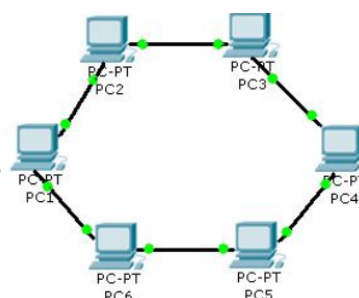
Topología en bus

Una Red en forma de bus o canal de difusión es un camino de comunicación bidireccional con puntos de terminación bien definidos. Cuando una estación transmite, la señal se propaga a ambos lados del emisor hacia todas las estaciones conectadas al bus hasta llegar a las terminaciones del mismo; es por esto que el bus recibe el nombre de canal de difusión.



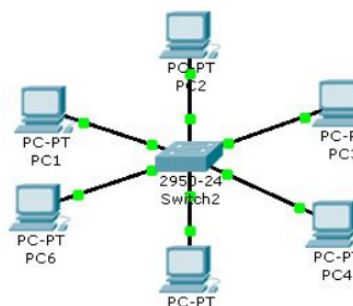
Topología en anillo

Se caracteriza por un camino unidireccional cerrado que conecta todos los nodos. Dependiendo del control de acceso al medio se dan nombre distintos a esta topología, como la topología en bucle, que se utiliza para designar aquellos anillos en los que el control de acceso está centralizado (una de las estaciones se encarga de controlar el acceso a la red).



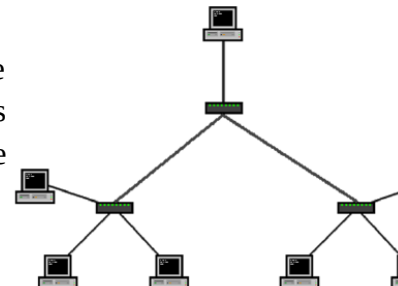
Topología en estrella

Se caracteriza por tener todos sus nodos conectados a un controlador central encargado de gestionar y controlar todas las comunicaciones, a través del que pasan todas las transacciones. Por este motivo, el fallo de un nodo en particular es fácil de detectar y no daña el resto de la red, pero un fallo en el nodo central desactiva la red completa.



Topología de árbol

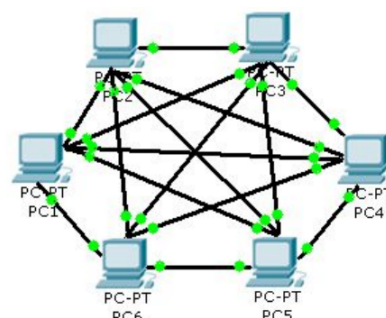
Es una variante de la de estrella en la que no todos los dispositivos se conectan directamente al concentrador central. La mayoría de los dispositivos se conectan a un concentrador secundario que, a su vez, se conecta al concentrador central.



Topología de malla

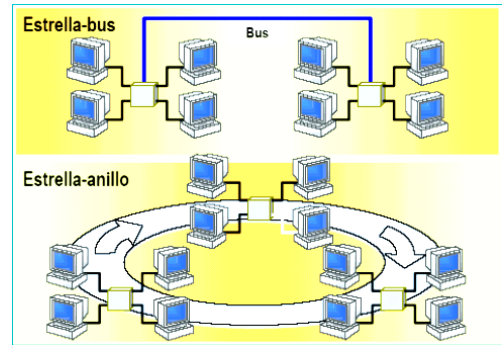
Cada estación de trabajo o computadora está conectada a todas las demás computadoras incluidas en la red por medio de un tramado de cables. Esta configuración provee redundancia porque si un cable falla hay otros que permiten mantener la comunicación. Requiere mucho cableado, por lo que se considera muy costosa.

En muchas ocasiones la topología de malla se une a otra topología para formar una topología híbrida.



