

1

CAPAS DE PROTOCOLOS



Objetivo

- Describir las capas de protocolos y los modelos de servicios que han permitido que Internet crezca hasta incluir miles de redes.

Manual de clases

Última modificación:
13 de febrero de 2023

Tema 1 de:
PROTOCOLOS DE INTERNET
Edison Coimbra G.

1. ARQUITECTURA EN CAPAS

CAPAS DE PROTOCOLOS

Descripción de una actividad humana

(Kurose, 2017)

- **Internet es un sistema** extremadamente complicado. Son muchas las piezas que conforman Internet: numerosas aplicaciones y protocolos, distintos tipos de hosts, dispositivos de conmutación de paquetes y diversos tipos de medios para los enlaces. **La idea es organizar** una arquitectura que describa las relaciones entre todas esas piezas. Y, para ello, se va a analizar una **analogía humana**.
- **Suponga** que se va a describir cómo funciona el sistema de líneas aéreas. ¿Qué estructura se utilizaría para describir este complejo sistema que emplea vendedores de pasajes, personal de facturación de equipajes, personal para las puertas de embarque, pilotos, aviones, control de tráfico aéreo y un sistema de ámbito mundial para dirigir los aviones?
- **Una forma de describir** este sistema consistiría en describir la serie de acciones que se realizan **cuando se vuela en un avión** (ver figura).
- **Observe** que existen analogías con las redes de computadoras: **la compañía aérea** traslada un pasajero desde un origen hasta un destino, al igual que **Internet** transporta un paquete de datos desde un host de origen hasta un host de destino.
- **Pero lo más importante** es que se pueden organizar las funcionalidades de manera horizontal, es decir, por ejemplo, la función de embarque y desembarque, de despegue y aterrizaje o de control de vuelo, lo cual posibilita encontrar una cierta estructura.



Arquitectura en capas

CAPAS DE PROTOCOLOS

Arquitectura en capas de una actividad humana

(Kurose, 2017)

- **En la figura**, se han separado las distintas funciones de la compañía aérea en capas, proporcionando un marco de trabajo en el que se puede explicar cómo se realiza un viaje en avión.
- **Cada capa**, combinada con las capas que tiene por debajo, implementa una cierta **funcionalidad**, un cierto **servicio**.



- ▶ **En la capa Pasaje** e inferiores se lleva a cabo la transferencia de una persona de un mostrador de línea aérea a otro.
- ▶ **En la capa Equipaje** e inferiores se realiza la transferencia de una persona y su equipaje desde el punto de facturación hasta la recogida del equipaje. La capa Equipaje solo proporciona este servicio a las personas que ya han adquirido su pasaje.
- ▶ **En la capa Embarque**, se realiza la transferencia embarque/desembarque de una persona y su equipaje.
- ▶ **En la capa Despegue/Aterrizaje**, se realiza la transferencia pista a pista de personas y equipajes.

Arquitectura en capas

CAPAS DE PROTOCOLOS

Beneficios de la arquitectura en capas

(Kurose, 2017)

- **Cada capa** proporciona su servicio:
 - ▶ (1) Lleva a cabo determinadas acciones dentro de dicha capa. Por ejemplo, en la **capa Embarque**, se hace subir y bajar al pasajero del avión.
 - ▶ (2) Utiliza los servicios de la capa que tiene debajo de ella. Por ejemplo, la **capa Embarque** utiliza el servicio de transferencia de pasajeros pista a pista de la **capa de Despegue/Aterrizaje**.



- **Una arquitectura de capas** permite estudiar una parte específica y bien definida de un sistema mas grande y complejo. Esta simplificación tiene un valor considerable por sí misma, al proporcionar modularidad, haciendo mucho más fácil modificar la implementación del servicio suministrado por la capa. Por ejemplo, si se modifica la forma de embarcar y desembarcar por la altura, el resto del sistema permanecerá invariable.
- **En sistemas complejos** de gran tamaño que se actualizan constantemente, la capacidad de modificar la implementación de un servicio sin afectar al resto de los componentes del sistema es otra importante ventaja de la disposición en capas.

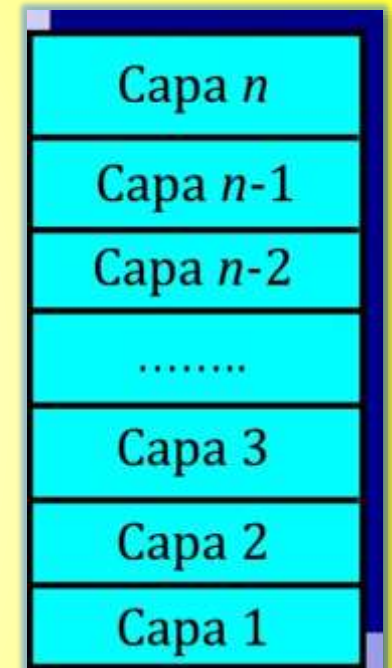
Arquitectura en capas

CAPAS DE PROTOCOLOS

Capas de protocolos de red

(Kurose, 2017)

- **Para proporcionar** una estructura al diseño de protocolos de red, los diseñadores de redes organizan los protocolos en capas, incluyendo el hardware y el software de red que implementan los protocolos.
- **Cada protocolo** pertenece a una de las capas. Cada capa ofrece **servicios** a la capa que tiene por encima; a esto se denomina **modelo de servicio** de la capa. Como en el caso de compañía aérea, cada capa proporciona sus servicios: (1) lleva a cabo ciertas acciones en dicha capa y (2) utiliza los servicios de la capa que tiene directamente debajo de ella.
 - **Por ejemplo:** los servicios proporcionados por la **capa n** pueden incluir la entrega fiable de mensajes de un extremo de la red al otro. Esto podría implementarse mediante un servicio no fiable de entrega de mensajes extremo a extremo de la **capa $n-1$** , y añadiendo una funcionalidad de la **capa n** para detectar y retransmitir los mensaje perdidos.
- **Cuando** los protocolos de distintas capas se toman en conjunto se denominan **pila de protocolos**. La pila de protocolos de Internet consta de cinco capas, se la conoce como **Suite TCP/IP**.



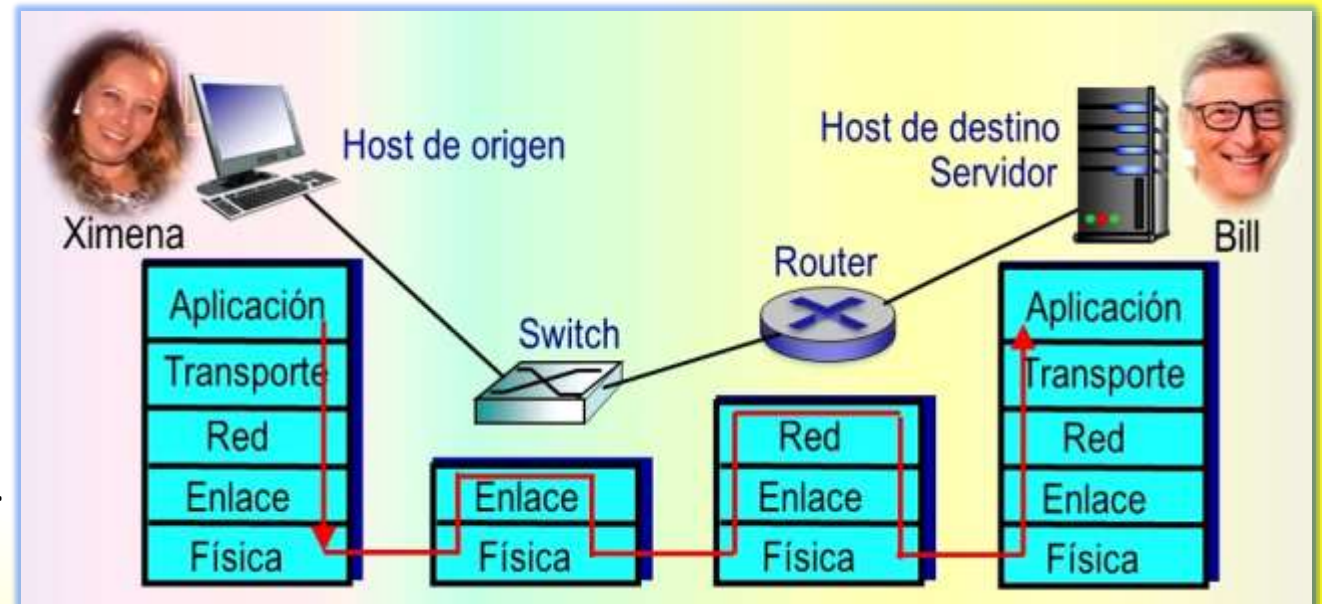
Arquitectura en capas

CAPAS DE PROTOCOLOS

Implementación de la pila de protocolos TCP/IP

(Kurose, 2017)

- **Una capa de protocolo** puede implementarse por software, por hardware o mediante una combinación de ambos.
- **Los protocolos** de la **capa de aplicación**, como HTTP y SMTP, casi siempre se implementan por software en los hosts, al igual que los protocolos de la **capa de transporte**.
- **La capa de red** a menudo es una implementación mixta de hardware y software.
- **Puesto que** la **capa física** y la **capa de enlace de datos** son responsables de manejar la comunicación a través de un enlace específico, normalmente se implementa en las tarjetas de interfaz de red, NIC, asociadas con un determinado enlace, por ejemplo, tarjetas de interfaz Ethernet o WiFi.
- **Un protocolo** de **capa n** está **distribuido** entre los host, los routers, los switches y demás componentes que conforman la red. Es decir, suele haber una parte del protocolo de **capa n** en cada uno de estos componentes.



