

## Capítulo 4

# Internet

Al terminar este capítulo, entenderás:

- Qué es una red de computadores.
- Qué es una interred.
- Para qué sirve un protocolo y qué es una pila de protocolos.
- Qué son y para qué sirven los modelos de referencia OSI, TCP/IP e híbrido.

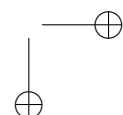
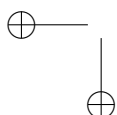
Como ‘Internet’ es una palabra tan habitual, es normal pasar por alto su significado incluso entre personas con formación técnica, a pesar de ser bastante evidente. La palabra ‘internet’ (en minúscula) surgió como una abreviatura de **inter-network** (interred), que es un concepto amplio para designar cualquier sistema formado por la interconexión de múltiples redes de computadores. ‘Internet’ (empezando por mayúscula y sin artículo) es un nombre propio que designa específicamente a la más grande y compleja de las interredes, la que todos conocemos y usamos a diario<sup>1</sup>.

Esto implica que cualquier otra colección de redes interconectadas, incluso sin usar tecnología TCP/IP, también es un ‘interred’. Como queremos que el lector tenga presente esta importante distinción, en el libro utilizaremos la palabra ‘interred’ siempre que la explicación se pueda aplicar a cualquier interred, y reservaremos la ‘Internet’ para la interred global.

También es interesante que sus creadores eligieran esa palabra. Significa que esa idea de interconectar redes es lo que les pareció su característica más destacable, al menos en ese momento.

---

<sup>1</sup>Ten en cuenta que por su obvia similitud semántica existe abundante bibliografía, sobre todo en inglés, en la que «Internet» se utiliza como sinónimo de «interred», por ejemplo la RFC 1819 [7]. Estos documentos asumen que el lector interpreta el significado en función del contexto.



Una **red de computadores** es un conjunto de computadores autónomos<sup>2</sup> conectados entre sí de modo que puedan compartir recursos (datos o dispositivos). Todos los computadores de una misma red utilizan una misma tecnología de comunicaciones (*p. ej.* WiFi). Decimos que esto es «un enlace», o simplemente «una red». Y una red, incluso aislada del resto del mundo, puede tener utilidad, por ejemplo, para el control de una planta de fabricación industrial.

Existen dos tipos de enlace: enlaces compartidos y enlaces punto a punto. En un enlace compartido (como en una LAN) todos los computadores comparten un único medio físico (como el aire en el caso de WiFi), mientras que en un enlace punto a punto, el medio es utilizado únicamente por dos dispositivos (como un cable de cobre que los interconecta). Cada tecnología implica un tipo de enlace y responde a unas necesidades específicas. Veremos algunas de esas tecnologías más adelante.

En muchas ocasiones, la estructura de una red o interred es desconocida o irrelevante para el contexto específico que se está considerando. En estos casos se utiliza una nube como metáfora visual y lo único relevante es que hay ciertos dispositivos conectados a ella y gracias a eso pueden comunicarse.

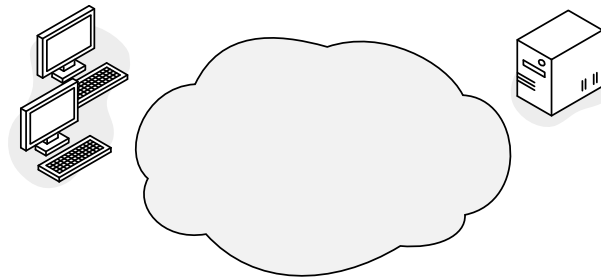


FIGURA 4.1: La nube como metáfora de una red o interred

## 4.1. Tecnología Internet

Como en tantos otros campos, no existe una única tecnología maravillosa que resuelve todos los problemas. Por ejemplo, no hay una tecnología universal para hacer redes locales o enlace punto a punto, hay decenas, y ninguna es perfecta (vaya, ¡menuda sorpresa!). La solución que propone la tecnología tras Internet es IP<sup>3</sup> y no consiste en sustituir todas esas tecnolo-

<sup>2</sup>«autónomos» en el sentido de que pueden realizar tareas por sí mismos

<sup>3</sup>Por supuesto no es el único modo, pero es el que abordamos en este texto.

gías sino integrarlas, interconectando redes heterogéneas –y probablemente incompatibles entre sí.

