

# TCP/IP e Interconexión de Redes. Introducción a la Arquitectura Internet

## OSI. Un Modelo de Referencia

**Lic. Eunice Echeverría Portillo**  
Profesora e Investigadora del CIDETEC-IPN  
**Lic. Ma. del Carmen Celis Ortega**  
Profesora del CIC-IPN

**E**s importante hacer mención, a nivel introductorio, de algunos conceptos relacionados con un esquema lógico para visualizar el conjunto de funciones que participan en la transmisión y procesamiento de información. Este esquema es el modelo de referencia OSI (Open System Interconnection) de ISO ("International Standard Organization", Organización Internacional de Estándares).

OSI plantea alternativas de estandarización, y mejoras importantes para la actualización y desarrollo de cada una de las capas que constituyen su modelo. Como ejemplo, puede mencionarse que el gobierno norteamericano, desde el año 1993, decretó la obligatoriedad de las normas ISO, al definir un perfil de éstas a través de lo que se conoce como GOSIP (Government Open System Interconnection Profile).

### Justificación de la Estratificación por capas

En los inicios de la computación bajo redes de terminales, la definición de servicios estaba obligatoriamente relacionada con sistemas integrados, que se hacían muy difíciles de depurar y mantener. En la medida

en que los servicios de cómputo fueron cada vez más diversos, y las exigencias de quienes los requerían se hizo sentir, estos sistemas plantearon la necesidad de dividir y crear áreas funcionales que pudieran valerse unas de otras. Puede decirse que la computación distribuida empezó a abrirse paso, al plantear sistemas operativos funcionalmente estructurados, capaces de coordinar procesos que podían ejecutarse sin necesidad de esquemas enteramente centralizados.

Bajo las premisas anteriores, el cableado y las aplicaciones están relacionados según una serie de eventos, que definen el stack de funciones que, a su vez, hace posible la prestación de servicios específicos a través de la red. Esto quiere decir, llevar un orden desde el instante en que se activa alguna función mediante el mouse y hasta que se recibe la res-

puesta correspondiente a la opción seleccionada.

### Modelo OSI

El modelo OSI consta de las siguientes etapas:

<b>Application:</b>	Servicios de Aplicación
<b>Presentation:</b>	Representación de datos
<b>Session:</b>	Manejo de sesiones entre procesos
<b>Transport:</b>	Control de errores (end to end)
<b>Network:</b>	Manejo de enrutamiento
<b>Data Link:</b>	Control de enlaces físicos
<b>Physical:</b>	Medios de Comunicación