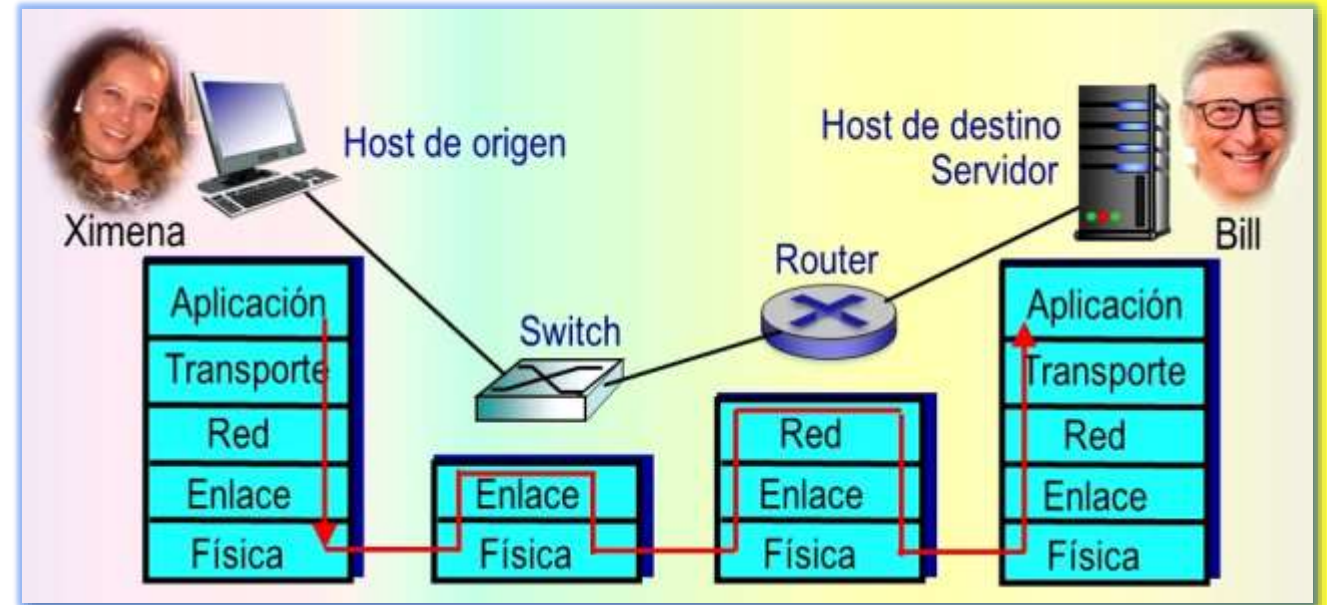
Arquitectura en capas

CAPAS DE PROTOCOLOS

Ventajas e inconvenientes de la arquitectura en capas

(Kurose, 2017)

- **Las capas de protocolos** presentan ventajas conceptuales y estructurales. Proporcionan una forma estructurada de estudiar los componentes del sistema.
- **Además**, la **modularidad** facilita la actualización de los componentes del sistema, aunque algunos investigadores e ingenieros se oponen a la estructura en capas.
- **Un potencial inconveniente** de la estructura en capas es que una capa puede **duplicar la funcionalidad** de la capa inferior. Por ejemplo, muchas pilas de protocolos proporcionan una función de recuperación de errores tanto para cada enlace, como extremo a extremo.
- **Un segundo inconveniente** potencial es que la funcionalidad de una capa puede precisar información que solo existe en otra capa, y esto viola el objetivo de la separación en capas.



2. DESCRIPCIÓN DE LAS CAPAS DE PROTOCOLOS

CAPAS DE PROTOCOLOS

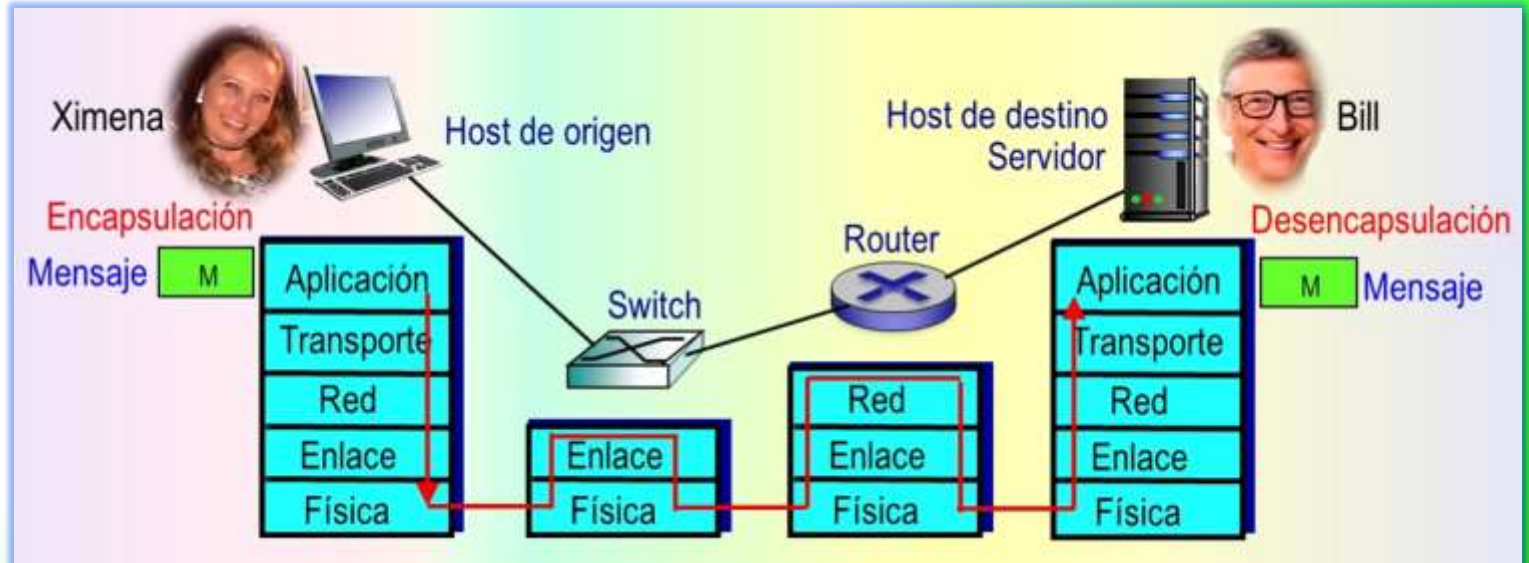
Capa de aplicación

(Kurose, 2017)

- **Es la capa donde** residen las aplicaciones de red y sus protocolos de capa de aplicación. La capa de aplicación de Internet incluye muchos protocolos, tales como:
 - ▶ **HTTP**. Que permite la solicitud y transferencia de documentos web.
 - ▶ **SMTP**. Que permite la transferencia de mensajes de correo electrónico.
 - ▶ **FTP**. Que permite la transferencia de archivos entre dos sistemas terminales.

- **Determinadas funciones de red**, como la traducción de los nombres legibles que utilizan las personas para los hosts de Internet (por ejemplo www.upsa.edu.bo) en direcciones de red de 32 bits se realiza también con la ayuda de un protocolo específico de la capa de aplicación: en concreto, mediante el Sistema de Nombres de Dominio (**DNS**).