La tecnología TCP/IP logra esa interconexión gracias a tres elementos:

- El protocolo IP, que significa literalmente *inter-net protocol*, es decir, **protocolo de interred** implica un formato de mensaje universal (el **paquete IP**), que utilizan tanto los dispositivos terminales como los de interconexión (*routers*). IP no sustituye a los protocolos de enlace de cada red, sino que «se encapsula» en ellos<sup>4</sup>.
- El **direccionamiento** IP. Es un forma de asignar direcciones (números únicos) a cada dispositivo. Cualquier computador con capacidad de enviar y recibir paquetes IP–en cualquier parte– debe disponer de una dirección IP adecuada<sup>5</sup>.
- Dispositivos capaces de reenviar paquetes entre redes y hacerlos llegar a sus correspondientes destinos. Estamos hablando los routers o pasarelas IP (*gateways*). Y por supuesto se necesitan los mecanismos y protocolos que coordinan esos *routers*, que recibe el nombre de **encaminamiento**, encaminamiento o *routing* en inglés.

Internet es posible porque todos los dispositivos conectados se intercambian mensajes del protocolo IP, y eso junto con las direcciones IP y los routers, resuelve un problema clave: permite llevar paquetes con datos (sean lo que sean esos datos) desde un computador a cualquier otro, solo conociendo la dirección IP del destino, sin importar dónde esté o la tecnología que utilice para conectarse a **su** red.

Estos 3 aspectos son probablemente los más importantes en el funcionamiento de Internet y los estudiaremos en detalle en el resto del libro.

## 4.2. Protocolos

Pero ¿qué es un **protocolo**? Sin meternos ahora en detalles, podemos decir que un protocolo es una serie de normas y reglas que deben cumplir los participantes para comunicarse de forma eficaz y productiva. Por ejemplo, para hablar con un policía hay una serie de expresiones y palabras que nunca se te ocurriría usar a menos que quieras meterte en problemas, e igualmente, el tipo de respuestas que cabría esperar también caen dentro de unas pautas previsibles. Y el modo en que hablas con un policía es diferente al que utilizas con un médico, un niño, un jefe, un compañero, etc. De

<sup>4</sup>Veremos más adelante qué es la encapsulación.

<sup>5</sup>Sí, todo se llama IP: protocolo IP, paquete IP y direcciones IP.

hecho, la palabra «protocolo» tiene acepciones que se aplican precisamente a las interacciones con personas en situaciones muy formales o solemnes, como las relaciones diplomáticas, el ámbito institucional o ciertas ceremonias oficiales. En esencia, la idea subyacente es la misma: establecer y cumplir pautas comunes para que la comunicación funcione.

Cuando dos dispositivos o procesos hablan entre sí a través de una red también deben cumplir una serie de normas y formatos; pero con mucha menos ambigüedad que entre personas. Los protocolos de red establecen una serie muy concreta de mensajes, con estructuras perfectamente especificadas que indican qué se puede enviar y responder, y cuándo está permitido enviar cada cosa. Por ejemplo, la comunicación entre un cliente y un servidor web utiliza exclusivamente el protocolo HTTP. Este protocolo solo admite una serie limitada de tipos de mensaje: GET, POST, HEAD, DELETE, etc. y cada uno de ellos tiene su estructura y formato. Si por cualquier motivo un navegador web envía un mensaje de tipo desconocido o que no respeta la estructura esperada, la comunicación acabará mal.

Los protocolos de bajo nivel (los de las capas inferiores) abordan problemas básicos generales como el transporte de mensajes, su división y re-ensamble, la detección o corrección de errores, etc., cuestiones que son comunes a cualquier tipo de comunicación, sin importar el contenido de los mensaje. Pero hay otros problemas que resolver.