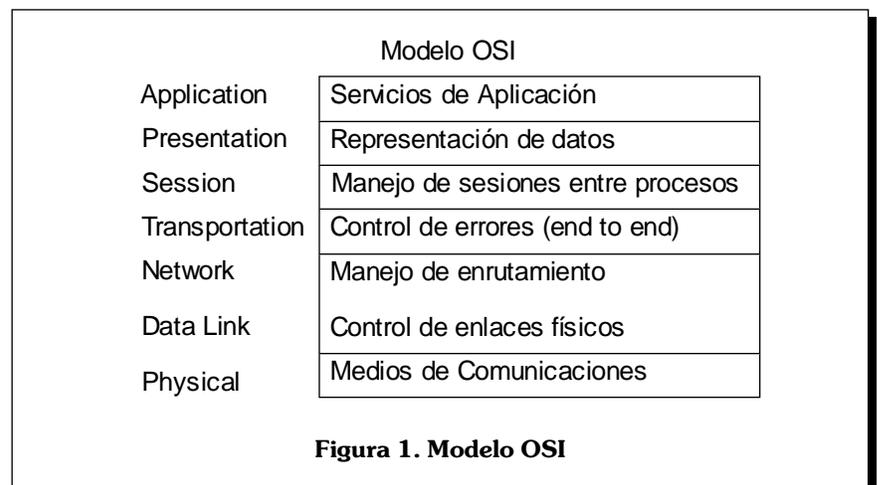


Figura 1. Modelo OSI

ciones

---

### Descripción de las capas constituyentes.

---

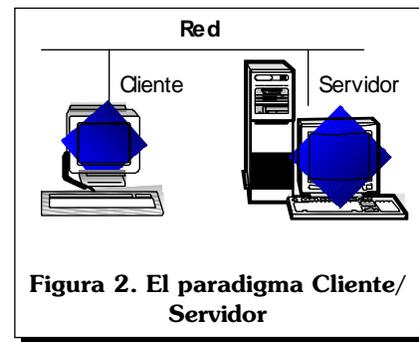
Como se puede observar en la figura anterior, ISO ha estandarizado un modelo de siete capas. A continuación se da un ejemplo que trata de ilustrar prácticamente el funcionamiento de estas capas:

En el momento en que se enciende la computadora, empieza el proceso de conectividad. La máquina ya no solo requiere información local de configuración. Ahora, también requiere aquella que se obtiene de la red. Como buen sistema cooperante, cada nodo de una red es parte de un todo que debe estar adecuadamente conectado. Así, cuando la computadora arranca, ésta informa a los demás elementos constituyentes de la red, que se suma al grupo de máquinas conectadas. Generalmente, si se trata de un cliente, este intercambia información de configuración con algunos servidores y éstos asumen la presencia de un nuevo nodo de la red, que está en derecho de solicitar servicios, estableciéndose la conectividad necesaria.

Estas funciones suelen estar relacionadas con las tres primeras capas constituyentes del modelo ISO: Capas Física, de Enlace de Datos y de Red; aún cuando pudiera agregarse en el proceso de inicialización de la máquina cliente la conexión por defecto a alguna aplicación específica de algún servidor. En este caso, podría darse la apertura de sesiones de trabajo y el establecimiento de los requisitos mínimos para el intercambio de datos (funciones de transporte). En cualquier forma, esto es independiente de la conectividad; de hecho, para que se dé tal proceso, ésta debe ser previamente resuelta.

Asumiendo que no se realizan enlaces por defecto (cosa que es muy práctica), la conectividad solo es asunto de las tres primeras capas del modelo de referencia. Una vez terminada la inicialización de la máquina, se puede decidir hacer uso de recursos que están en la red. Supóngase que se requiere consultar la nómina de la empresa en la que se está laborando; para ello se decide activar una conexión lógica entre el sistema operativo y el del servidor. Este proceso lógico de conexión (el anterior puede verse como un proceso físico), realiza la apertura de una sesión de trabajo y abre un hilo de comunicación entre un proceso del servidor y otro del sistema operativo de la máquina ("interprocess communication", comunicación entre procesos).

Existen tres espacios de ocurrencia lógicamente claros. El primero es la solicitud de apertura del canal lógico entre los procesos comunicantes. Generalmente, este espacio define un intercambio inicial de información de control para que los procesos se puedan reconocer a través de la red. Realizando esto se avanza hacia el espacio o nivel de transporte de datos, en el que el cliente y el servidor realizan tareas específicas según las ordenes del usuario (nivel que se traduce en resultados para el usuario) y, por último, el nivel de término de sesión. Las funciones de presentación tienen que ver con los formatos de datos empleados y los posibles encriptados realizados para la seguridad de la información. Las funciones de aplicación son aquellas que permiten que las aplicaciones clientes puedan engranarse con las demás funciones del arreglo jerárquico (nivel manejado por los programadores de las mismas, mediante las conocidas API's ("Application Programming Interface", Interfases para Programación de Aplicaciones). Normalmente, este nivel es ajeno al usuario; este último nivel es el que engrana las



**Figura 2. El paradigma Cliente/Servidor**

solicitudes del usuario, con los eventos internos propios de la estructura jerárquica de funciones, expuestas en la descripción gráfica de las siete capas del modelo. Este ejemplo es solo una forma sencilla de plantear el porqué de un modelo OSI.