- **Un protocolo** de la capa de aplicación está distribuido entre varios hosts, con la aplicación en un host utilizando el protocolo para intercambiar paquetes de información con la aplicación que se ejecuta en otro host. A este paquete de información de la capa de aplicación se denomina **mensaje**.



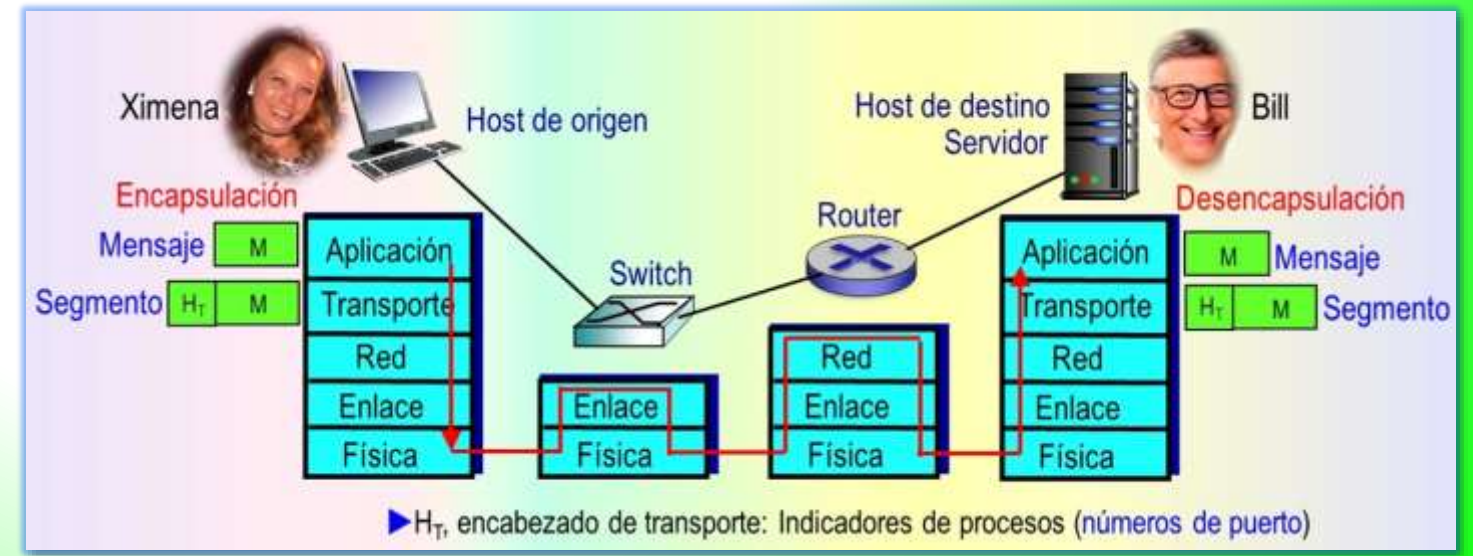
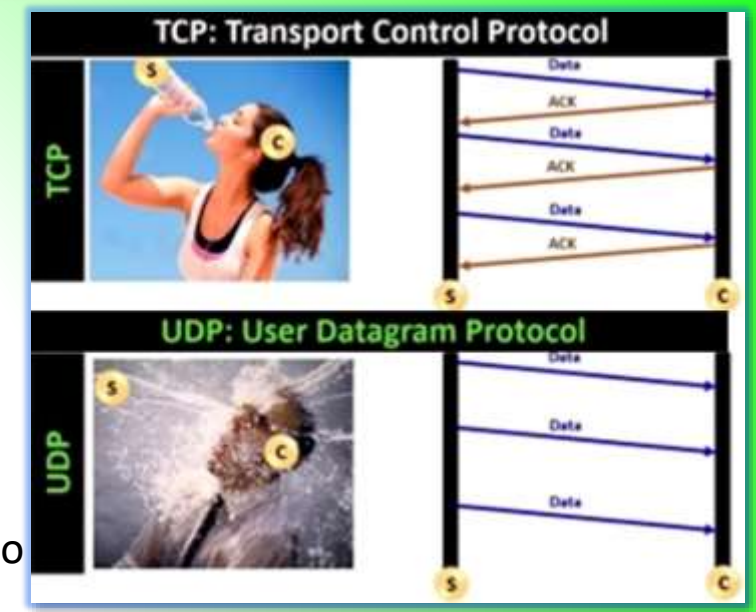
Descripción de las capas de protocolos

CAPAS DE PROTOCOLOS

Capa de transporte

(Kurose, 2017)

- **Esta capa** transporta los mensajes de la capa de aplicación entre los puntos terminales de la aplicación. En Internet, existen dos protocolos de transporte, TCP y UDP.
 - ▶ **TCP**. Ofrece a sus aplicaciones un servicio **orientado a conexión** y el suministro garantizado de los mensajes al destino. Proporciona un mecanismo de **control de flujo** (adaptación de las velocidades del emisor al receptor) y **control de congestión** (el emisor regula su velocidad cuando la red está congestionada).
 - ▶ **UDP**. Proporciona a sus aplicaciones un servicio **sin conexión**. Es un servicio básico que no ofrece ninguna fiabilidad, ni control de flujo, ni control de congestión.
- **Los paquetes de** la capa de transporte se denominan **segmentos**. Los mensajes largos se dividen en segmentos más cortos.
- **La capa de transporte** agrega al mensaje una información de cabecera (H_T) que es utilizada en el lado receptor para entregar el mensaje a la aplicación apropiada.



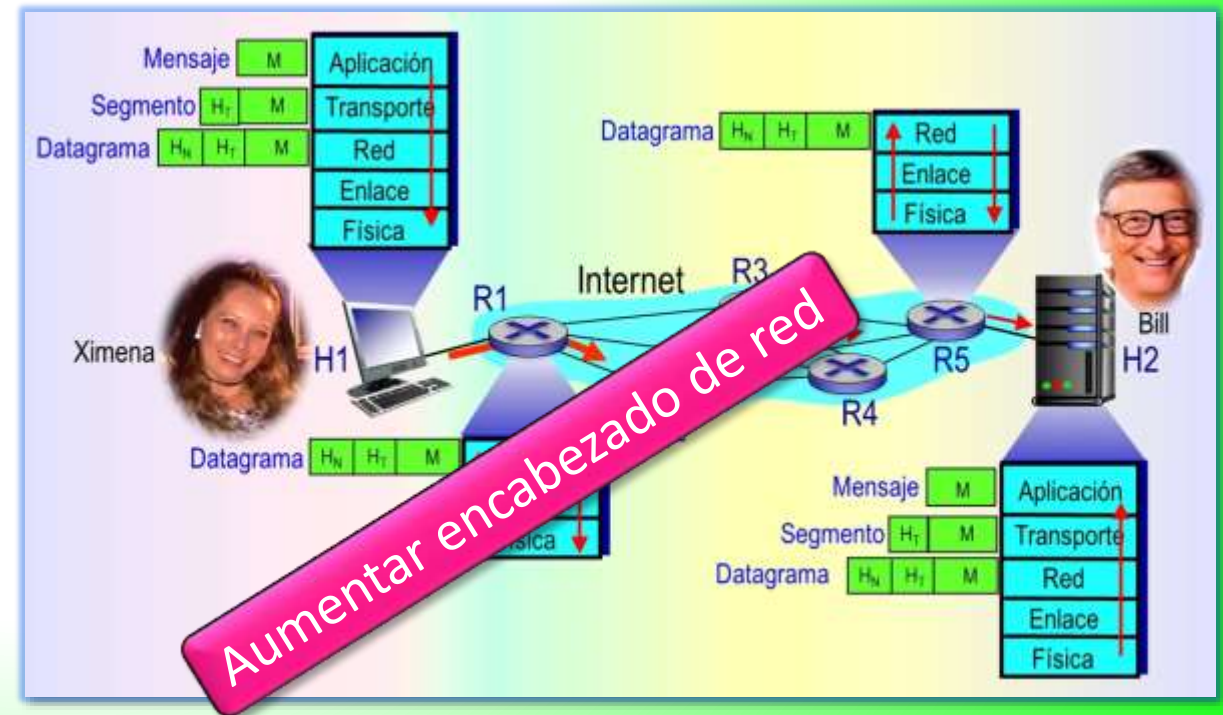
Descripción de las capas de protocolos

CAPAS DE PROTOCOLOS

Capa de red

(Kurose, 2017)

- **Esta capa** es responsable de trasladar los paquetes de la capa de red, conocidos como **datagramas**, de un host a otro. El protocolo de la capa de transporte (TCP o UDP) de un host de origen pasa un segmento y una dirección de destino a la capa de red.
- **La capa de red** agrega al segmento una información de cabecera (H_N), con las direcciones de los host de origen y de destino para determinar la ruta que seguirá el paquete hasta llegar a destino, donde suministrará el segmento a la capa de transporte del host de destino. Incluye los siguientes protocolos:
 - **IP**. Define los campos del datagrama, así como la forma en que actúan los host y los routers sobre estos campos. Existe un único protocolo IP y todos los componentes de Internet que tienen una capa de red deben ejecutar el protocolo IP.
 - **Protocolos de routing**. Determinan las rutas que los datagramas siguen entre los orígenes y los destinos. Se dispone de muchos protocolos de routing como **RIP, OSPF, IGRP, IS-IS, BGP**.
- **Aunque la capa de red** contiene tanto el protocolo IP como numerosos protocolos de routing, suele hacerse referencia a ella simplemente como la **capa IP**.