Topología híbrida

Es una de las más frecuentes y se deriva de la unión de varios tipos de topologías de red. Se combinan dos o más topologías para formar un diseño de red completo. En una topología híbrida si un solo equipo falla no afecta al resto de la red.



1.8 Clasificación de las redes

Según su tamaño y extensión

- **Redes LAN:** Las redes de área local (Local Area Network) son redes de ordenadores cuya extensión es del orden de entre 10m a 1km. Son redes pequeñas que generalmente usan la tecnología de broadcast (un solo cable se conecta a todas las máquinas). Como su tamaño es restringido, el peor tiempo de transmisión de datos es conocido, siendo velocidades típicas de transmisión las que van de 10 a 100 Mbps.
- **Redes MAN:** Las redes de área metropolitana (Metropolitan Area Network) son redes de ordenadores de tamaño superior a una LAN, soliendo abarcar el tamaño de una ciudad. Son típicas de empresas y organizaciones que poseen distintas oficinas repartidas en un mismo área metropolitana, por lo que, en su tamaño máximo, comprenden un área de unos 10km.
- **Redes WAN:** Las redes de área amplia (Wide Area Network) tienen un tamaño superior a MAN, y consisten en una colección de host o de redes LAN conectadas por una subred. Esta subred está formada por una serie de líneas de transmisión interconectadas por medio de routers, aparatos de red encargados de rutear o dirigir los paquetes hacia la LAN o host adecuado, enviándose éstos de un router a otro. Su tamaño puede oscilar entre los 100 y 1000 kilómetros.
- **Redes Internet:** Es una red de redes, vinculadas mediante routers gateways o pasarela (computador especial que puede traducir información entre sistemas con formato de datos diferentes). Su tamaño puede ser desde 10000km en adelante → Internet.
- **Redes inalámbricas:** Redes cuyos medios físicos no son cables de cobre de ningún tipo, sino que están basadas en la transmisión de datos por ondas de radio, microondas, satélites o infrarrojos.

Según el tipo de transferencia de datos que soportan

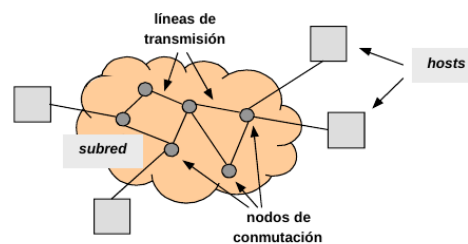
- **Redes de transmisión simple:** Los datos sólo pueden viajar en un sentido.
- **Redes Half-Duplex:** Los datos pueden viajar en ambos sentidos, pero sólo en uno de ellos en un momento dado.
- **Redes Full-Duplex:** Los datos pueden viajar en ambos sentidos a la vez.

Según la tecnología de transmisión

- **Redes de Broadcast:** La transmisión de datos se realiza por un sólo canal de comunicación compartido por todas las máquinas de la red. Cualquier paquete de datos enviado por cualquier máquina es recibido por todas las de la red.
- **Redes Point-To-Point:** Aquellas en las que existen muchas conexiones entre parejas individuales de máquinas; únicamente intervienen dos equipos utilizando un canal al que sólo ambos tienen acceso. Para poder transmitir los paquetes desde una máquina a otra a veces es necesario que éstos pasen por máquinas intermedias.

1.9 Estructura y elementos de una red

- **Hosts:** Dispositivos finales de usuario (nodos o equipos terminales).
- **Subred:** Infraestructura para el transporte de información.
 - Líneas de transmisión: canales de comunicación.
 - Nodos de comunicación: dispositivos que posibilitan el transporte de datos entre un origen y un destino dados.



2. Diseño y estandarización de redes

2.1 Problemas a resolver por la red

Cómo enviar físicamente la información. Compartición del medio. Segmentación de la información. Control de flujo y de errores en el enlace y también extremo a extremo. Control de encaminamiento (enrutamiento) de los mensajes. Control de congestión. Entrega ordenada de los mensajes. Gestión del diálogo o turno de palabra. Representación (sintaxis) de los datos. Significado (semántica) de los datos.