El sistema operativo debe ofrecer una forma que permita que dos procesos ejecutándose en nodos cualesquiera puedan «direccionarse» el uno al otro, es decir, que puedan designar unívocamente a otro proceso que se ejecuta en un nodo remoto accesible a través de la red. El direccionamiento de procesos dentro de un nodo se denomina **multiplexación**. Esto se logra mediante la combinación de dos datos: una dirección IP, que identifica al nodo, y un puerto, que identifica un proceso dentro de ese nodo.

Además, muchas aplicaciones necesitan garantías de que estos mensajes lleguen correctamente a su destino, sin cambios (respetando su integridad), sin partes ausentes (omisiones), recibidos en el mismo orden en el que se enviaron, asegurando la privacidad, sin saturar al receptor, evitando congestionar la red, etc.

La mayoría de estos problemas los resuelven los protocolos **de transporte**. En el caso de Internet, estos protocolos son:

#### TCP

Proporciona un flujo (*stream*) ordenado y fiable de datos entre dos procesos.

**UDP**

Ofrece un servicio de entrega de datagramas (mensajes independientes) entre dos procesos, pero sin ninguna garantía.

**SSL/TLS**

Ofrece mecanismos para cifrado de mensajes y permite asegurar la legitimidad del proceso remoto.

Estos tres protocolos son genéricos porque se pueden aplicar sobre cualquier carga útil (*payload*), es decir, son independientes del contenido de los mensajes que las aplicaciones necesiten enviar, aunque eso no implica que sean intercambiables.

El formato y significado específico de los datos que utiliza cada aplicación también está definido por protocolos –llamados **protocolos de aplicación**. Cuando hablamos de «aplicación» no nos estamos refiriendo necesariamente a un programa concreto. Por ejemplo, todo el software de cualquier fabricante que está relacionado con la web utiliza el mismo protocolo de aplicación HTTP. Al contrario de lo que sucede con los protocolos de interred y transporte, hay miles de protocolos de aplicación, pues cada aplicación o servicio tiene su propio objetivo y necesidades de comunicación específicas.

Hay muchos protocolos de aplicación privativos y secretos. Sin embargo, hay unos cuantos que son públicos y abiertos, bien documentados y de uso muy común. Algunos de estos son DNS, SMTP/IMAP/POP, FTP, SSH o el ya mencionado HTTP. Estos protocolos abiertos permiten precisamente que cualquier persona o empresa pueda desarrollar una nueva aplicación que interaccione con las que existen, lo que fomenta competencia e innovación, y favorece el crecimiento de Internet.

### 4.3. Pila de protocolos

Para manejar más cómodamente los distintos problemas relacionados con la comunicación, su estudio, diseño, especificación e implementación de sus soluciones, los protocolos se organizan en capas o niveles formando una **pila** de protocolos (*protocol stack*). Se organiza así porque los protocolos de cada capa se relacionan con los de la capa justo por debajo y por encima de la suya. Todo esto es principalmente una conveniencia de **abstracción**, aunque no por ello es menos útil para entender cómo funciona el conjunto. Como el criterio para definir esta pila y qué poner en cada capa no es único, existen varios modelos de referencia. Los más importantes son el modelo OSI, el TCP/IP y el híbrido, que combina los otros dos.

## 4.4. Modelo OSI

El modelo de referencia OSI —definido por la ISO— está pensado para aplicarse a cualquier tecnología de comunicaciones. El modelo describe las interfaces, protocolos y servicios que proporciona cada una de las siete capas que lo componen: aplicación, presentación, sesión, transporte, red, enlace y física. Como se ha dicho, cada capa se centra en resolver un conjunto de problemas específicos. Cada capa ofrece servicios a la capa inmediatamente superior y demanda servicios de la inmediatamente inferior. De ese modo se consigue aislar y desacoplar sus funciones simplificando cada elemento, y haciéndolo reemplazable.