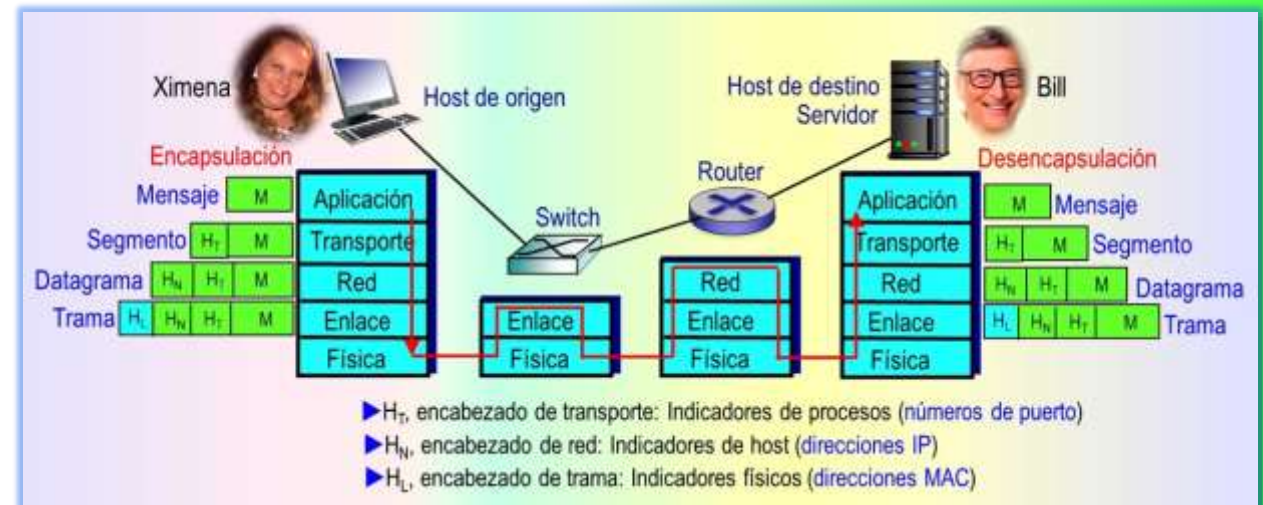
Descripción de las capas de protocolos

CAPAS DE PROTOCOLOS

Capa de enlace

(Kurose, 2017)

- **La capa de red** encamina un datagrama a través de una serie de routers entre el origen y el destino. Para trasladar un paquete de un nodo (host o router) al siguiente nodo de la ruta, la capa de red confía en los servicios de la capa de enlace.
- **En concreto**, en cada nodo, la capa de red pasa el datagrama a la capa de enlace, que entrega el datagrama al siguiente nodo existente a lo largo de la ruta. En ese siguiente nodo, la capa de enlace pasa el datagrama a la capa de red.
- **La capa de enlace** agrega a los datagramas información de cabecera (H_L), para controlar la transmisión a través del enlace físico entre dos nodos y la entrega fiable, sin errores, de los paquetes. Los paquetes de la capa de enlace se denominan **tramas**.
- **Los servicios** proporcionados por la capa de enlace dependen del protocolo concreto que se emplee en el enlace. Por ejemplo, algunos protocolos proporcionan una entrega fiable desde el nodo transmisor a través de un enlace y hasta el nodo receptor.
 -  **Observe** que este servicio de entrega fiable es diferente al de TCP; que lleva a cabo una entrega fiable desde un host a otro.
- **Entre los protocolos** de la capa de enlace se incluyen **Ethernet**, **WiFi** y el protocolo **DOCSIS** de la red de acceso por cable.
- **Normalmente** los datagramas atraviesan distintos enlace para viajar desde el origen a destino, por lo que son manipulados por distintos protocolos a lo largo de la ruta. Por ejemplo, **Ethernet** en un enlace y **PPP** en otro.



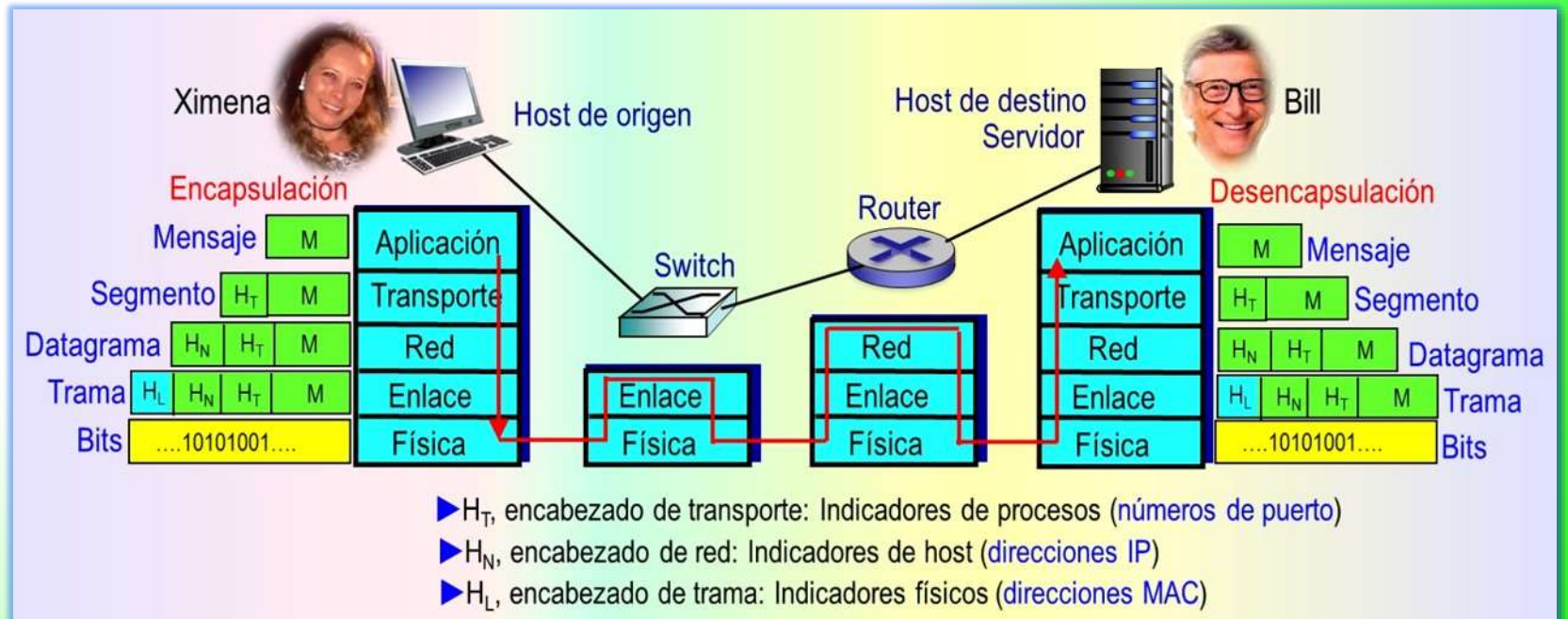
Descripción de las capas de protocolos

CAPAS DE PROTOCOLOS

Capa física

(Kurose, 2017)

- **Mientras** que el trabajo de la capa de enlace es mover tramas completas de un elemento de la red hasta el elemento de red adyacente, el trabajo de la capa física consiste en mover de un nodo al siguiente los bits individuales que forman la trama.
- **Los protocolos** de esta capa son dependientes del enlace y, por tanto, dependen del medio de transmisión del enlace.
- **Ethernet** dispone de muchos protocolos de la capa física: uno para cable de cobre de par trenzado, otro para cable coaxial, otro para fibra óptica.
- **En cada caso**, los bits para desplazarse a través del enlace tienen que ser transformados en señales digitales (pulsos eléctricos, pulsos de luz, símbolos para radio), de acuerdo al medio de transmisión del enlace.