2.2 Modelo de referencia OSI

El modelo OSI (*Open System Interconnection*) es utilizado por casi todas las redes del mundo. Este modelo fue creado por el ISO y 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.

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). Transforma una trama de datos proveniente del nivel de enlace en una señal adecuada al medio físico utilizado en la transmisión. Sus principales funciones son:

- Definir el medio o medios físicos por los que va a viajar la comunicación.
- Definir las características materiales y eléctricas que se van a usar en la transmisión de los datos por el medio físico.
- Definir las características de la interfaz (alimentación, mantenimiento y liberación del enlace físico)
- Transmitir el flujo de bits a través del medio.
- Manejar las señales eléctricas/electromagnéticas.
- Garantizar la conexión (aunque no la fiabilidad de esta).

Capa de enlace de datos

Se encarga de proporcionar una transmisión sin errores, es decir, un tránsito fiable a través de un enlace físico. Debe crear y reconocer los **límites de las tramas**, realizar **control de errores** para que la información original sea igual a la recibida, y **controlar el flujo** para evitar que el emisor sature la red. Además resuelve los problemas derivados del deterioro, pérdida o duplicidad de las tramas.

En resumen, esta capa se ocupa del direccionamiento físico, de la topología de la red y el acceso a esta, de la notificación de errores, de la distribución ordenada de tramas y el control de flujo.

Capa de red

Su cometido es hacer que los datos lleguen desde el origen al destino (**encaminamiento**), aun cuando ambos no estén conectados directamente. Los dispositivos que facilitan tal tarea se denominan routers o enrutadores. Lleva un **control de la congestión** de red, que se produce cuando una saturación de un nodo tira abajo toda la red.

La PDU (unidades de protocolo de datos) de la capa 3 recibe el nombre de paquete. En este nivel se realiza el direccionamiento lógico y la determinación de la ruta de los datos hasta su receptor final.

Capa de transporte

Su función es aceptar los datos enviados por las capas superiores, dividirlos en pequeñas partes si es necesario y pasarlos a la capa de red. En el caso del modelo OSI también asegura que lleguen correctamente al otro lado de la comunicación. En este nivel el control de errores y de flujo es únicamente extremo a extremo. La PDU de la capa 4 se llama segmentos.

Capa de sesión

Establece, gestiona y finaliza las conexiones entre usuarios (procesos o aplicaciones) finales. Ofrece varios servicios muy importantes para la comunicación como:

- Control de la sesión a establecer entre el emisor y el receptor: quien transmite, quien escucha y seguimiento de ésta.
- Control de la concurrencia: que dos comunicaciones a la misma operación crítica no se efectúen al mismo tiempo.
- Mantener puntos de verificación que sirven para que, ante una interrupción de transmisión, ésta se pueda reanudar desde el último punto de verificación en lugar de repetirla desde el principio.

Capa de presentación

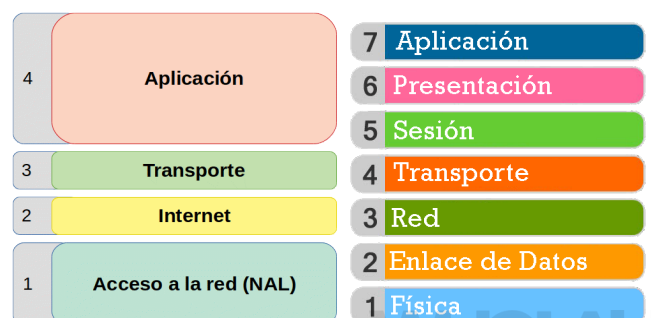
Se encarga de la representación de la información, de manera que, aunque distintos equipos puedan tener diferentes representaciones internas de caracteres, números, etc., los datos lleguen de manera reconocible. Esta capa es la primera en trabajar más el contenido de la comunicación. En ella se tratan aspectos como la semántica y la sintaxis, y también permite cifrar los datos y comprimirlos.