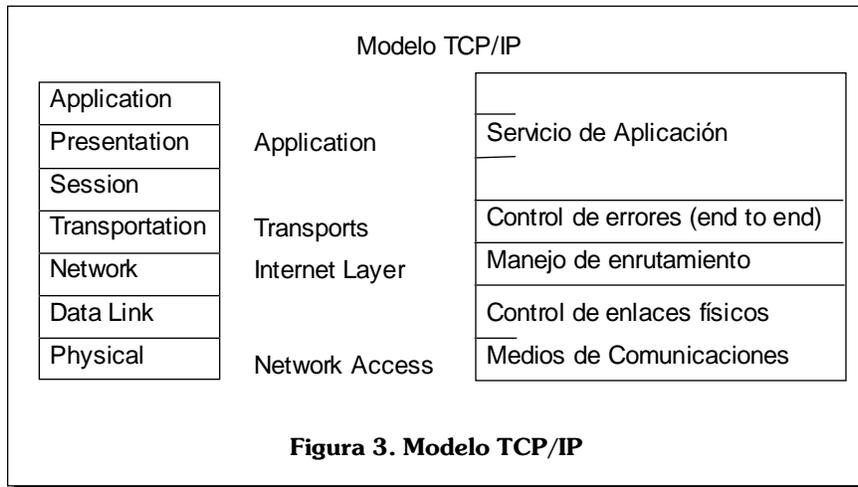
---

### La arquitectura de TCP/IP y sus capas

---

Al igual que OSI, TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) está organizado jerárquicamente. De hecho, es un modelo bastante previo. A diferencia del anterior, el modelo TCP/IP consta solo de cuatro capas y cada una de ellas engloba a un grupo de funciones específicas. Así, la capa de acceso a los servicios de conectividad cubre lo relativo a las capas física y de enlace de datos. Es particularmente importante destacar que, en esta capa, el modelo establece una completa independencia de cualquier tecnología de redes. En otras palabras, TCP/IP no especifica tecnología alguna de redes a las que esté restringido. Esta particularidad ha permitido que las tecnologías hayan evolucionado desde el protocolo X.25 hasta ATM, sin que por ello TCP/IP haya perdido vigencia.

La capa Internet define lo que en OSI se conoce como capa de red. Esta garantiza el enrutamiento de paquetes y genera formatos de los mismos, los cuales son luego trasladados a los formatos de los frames (marcos), es-



**Soporte físico en Internet**

Internet es un agregado de redes; esto supone una topología muy compleja que incluye desde redes de área local (LANs, Local Area Network), hasta enlaces de largo alcance (WANs links, Wide Area Networks).

La estructura típica en Internet se describe a continuación:

pecíficos a la tecnología de redes que se esté utilizando.

La capa de transporte, está vinculada con la integridad de la información enviada ya que, entre otras funciones, se encarga de implementar mecanismos de identificación que permiten realizar un seguimiento de cada byte colocado en la red.

Por último, la capa de aplicación es aquella en la que se definen los protocolos, que se traducen en una utilidad específica para el usuario final, o que definen una estructura de servicios para aplicaciones de nivel más alto. Por ejemplo, el FTP ("File Transfer Protocol") permite la transferencia de archivos entre computadoras. A la vez, es posible que protocolos como el SMTP ("Simple Mail Transfer Protocol"), también ubicado en esta capa, permita que otras aplicaciones (como el correo electrónico), estructuren sus mensajes.

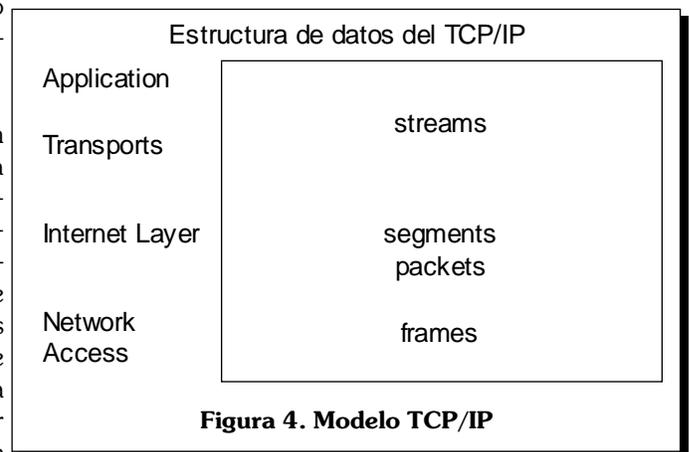
**Estructuras de datos inherentes**

La pila de protocolos TCP/IP, puede visualizarse como un conjunto de programas estrechamente relacionados, capaces de requerir y prestar servicios unos de otros, según el

nivel jerárquico en el que se encuentran.