3. MODELOS DE REFERENCIA DE RED

CAPAS DE PROTOCOLOS

Descripción del modelo OSI

- **La pila de protocolos** de Internet no es la única existente. En concreto, a finales de 1970, la Organización Internacional para la Estandarización, **ISO**, propuso que las redes de computadoras fueran organizadas en **siete capas**, en lo que se denomina modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos, **OSI**.
- **Probablemente**, los inventores del modelo OSI original no estaban pensando en Internet cuando lo crearon, pero tuvo un fuerte impacto sobre la formación profesional en redes, por eso aun perdura en la literatura técnica.
- **La funcionalidad** de las **Capas de Aplicación, Transporte, Red, Enlace y Física** es básicamente la misma que sus contrapartidas, del mismo nombre del modelo Internet TCP/IP.
- **Las diferencias** se encuentran en las **Capas de Presentación y de Sesión**.



Modelos de referencia de red

CAPAS DE PROTOCOLOS

El modelo OSI y el TCP/IP

(Kurose, 2017)

- **La función** de la **Capa de Presentación** del modelo OSI es la de proporcionar servicios que permiten a las aplicaciones que se comunican interpretar el significado de los datos intercambiados. Estos servicios incluyen la **compresión** y el **cifrado de los datos**, así como la **descripción de los datos**, liberando a la aplicación de tener que preocuparse por el formato interno en el que los datos se representan y almacenan, formatos que pueden diferir de una PC a otra.
- **La Capa de sesión** del modelo OSI, permite **delimitar** y **sincronizar** el intercambio de datos, incluyendo los medios para crear un punto de **restauración** y un esquema de **recuperación**.
- **El hecho** de que en el modelo Internet TCP/IP falten dos de las capas existentes en el modelo de referencia OSI plantea las interrogantes:
 - ▶ **¿Acaso** los servicios proporcionados por estas dos capas no son importantes?
 - ▶ **¿Qué ocurre** si una aplicación necesita uno de estos servicios?
- **La respuesta de Internet** a ambas preguntas es la misma: **es problema del desarrollador de la aplicación**, quien tiene que decidir si un servicio es importante y si lo es, será su problema incorporar dicha funcionalidad a la aplicación.

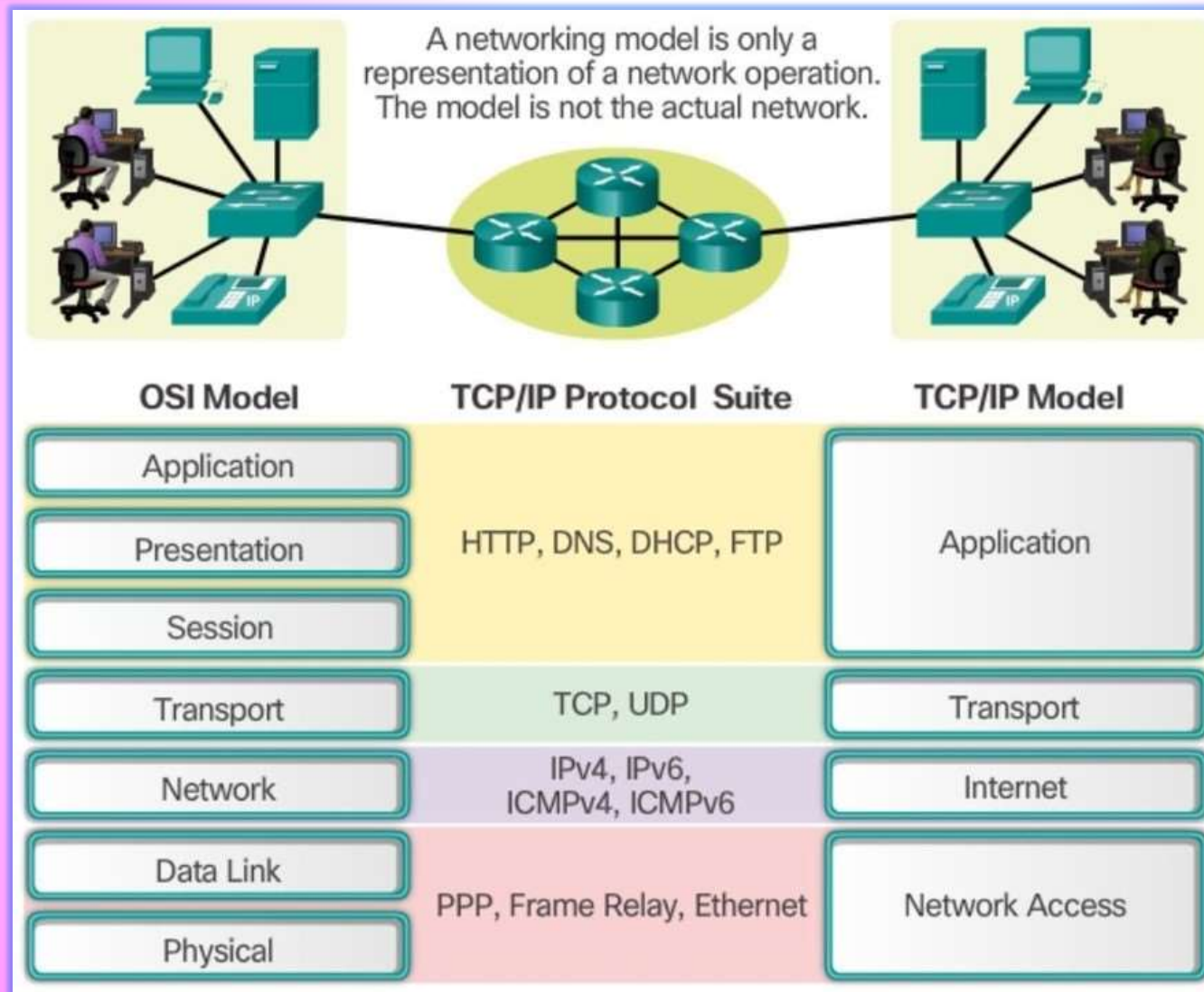


Modelos de referencia de red

CAPAS DE PROTOCOLOS

El modelo OSI y el TCP/IP (cont.)

(Kurose, 2017)



Modelos de referencia de red

CAPAS DE PROTOCOLOS

El modelo OSI y el modelo IoT

7 Layers of the OSI Model

Application

- End User layer
- HTTP, FTP, IRC, SSH, DNS

Presentation

- Syntax layer
- SSL, SSH, IMAP, FTP, MPEG, JPEG

Session

- Synch & send to port
- API's, Sockets, WinSock

Transport

- End-to-end connections
- TCP, UDP

Network

- Packets
- IP, ICMP, IPSec, IGMP

Data Link

- Frames
- Ethernet, PPP, Switch, Bridge

Physical

- Physical structure
- Coax, Fiber, Wireless, Hubs, Repeaters

IoT

Reference Model

Levels

- 7 **Collaboration & Processes**
(Involving People & Business Processes)
- 6 **Application**
(Reporting, Analytics, Control)
- 5 **Data Abstraction**
(Aggregation & Access)
- 4 **Data Accumulation**
(Storage)
- 3 **Edge Computing**
(Data Element Analysis & Transformation)
- 2 **Connectivity**
(Communication & Processing Units)
- 1 **Physical Devices & Controllers**
(The "Things" in IoT)