Capa de aplicación

Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios del resto de capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos como: correo electrónico (POP y SMTP), gestores de BD y servidor de ficheros (FTP), etc. Hay tantos protocolos como aplicaciones distintas. Hay que tener en cuenta que normalmente el usuario no interactúa directamente con el nivel de aplicación, sino que lo hace con programas que a su vez si interactúan con este nivel, pero ocultando la complejidad de estas tareas.

2.3 Comparación del modelo OSI y el modelo TCP/IP

TCP/IP es el protocolo común utilizado por todas la computadoras conectadas a Internet, de manera que estas pueden comunicarse entre sí aunque sean de clases muy diferentes y con hardware y software incompatible en muchos casos, haciendo que la comunicación entre todos sea posible siendo compatible con cualquier SO y tipo de hardware. TCP/IP no es el único protocolo, sino



un conjunto de protocolos que cubren distintos niveles del modelo OSI; los más importantes son el TCP (*Transmission Control Protocol*) y el IP (*Internet Protocol*), que son los que dan nombre al conjunto del modelo.

Capa de aplicación

Se corresponde con los niveles de aplicación, presentación y sesión. Se incluyen protocolos destinados a proporcionar servicios, tales como correo electrónico (SMTP), transferencia de archivos (FTP), conexión remota (TELNET) y otros más recientes como el protocolo HTTP.

Capa de transporte

Coincide con el nivel de transporte del modelo OSI. Los protocolos de este nivel, tales como TCP y UDP, se encargan de manejar los datos y proporcionar la fiabilidad necesaria en el transporte de los mismos.

Capa de Internet

Es el nivel de red del modelo OSI. Incluye al protocolo IP, que se encarga de enviar los paquetes de información a sus destinos correspondientes. Es utilizada con esta finalidad por los protocolos del nivel de transporte.

Capa de acceso al medio

Se corresponde con los niveles OSI de enlace y nivel físico. Los protocolos que pertenecen a este nivel son los encargados de la transmisión a través del medio físico al que se encuentra conectado cada host, como puede ser una línea punto a punto o una red Ethernet.

2.4 Organismos de estandarización de redes

- **ISO:** Organización internacional para la estandarización.
- **IEEE:** The Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- **IETF:** Internet Engineering Task Force.

3. Terminología y servicios

3.1 Comunicación OSI

Es un modelo por capas con tareas bien definidas entre dos capas adyacentes, N y N+1, en la que la capa inferior (N) es la proveedora de servicios, y la capa superior (N+1) la usuaria, siendo la primera totalmente transparente a la segunda.

Los elementos activos (HW y SW) de la capa N reciben el nombre de entidades de nivel N. Las entidades de nivel N en el emisor y receptor reciben el nombre de entidades pares o paritarias.

Existen dos tipos de comunicación:

- **Comunicación real o vertical:** intercambio de datos entre capas adyacentes en sentido descendente en el emisor y ascendente en el receptor.
- **Comunicación virtual u horizontal:** comunicación observada desde el punto de vista de entidades paritarias. A excepción de la capa física, el resto de capas añaden/eliminan información suplementaria (cabeceras + colas) para permitir comunicación coherente entre entidades paritarias. Las cabeceras se irán eliminando al ir pasando los datos a las capas superiores (encapsulado de datos). A los datos transportados en cada bloque se le denomina carga útil (*payload*).

En la comunicación OSI un protocolo es un conjunto de reglas a utilizar para llevar a cabo un servicio. Se basan en el paso de mensajes que generan ciertas acciones por parte de las entidades sobre los datos y presentan una estructura bien definida. Al conjunto de capas+protocolos asociados se le denomina **arquitectura de red**. Pero OSI no puede considerarse como tal, pero sí TCP/IP, pues está diseñado como una pila de protocolos.