La relación anterior implica el manejo de lenguajes específicos de comunicación entre cada uno de los protocolos. Este lenguaje está constituido por primitivas de comunicación, que son las encargadas de solicitar servicio, dar respuesta a las solicitudes generadas, informar sobre el estado de una solicitud específica y de entregar resultados. Esto último sugiere la presencia de un producto concreto; en este caso, tal producto no es más que una estructura de datos.

Las estructuras de datos intercambiadas, ya sea entre protocolos de la pila local o entre protocolos de pilas remotas, son específicas del nivel de que se trate. Por ejemplo, los protocolos de la capa de aplicación intercambian mensajes, la capa de transporte intercambia segmentos, la de red paquetes y, por último, la capa de acceso a la red intercambia frames.



Una organización implanta un conjunto de redes locales en sus instalaciones. La característica importante de esas redes es el ancho de banda o velocidad de transmisión de información que generalmente oscila entre los 10 Mbps y los 100 Mbps, sobre un tendido de cableado especial que pertenece íntegramente a la organización.

Dependiendo de su distribución geográfica, esas redes locales se conectan utilizando tendidos de cableado de mayor alcance (Fibra) provistos por empresas especializadas o aprovechando las redes públicas de telefonía (WAN). Así se establecen los enlaces entre organizaciones.

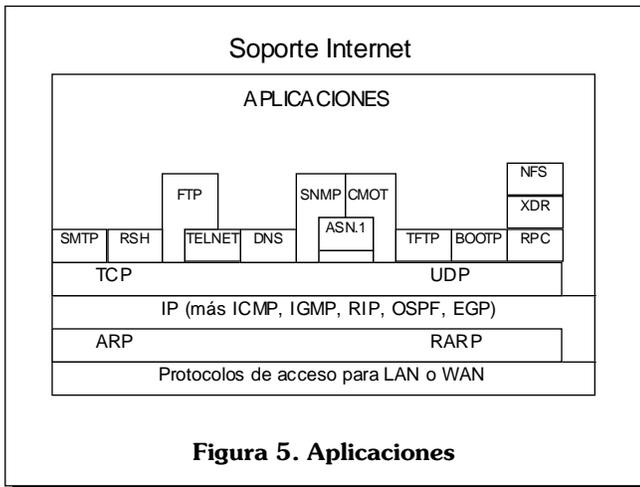


Figura 5. Aplicaciones

amplitud constituyó uno de los primeros esfuerzos por construir Sistemas Abiertos (sistemas capaces de conectarse por sus propios medios a otros sistemas de arquitectura diferente), y consta de cuatro capas que podrían rotularse como física, de envío, de servicio y de aplicación. OSI

la capa de transporte y, en cierto sentido, a la capa de sesión. Los protocolos internacionales comparables son el Connectionless-Mode-Network Service (OSI 8473) para la capa de red, y Connection Oriented Transport Protocol Specification (OSI 8073) para la capa de transporte. Los otros protocolos asociados con TCP/IP se relacionan con la capa de aplicación e incluyen el protocolo de transferencia de archivos (FTP), el protocolo simple de transferencia de correos (SMTP) y los protocolos de emulación de terminales (Telnet).

A nivel de las WAN, las velocidades de transmisión oscilan entre 300 bps y 14400 bps, en los tendidos telefónicos tradicionales. Los requerimientos de la transmisión de datos han provocado que aparezcan una serie de sistemas de comunicaciones de largo alcance a velocidades de transmisión mucho mayores (T1 = 1.544 Mbps, E1 = 2.048 Mbps).