IPCisco.com
Best Route To Your Dreams

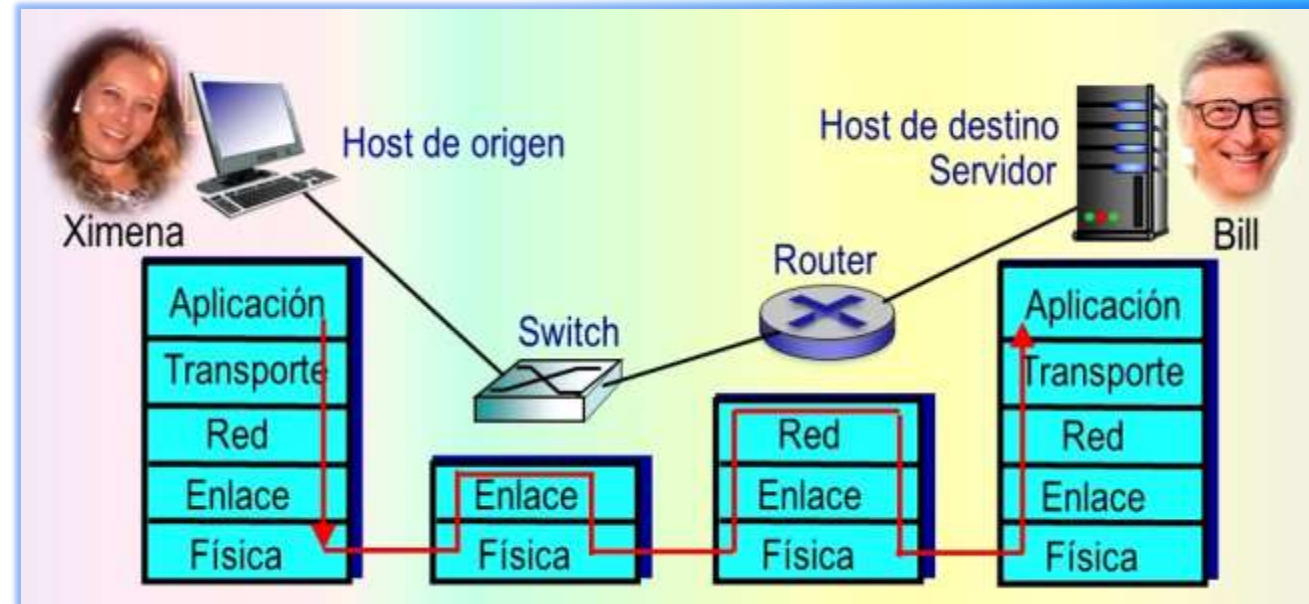
4. ENCAPSULACIÓN

CAPAS DE PROTOCOLOS

Ruta física de los datos

(Kurose, 2017)

- En la figura se muestra un ejemplo la ruta física que siguen los datos:
 - ▶ **Al descender** por la pila de protocolos de un **host emisor (origen)**, en este ejemplo un PC.
 - ▶ **Al ascender y descender** por la pila de protocolos de un **switch** de la capa de enlace y de un **router**.
 - ▶ **Para finalmente**, ascender por la pila de protocolos del **host receptor (destino)**, en este ejemplo un servidor.
- **Los switches y routers** operan como dispositivos de conmutación de paquetes. Organizan su hardware y software en capas, pero no implementan todas las capas de la pila de protocolos.
- **Los switches** implementan Las capas 1 y 2 y los **routers** de la 1 a la 3. Esto significa que los **routers de Internet** son capaces de implementar el **protocolo IP**, mientras que los switches no. Los host implementan las cinco capas.



Encapsulación

CAPAS DE PROTOCOLOS

Encapsulación - Mensaje y segmento

(Kurose, 2017)

- ▶ **1. La capa de aplicación** del host emisor, a través de su navegador ejecuta un proceso de aplicación generando un **mensaje (M)** que será enviado al proceso de aplicación del host receptor, en este ejemplo, el servidor.
 - ✉ **Ejemplo** de navegadores web actuales son: Microsoft Edge, Mozilla Firefox, Google Chrome.
 - ✉ Entre los protocolos de aplicación bien conocidos se pueden mencionar el **HTTP** para descargar páginas web, el **FTP** para transferencia de archivos, etc.
- ▶ **A continuación**, la capa de aplicación pasa el **mensaje (M)** a la capa de transporte a través de una **interfaz de sockets**.
- ▶ **2. La capa de transporte** del host encapsula los **mensajes (M)** que recibe procedentes de un proceso de aplicación, en paquetes conocidos como **segmentos (H_TM)**. El encabezado de transporte (**H_T**), contiene los números de puerto de origen y de destino que identifican a los procesos de la aplicación emisor y receptor. El **mensajes (M)** se constituye en la carga útil del segmento.
 - ✉ **Es muy posible** que la capa de transporte divida los **mensajes** de la aplicación en segmentos más pequeños y añada a cada uno de ellos un encabezado de transporte (**H_T**).
 - ✉ **Se dispone** de dos protocolos de transporte: el **UDP** sin conexión y el **TCP** orientado a conexión.
- ▶ **A continuación**, la capa de transporte pasa el **segmento (H_TM)**, a la capa de red.



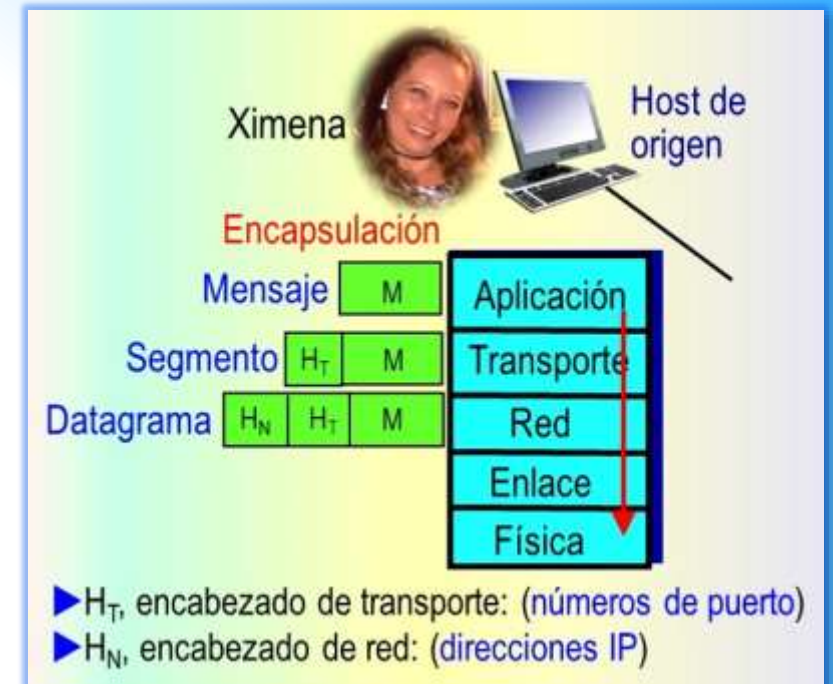
Encapsulación

CAPAS DE PROTOCOLOS

Encapsulación - Datagrama

(Kurose, 2017)

- ▶ **3. La capa de red** del host encapsula los **segmentos** ($H_T M$) que recibe de la capa de transporte, en paquetes conocidos como **datagramas** ($H_N H_T M$). El encabezado de red (H_N), contiene las direcciones IP de origen y de destino que identifican a los host emisor y receptor (PC y servidor en este caso) respectivamente. El **segmento** ($H_T M$) se constituye en la carga útil del datagrama.
 - ✉ El **protocolo de red** es el **IP**, pero también se dispone de protocolos para el routing en la red, como el **OSPF**, **BGP**, **IS-IS**, etc.
 - ✉ **Es importante destacar** que los routers solo actúan sobre los campos correspondientes a la cabecera de la capa de red del datagrama; es decir, no examinan los campos del segmento de la capa de transporte encapsulados en el datagrama.
- ▶ **El proceso de encapsulación** puede ser mas complejo; por ejemplo, un mensaje largo puede dividirse en **varios segmentos** de la capa de transporte, los cuales, a su vez, pueden dividirse en **varios datagramas** de la capa de red. En el extremo receptor, cada segmento deberá entonces ser reconstruido a partir de sus datagramas constituyentes.
- ▶ **A continuación**, la capa de red pasa el **datagrama** ($H_N H_T M$) a la capa de enlace.