En OSI la comunicación es producida entre capas adyacentes a través de una interfaz de separación, un punto de acceso al servicio (SAP). Tiene una unidad de datos de servicio (SDU), que son los datos manejados por la entidad y que proceden de la capa superior, y una unidad de datos del protocolo (PDU), que es la SDU recibida de la capa superior más la cabecera.

3.2 Maximum Transfer Unit

Cuando hay un paquete demasiado grande para ser enviado a través de la red, dado que cada tecnología tiene un tamaño máximo de tramas que puede transmitir, hay que tener en cuenta el MTU. En un router, host, conmutador, etc., cada interfaz tiene un valor de MTU concreto que depende del tipo de interfaz por el que se van a transmitir los datos, de modo que hay que limitar a una unidad de transferencia máxima.

Con un MTU grande las ventajas son la mejora en la eficiencia de comunicación y la reducción de la sobrecarga de la red, así como la reducción de la carga de CPUs de los dispositivos que procesan los paquetes. Los inconvenientes son, por tanto, la necesidad de tener mayores buffers, la mayor pérdida de información si se pierden paquetes por error o congestión y el bloqueo de una interfaz por el envío de un paquete grande en una línea de baja capacidad, generando problemas en el envío de tráfico prioritario.

3.3 Fragmentación

Al enviar un datagrama IP a través de una red, esta información es envuelta en una trama del nivel de enlace. Si el datagrama es demasiado grande, debemos trocearlo en pedazos más pequeños para que quepan en la MTU disponible. Existen dos tipos de fragmentación:

- **Fragmentación en origen:** realizada por los hosts cuando pretendan enviar paquetes superiores a la MTU de la interfaz.
- **Fragmentación en ruta:** realizada por los routers cuando reciben un paquete más grande del que pueden enviar a través de la MTU de la interfaz de salida.

3.4 Clasificación del tipo de servicio

Los servicios, por cada una de las capas, pueden ser de dos tipos:

- **Orientado a conexión (OC):** se caracteriza porque antes de transmitir los datos o establecer una comunicación, se debe establecer una conexión. → Servicio de telefonía.
- **No orientado a conexión (NOC):** no precisa de la existencia de una conexión previa a la transmisión de la información. → Envío postal

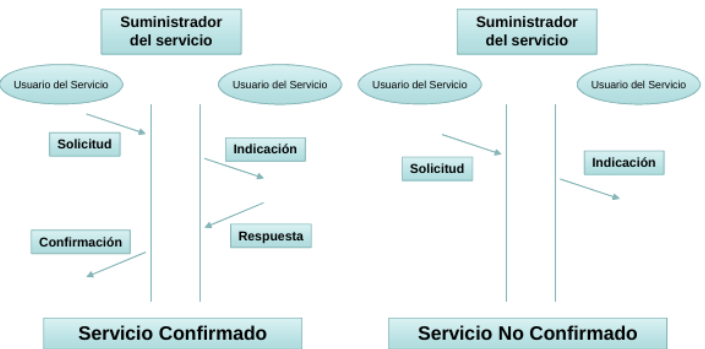
Un servicio puede ser:

- **Confirmado (fiable):** cuando el emisor tiene constancia de la recepción en el destino → envío postal con acuse de recibo
- **No confirmado (no fiable):** no se produce confirmación → envío postal normal

Primitivas de servicio

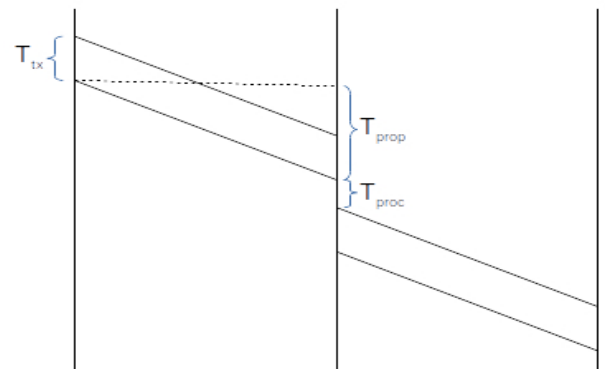
Un servicio se especifica de manera formal con un **conjunto de primitivas** disponibles para que un usuario u otra entidad acceda al servicio, que ordenan al servicio que ejecute o informe sobre alguna acción que haya tomado una entidad paritaria.