Todas estas variantes en medios de comunicaciones se ocultaban a los usuarios (máquinas y personas) por una serie de "capas" de programación, que se encargan del control de los medios de acuerdo a protocolos bien definidos. Más aún, esas mismas capas se encargan de definir los mecanismos de conexión entre una máquina y otra, adecuándolos al estado de los medios. Además, incrementan la confiabilidad de los sistemas distribuidos, al permitir caminos alternativos para acceder a la información.

**Modelo OSI vs TCP/IP**

TCP/IP y OSI son conjuntos o pilas de protocolos. El conjunto de protocolos TCP/IP, se diseñó para conectar sistemas heterogéneos a través de redes heterogéneas. Esta

está estructurada en torno al modelo de referencia de siete capas, que aunque no existía cuando comenzó el trabajo en TCP/IP, debe reconocerse que se ha convertido en el marco referencial por excelencia. Sin embargo, no es el único modelo: los creadores de TCP/IP adoptaron también (antes que ISO) un modelo por capas para su arquitectura protocolar, que se conoce como modelo del Departamento de Defensa (DOD). Para rebatir OSI en los últimos años, algunas personas argumentan que "si se sabe lo que se está haciendo, tres capas son suficientes, si no se sabe, 17 capas no ayudarán"

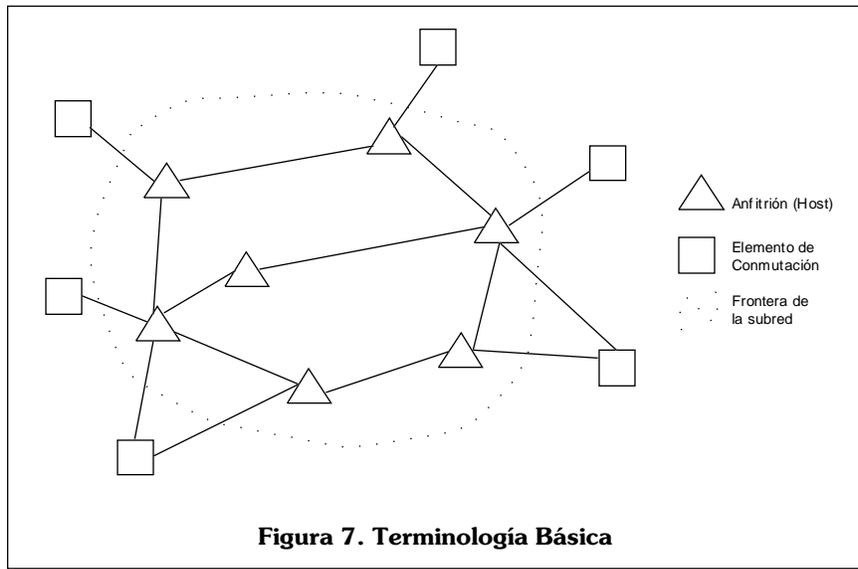
La capa física no está especificada en realidad por TCP/IP. El usuario tiene la libertad de utilizar cualquier transmisión física, incluyendo las redes de área amplia, de área metropolitana y de área local. El protocolo Internet (IP) de TCP/IP es más o menos equivalente a la capa de red del modelo OSI, en tanto que TCP corresponde, cuando menos, a

La figura 6 intenta presentar la relación que existe entre las capas TCP/IP, el modelo de referencia OSI y los estándares de componentes reales para guiar el desarrollo de

		TCP/IP vs OSI		
		TCP/IP	OSI	
Aplicación	TELNET	FTP	VTP	Aplicación
	SMTP	FTAM	X.400	
Servicio	TCP	ISO 8823	ISO 8823	Presentación Sesión
	UDP	ISO 8823	ISO 8823	
Envío	IP	ISO 8473		Transporte Red
Físico	X25	LLC/MAC		Enlace de datos Físico
	802.x	Modems		
	SLIP	802.x		
	ppp	LAN		