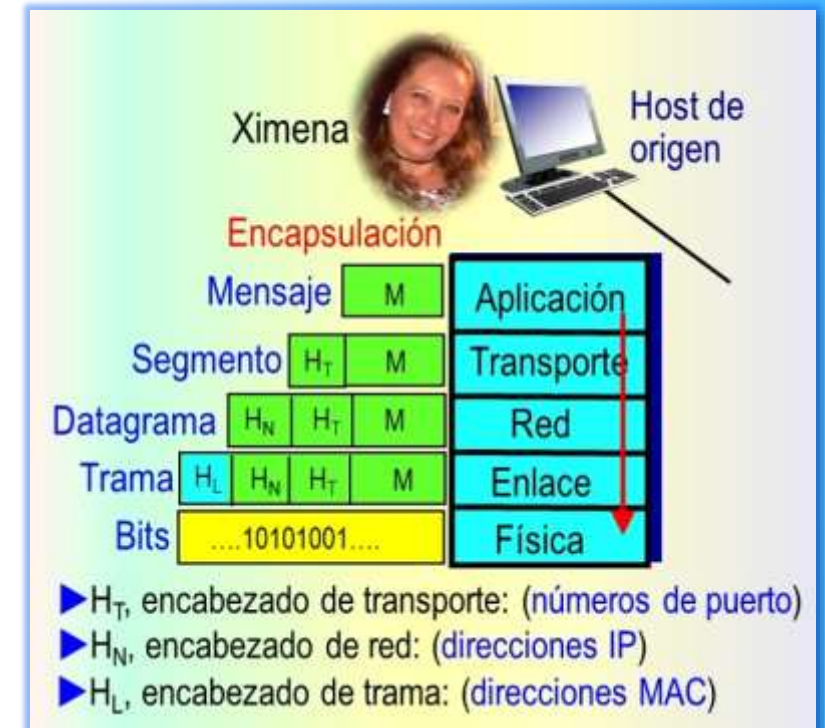
Encapsulación

CAPAS DE PROTOCOLOS

Encapsulación – Trama y bits

(Kurose, 2017)

- ▶ **4. La capa de enlace** del host encapsula los datagramas ($H_N H_T M$) que recibe de la capa red, en paquetes conocidos como tramas ($H_L H_N H_T M$). El encabezado de enlace (H_L), contiene las direcciones MAC de origen y de destino que identifican a los dispositivos emisor y receptor respectivamente. El datagrama ($H_N H_T M$) se constituye en la carga útil de la trama.
 - ✉ Entre los protocolos de la capa de enlace se incluyen **Ethernet, WiFi**, etc.
- ▶ **5. La capa física** del host mueve los bits que forman la trama desde un nodo al siguiente nodo de la ruta, para ello los transforma en señales digitales (pulsos eléctricos, pulsos de luz, símbolos para radio), de acuerdo al medio de transmisión del enlace, es decir, los **protocolos de la capa física** son dependientes del medio de transmisión del enlace.

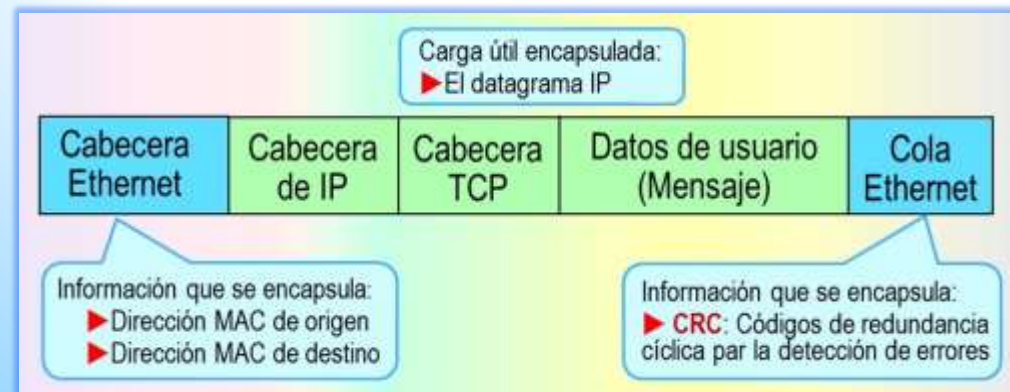
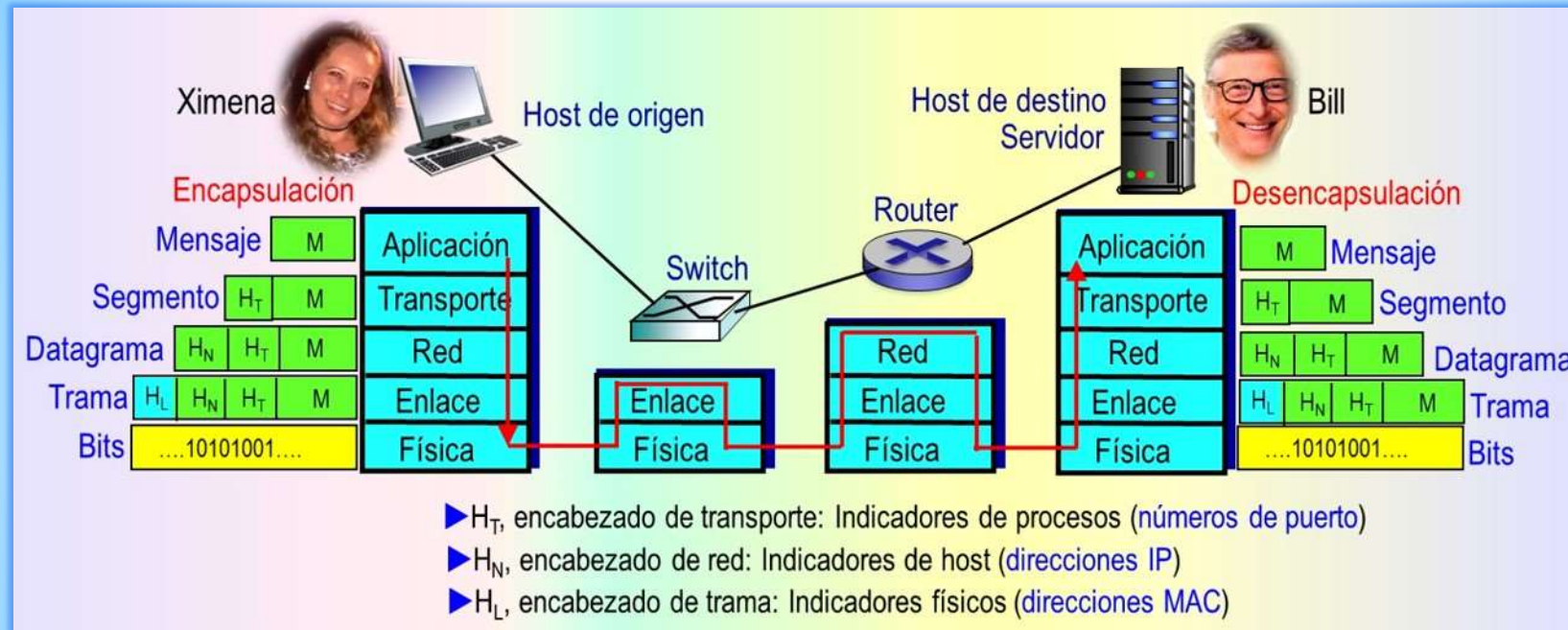


Encapsulación

CAPAS DE PROTOCOLOS

Encapsulación – Trama resultante

(Kurose, 2017)



Resumen y preguntas de repaso

(Kurose, 2017)