- **Request:** petición para realizar una acción.
- **Indication:** notificación de que ha ocurrido un suceso.
- **Response:** solicitud de respuesta a un suceso.
- **Confirm:** confirmación de que ha llegado la respuesta de una acción anterior.



Retardos en la comunicación

1. **Tiempo de procesamiento (T_{proc})⁽¹⁾:** tiempo que se tarda en decidir qué hacer con el paquete. Depende del router y de la carga.
2. **Tiempo de espera en la cola (T_{esp})⁽¹⁾:** depende del tráfico en la red.
3. **Tiempo de transmisión (T_{tx})⁽²⁾:** depende de la velocidad del enlace y del tamaño del paquete (lo que tarda en colocar los datos en el medio). Es lo que más afecta a la velocidad/retardo.
4. **Tiempo de propagación (T_{prop})⁽²⁾:** tiempo que tardan los datos en ir en el medio. Depende de la distancia y del medio de transmisión.



(1) Retardos de dispositivo. (2) Retardos en red

$$T_{prop} = \frac{D(\text{distancia a recorrer})}{V_{prop}(\text{velocidad de propagación})} \quad T_{tx} = \frac{L(\text{longitud del paquete})}{V_{tx}(\text{velocidad de transmisión})}$$

Round Trip Time (RTT): Tiempo para enviar un paquete y recibir su respuesta asociada. Está constituido por la suma de los retardos de cada uno de los enlaces utilizados (ida y vuelta) y el tiempo de proceso del servidor.

4. Internet: Arquitectura y direccionamiento

4.1 Internet

Se puede considerar la mayor red de comunicaciones del planeta (red de redes). Está formada por la interconexión de millones de redes en todo el mundo.

Creció inicialmente en torno a NSFNET, que hacía las funciones de red troncal, a través de la cual debía establecer un enlace cualquier organismo o empresa que quería conectarse a internet.

La estructura de internet está basada en la interconexión de redes de forma más o menos jerárquica con varios niveles, conocidos como **tiers**, de los que existen tres niveles distintos.

- **Redes 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.
- **Redes 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.
- **Redes Tier 3:** pertenecen a los operadores que dan su servicio de conexión a internet a los usuarios; se conocen como ISP (*Internet Service Provider*).

4.2 Tipos de conexiones entre operadores

La conexión entre las redes de diferentes operadores se puede hacer de dos formas:

- **Conexiones de tránsito:** conexión entre operadores de diferente jerarquía en la que el proveedor vende una conexión de tránsito al cliente. El proveedor da acceso al cliente a todas sus rutas y el cliente publica al proveedor sólo sus rutas y no otras que pueda tener con otros proveedores.
- **Conexiones de peering:** utilizada para el intercambio de tráfico sin coste entre dos operadores. Cada operador publica sólo sus rutas y no otras que tenga con otros proveedores u otras rutas de peering. El peering sirve para acceder desde un operador al rango de direcciones IP del otro operador, pero no sirve para llegar a otros rangos de direcciones. Pueden ser de dos tipos:
 - Públicos: utilizando una IXP.
 - Privados: conexión directa entre los dos proveedores.

Una IXP (*Internet eXchange Point*) o punto de intercambio de tráfico de Internet es una infraestructura física que permite a diferentes ISP intercambiar tráfico de Internet entre sus redes.

4.3 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).