Figura 6. TCP/IP vs. OSI

sistemas. En el lado derecho se presentan los siete nombres de capas del modelo OSI. Dentro de los recuadros hay nombres o números de OSI de algunos de los estándares de cada capa. En el lado izquierdo hay algunos nombres de las capas de los cuatro niveles de TCP/IP; y en los recuadros están los nombres de las componentes de TCP/IP en esos niveles. El conjunto de protocolos TCP/IP ha sido igualado con los estratos adecuados del modelo OSI; pero se debe tener presente que es mas sencillo trazar estas figuras que



**Figura 7. Terminología Básica**

hacer equivalentes reales entre estas componentes. En general, los estándares OSI son mucho más robustos que los de TCP/IP, tanto en número como en funcionalidad. Uno de los desafíos para los usuarios de las redes TCP/IP en los próximos años, será la necesidad de emigrar a estándares OSI.

**Terminología básica**

La lámina siguiente muestra los componentes generales de Internet. Realmente es una manera de colocarle nombres a los objetos del sistema; con una nomenclatura sencilla, usuarios y administradores podrán hablar de la red con facilidad y eventualmente, reunir esfuerzos para mejorar su funcionamiento.

Los componentes mostrados son:

- \* Anfitriones (Hosts): Computadoras completas, con los servicios y aplicaciones para usuarios, que pueden ser accedidos desde otros anfitriones, desde terminales o computadoras básicas. Uno de los principios

ocultos en esta nomenclatura es aquel que establece que una computadora puede acceder a la información y servicios de otros y a la vez ofrecer los suyos a los demás.

- \* Elemento de conmutación (IMP: Interface Message Procesor): Inicialmente eran dispositivos electrónicos de relativa complejidad. Actualmente son computadoras especialmente diseñadas para controlar los medios de transmisión.

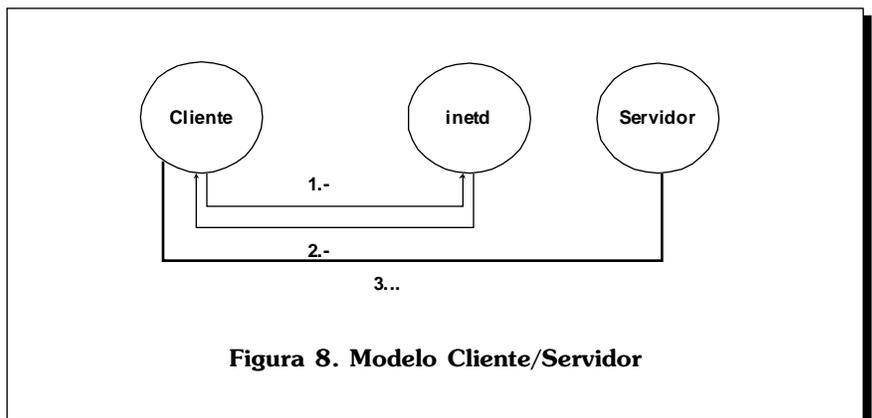
**El modelo Cliente-Servidor**

El modelo de trabajo predomi-

nante en Internet es el Cliente-Servidor. Revisando este paradigma se pueden hacer las siguientes acotaciones:

- 1.- El cliente es el usuario del servicio, y lo solicita enviando un mensaje a través de la red.
- 2.- El servidor es el proveedor del servicio que está a la espera de los mensajes de los clientes.
- 3.- La relación, como se puede ver, es asimétrica.
- 4.- La comunicación entre clientes y servidores puede orientarse a conexión, en el caso que se requiera una conexión prolongada y confiable. Puede ser también, no orientada a conexión, si lo que se requiere es una interacción simple y fugaz (por ráfagas).
- 5.- Los servidores pueden ser iterativos, que atienden a un solo cliente a la vez, o concurrentes, que atienden a muchos clientes simultáneamente. En UNIX y TCP/IP, por ejemplo, se tienen servidores concurrentes, que atienden las solicitudes de los clientes para los diversos servicios, notificando a los programas correspondientes (telnet, ftp, entre otros)

La **figura 8** ilustra el funcionamiento del programa inetd.