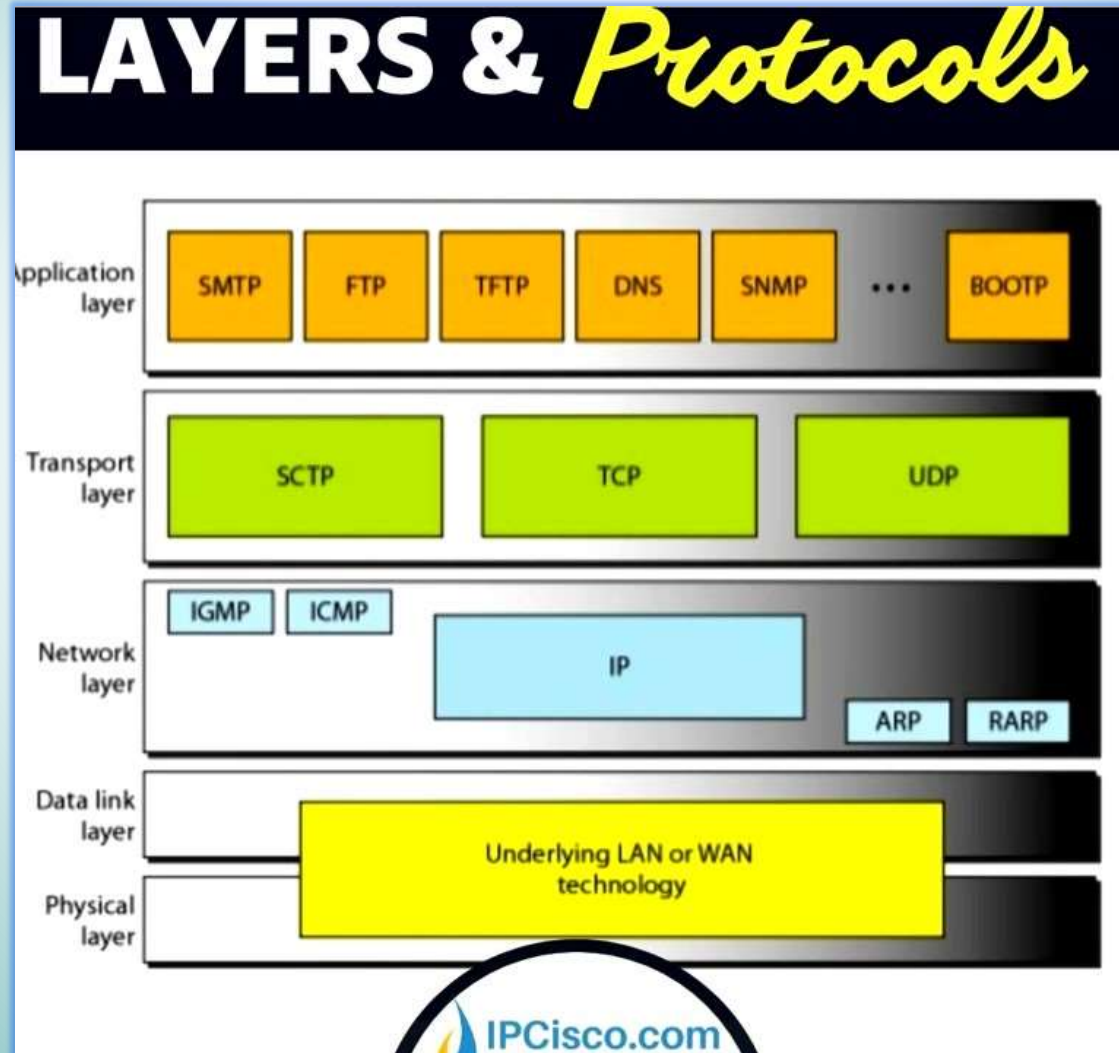
- **Resumen.** En esta presentación se han visto las capas de protocolos y los modelos de servicio, que son las principales claves arquitectónicas de las redes.
- ▶ **P1. Enumere** cinco tareas que puede realizar una capa. ¿Es posible que una (o más) de estas tareas pudieran ser realizadas por dos (o más) capas?
- ▶ **P2. ¿Cuáles son** las cinco capas de la pila de protocolos Internet? ¿Cuáles son las responsabilidades de cada una de las capas?
- ▶ **P3. ¿Qué es un mensaje** de la capa de aplicación? ¿Y un segmento de la capa de transporte? ¿Y un datagrama de la capa de red? ¿Y una trama de la capa de enlace?
- ▶ **P4. ¿Qué capas** de la pila de protocolos de Internet procesa un router? ¿qué capas procesa un switch de la capa de enlace? ¿Qué capas procesa un host?
- ▶ **P5. Considere** la analogía de la compañía aérea utilizada al hablar sobre las capas, y la adición de cabeceras a las unidades de datos del protocolo a medida que fluyen en sentido descendente por la pila de protocolos. ¿Existe algún concepto equivalente a la información de cabecera que se añade a los pasajeros y al equipaje a medida que descienden por la pila de protocolos de la compañía aérea?
- ▶ **P6. Skype** ofrece un servicio que permite realizar una llamada de teléfono desde un PC a un teléfono normal. Esto significa que la llamada de voz debe pasar tanto a través de Internet como a través de una red telefónica. Explique cómo podría hacerse esto.

RESUMEN Y PREGUNTAS

CAPAS DE PROTOCOLOS

Resumen y preguntas de repaso

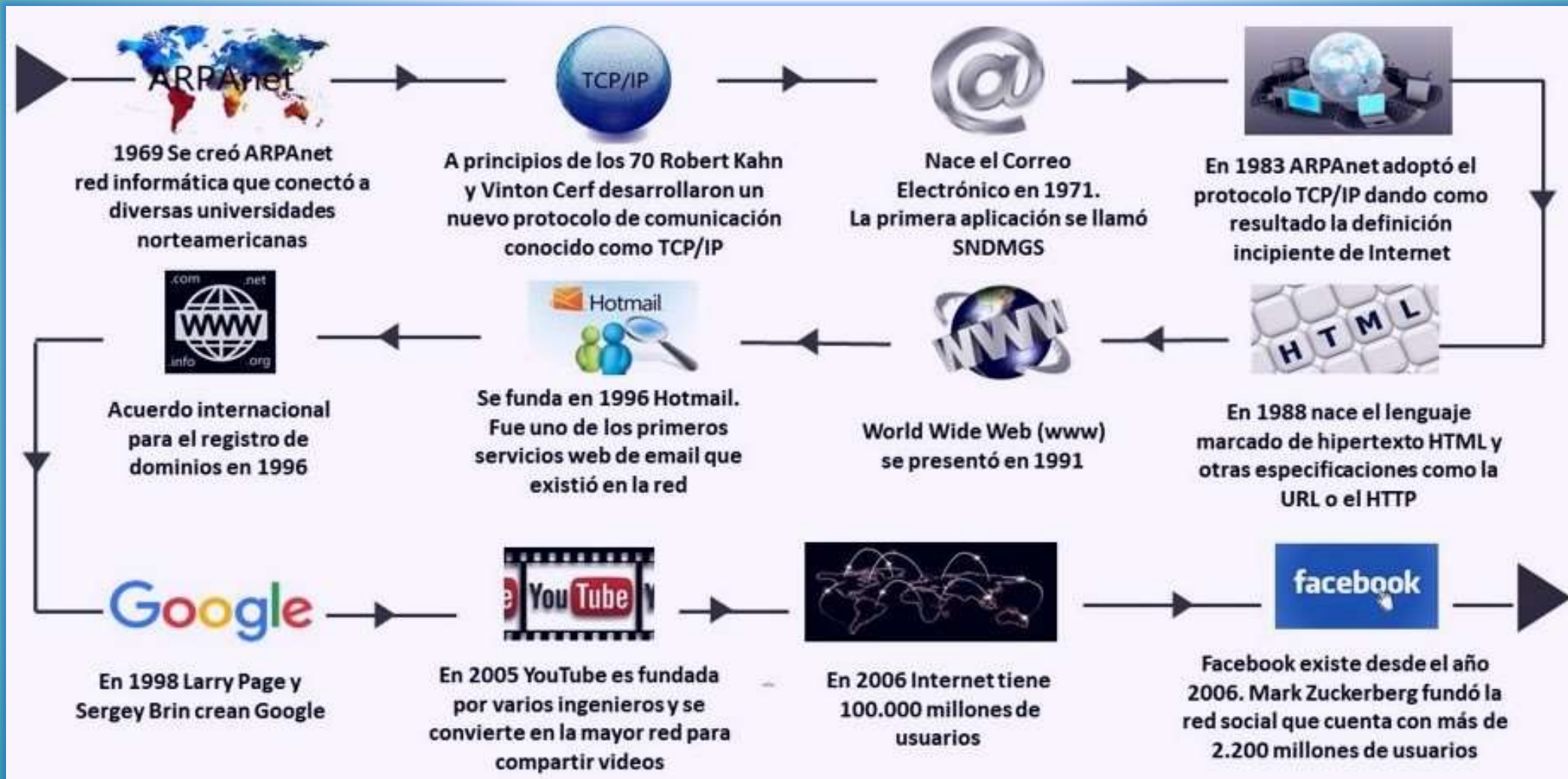
(Kurose, 2017)



RESUMEN Y PREGUNTAS

CAPAS DE PROTOCOLOS

Un poco de historia: Internet, grandes hitos



Referencias bibliográficas

CAPAS DE PROTOCOLOS

Referencias bibliográficas

- CISCO (2015). *CCNA Routing and Switching. Introduction to Networks*. CISCO.
- CISCO (2016). *Introducción a las redes*. Madrid: Pearson Education, S.A.
- Forouzan, B. A. (2020). *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- Huawei Technologies (2020). *Basics of data communication networks*. Huawei.
- Kurose, J. Keith, R. (2017). *Redes de computadoras: un enfoque descendente*. Madrid: Pearson Education, S.A.

FIN

Tema 1 de:
PROTOCOLOS DE INTERNET

Edison Coimbra G.

25