**Figura 8. Modelo Cliente/Servidor**

## Elementos básicos

### Tecnologías de redes: Medios de transmisión

Uno de los aspectos más importantes en el campo de interconexión de redes es determinar el medio físico a utilizar para la transmisión de la información, siendo éste un factor decisivo en la velocidad de transmisión de la red.

Entre los medios de transmisión más utilizados se pueden nombrar los siguientes:

- o Cable par trenzado
- o Línea telefónica (Enlaces Discados y Dedicados)
- o Cable coaxial (10 Base2, 10 Base5, 10 Base T)
- o Fibras ópticas (10 BaseF)

**Cable 10 Base T** (par trenzado). Este medio de transmisión consiste en un par (pueden ser más) de cables de cobre aislados entre sí y entrelazados en forma helicoidal, con la finalidad de reducir la interferencia eléctrica que se produciría si se utilizaran cables paralelos.

Las características principales de este medio de transmisión son las siguientes:

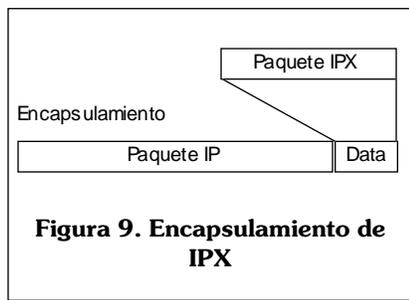
- o Economía en la instalación.
- o Ancho de banda bajo.
- o Velocidad de transmisión de varios Mbps.
- o Alcance de varios kilómetros sin necesidad de amplificar las señales.

**Línea Telefónica.** Consiste en utilizar las líneas telefónicas existentes como medio de transmisión; se hace necesario para ello, emplear dispositivos adicionales llamados modems,

que conviertan las señales digitales a transmitir a formatos analógicos, a fin de que puedan ser manejadas por las líneas telefónicas. Este tipo de medio permite lograr un alcance mucho mayor a la transmisión, aunque se pierde velocidad.

Características del medio de transmisión:

- o Facilidad para utilizar líneas telefónicas existentes.
- o Necesidad de utilizar dispositivos externos (modems).
- o Baja velocidad de transmisión.
- o Transmisión a grandes distancias sin necesidad de utilizar amplificadores.
- o Existen dos variantes, las líneas



**Figura 9. Encapsulamiento de IPX**

telefónicas discadas y las líneas telefónicas dedicadas.

**Cable coaxial.** Consiste en un cable concéntrico formado por un núcleo de cobre de aproximadamente 1 mm de espesor, el cual está cubierto por una capa protectora de plástico. Sobre la capa se encuentra una malla de material conductor que opera como una pantalla, o aislante, contra las interferencias electromagnéticas externas; esto hace que el cable sea bastante inmune al ruido. Esta malla se encuentra recubierta por una última capa de plástico que cubre todo el conjunto.

Las características principales de este medio de transmisión son una mayor inmunidad al ruido y una menor atenuación de la señal, que la

presentada por los medios de transmisión nombrados anteriormente.

**FDDI (Fiber Distributed Data Interface).** Este es el medio de transmisión menos común en redes de área local, principalmente, debido a un costo elevado. Aquí la información se transmite mediante pulsos de luz, lo que permite representarla mediante la ausencia o presencia de una señal luminosa viajando a través de un filamento de vidrio o plástico. Este medio presenta un ancho de banda muy alto, permitiendo que un mismo canal se pueda utilizar para múltiples propósitos sin menoscabar la velocidad de transmisión en el medio. Por último, al no ser las señales de naturaleza eléctrica, éstas no se ven afectadas por interferencias producidas por campos electromagnéticos cercanos.

### Ethernet y el estándar IEEE 802.3

Es un conjunto de normas que fueron desarrolladas por el comité de la IEEE y coinciden con la red Ethernet que fue desarrollada por las compañías DEC, XEROX e INTEL. En esta norma, se establecen patrones para la interconexión de redes locales, en las cuales se utiliza el protocolo CSMA/CD y topología lineal (bus).

### Token Ring y el estándar IEEE 802.5

Al igual que la IEEE 802.3, es un conjunto de normas para estandarizar la interconexión de redes de área local. Este es compatible con la especificación Token Ring de IBM, que está dirigida a la interconexión de redes con topología de anillo. La lámina adjunta muestra algunas de las características de esta norma.

### Tecnologías de Redes: La interface Network Card (NIC)

Una tarjeta de interfaz de red es

un dispositivo que contiene todo el hardware necesario para permitir que una computadora se conecte a una red de comunicaciones. Estas NIC controlan el acceso a la red y realizan todo el manejo de colisiones.

**Packets Drivers**

Los Packet Drivers son programas que se encargan, junto con la tarjeta interfaz de red, de controlar el movimiento de los paquetes que circulan por la computadora a través de la red. Son éstos los responsables del manejo de los errores que puedan ocurrir, así como de la posible acción a tomar en caso de que se puedan corregir los errores. Los Packet Drivers son programas que se instalan en forma de programas residentes.

La idea básica es facilitar herramientas para la comprensión de tópicos relacionados con la interconexión de redes, que operan utilizando la familia de protocolos TCP/IP, aún cuando existen otro tipo de redes de uso muy difundido en las cuales ésta no es empleada.

El ejemplo más común lo constituyen las redes Novell NetWare. En ellas se emplea un protocolo conocido como IPX, protocolo funcionalmente similar al IP, pero de implementación distinta. Para permitir una interconexión transparente entre estos dos tipos de redes, (o entre dos redes Novell separadas por una red que opere sobre TCP/IP, tal como X.25), se ha implementado una técnica denominada "Encapsulamiento de IPX sobre TCP/IP."

Esta técnica está disponible a partir de la versión 3.11 de Novell Netware y consiste en tener un servidor en el cual se corren simultáneamente programas para manejar los protocolos IPX y TCP/IP. Esto permite que el servidor Novell pueda "mirar" dentro de los paquetes Ethernet reci-

dos, examinar la dirección IP de la estación destino y decidir cómo enviar la información del paquete a la dirección del destinatario. Para ello, los paquetes IPX provenientes de la red Novell se incluyen como si fueran la información de un paquete TCP/IP, ocultando a la red TCP/IP la naturaleza IPX del paquete transmitido. Al tener un servidor ejecutando ambos tipos de protocolos, se puede utilizar la misma tarjeta de red para enviar y recibir los paquetes IP y los paquetes IPX; esto supone la existencia de un nodo IPX que actúa a la vez como un nodo TCP/IP, y que hace las veces de un enrutador local

para transmitir mensajes entre redes de protocolos diferentes.

**Bibliografía**

- [1] Douglas Comer. *"Interworking with TCP/IP"*. Prentice Hall
- [2] Daniel Z. Tabor Jr. *Hardware Protocol Layers, Client/Server Paradigm*. <http://www.cs.njit.edu/cis456/references>
- [3] Jan Newmarch. *ISO OSI Protocol*. [Http://pandonia.canberra.edu.au/ClientServer](http://pandonia.canberra.edu.au/ClientServer)
- [4] Jhon Edgar Amaya. <http://www.unet.ve/jedgar/redes1.html>
- [5] Drew Heywood. *"Edición Especial Redes con Microsoft TCP/IP"*. 2ª. edición. Prentice Hall, 1998.
- [6] EdKrol. *"Conectate al Mundo de Internet"*. 2ª. edición.

Medios de transmisión		
Características	Ethernet (IEEE 802.3)	Token Ring (IEEE 802.5)
Topología	Barra Extendida	Anillo Físico
Acceso al medio	CSMA/CD	Ficha o Testigo
Medio de transporte	Cable Coaxial o Fibra	Par Trenzado o Fibra
Distancia máxima	2500 mts.	100mts
# máximo de estaciones	1024 estaciones	260 estaciones
Velocidad de transporte	1-10-100 Mbps	1,4,y 16 Mbps.
Código de línea	Manchester	Manchester
Forma de transmisión	-Banda de base, -Portadora Modulada	Banda de base

**Figura 10. Medios de transmisión**