Veamos brevemente el objetivo de cada capa empezando desde abajo:

1. **Física** – Define las características eléctricas, mecánicas y temporales requeridas en una tecnología de comunicación de datos particular. Ejemplo: especifica las dimensiones de los conectores, el voltaje que puede haber en cada pin y su significado, el tamaño y forma de las antenas, las frecuencias que utiliza un emisor, etc.
2. **Enlace** – Se ocupa del intercambio de mensajes entre nodos vecinos (directamente conectados) dentro de una misma red. Cuando la red es un medio de difusión (como una LAN), suele proporcionar un sistema de *direccionamiento físico* ya que, si puede haber varios vecinos escuchando, es necesario indicar de algún modo a quién está realmente dirigido el mensaje.
3. **Red** – Proporciona soporte para comunicaciones *extremo a extremo*, es decir, que implica también dispositivos intermediarios. Permite enviar mensajes individuales de tamaño variable y define un sistema de *direccionamiento lógico*. Una de sus funciones más importantes es la capacidad de interconectar redes de tecnología distinta formando interredes.
4. **Transporte** – Proporciona un canal de comunicación libre de errores entre procesos remotos. Incluye un mecanismo de multiplexación y un sistema de direccionamiento de procesos.
5. **Sesión** – Permite crear sesiones entre nodos remotos y se ocupa de la sincronización.
6. **Presentación** – Define la representación canónica de los datos (reglas de codificación) y su semántica correspondiente.
7. **Aplicación** – Incluye los detalles y protocolos específicos de cada aplicación.

#### 4.4.1. Direccionamiento físico vs. lógico

??

Los dos tipos de direccionamiento a menudo resultan confusos para los principiantes, pero es importante entender su utilidad y sobre todo saber diferenciarlos. Lo primero que debes saber es que cada tecnología está ligada a un tipo de direccionamiento.

Los protocolos de red/interred (como el protocolo IP) utilizan direccionamiento lógico. La dirección lógica (la dirección IP en el caso del protocolo IP) sirve para determinar un destino global, es decir, identifica un nodo que habitualmente está conectado a una red diferente, eventualmente en el extremo opuesto del planeta.

Por contra el direccionamiento físico es propio de los protocolos y tecnologías de enlace (como WiFi). La dirección física<sup>6</sup> identifica el nodo al que entregar un mensaje en un ámbito local, es decir, el destinatario del mensaje es un nodo vecino, un nodo al que se puede llegar sin pasar a través de ningún intermediario. Por eso, las direcciones físicas no tienen sentido ni utilidad si el destino está fuera del enlace o red local.

En próximos capítulos veremos qué aspecto tienen las direcciones físicas y lógicas, y cómo se utilizan en la práctica. De momento, lo importante es recordar que una dirección física identifica un vecino, mientras que una lógica puede identificar cualquier nodo conectado a la interred, en cualquier parte. Y también recuerda que cada tecnología de comunicación utiliza uno u otro tipo de direccionamiento, pero no ambos.

### 4.5. Modelo TCP/IP

El modelo de referencia TCP/IP se definió años después de las primeras implementaciones de esos protocolos y trata de formalizar y estandarizar su uso para garantizar interoperabilidad entre los distintos fabricantes. Este modelo define únicamente cuatro capas, que vemos también de abajo hacia arriba:

1. **Host a red** – Asume que existen los mecanismos necesarios para conseguir que un paquete IP pueda ser enviado desde un computador a sus vecinos, es decir, otros computadores conectados al mismo enlace. En realidad no aborda la problemática específica que ello implica, simplemente da por hecho que es un problema resuelto.

<sup>6</sup>También conocida como dirección hardware o MAC

2. **Interred** – Proporciona los mecanismos de interconexión de redes y encaminamiento de paquetes. Define el protocolo IP, que proporciona un servicio de entrega de tipo «datagrama», es decir, que lleva cada paquete hasta el destino de forma independiente, sin considerar si tiene relación con el anterior o el siguiente.
3. **Trasporte** – Proporciona mecanismos de comunicación entre procesos. Define en esencia dos protocolos de transporte: TCP, que proporciona un servicio confiable y orientado a conexión, y UDP, que únicamente proporciona multiplexación y detección muy básica de errores.
4. **Aplicación** – Incluye los protocolos para los servicios comunes, tales como: DNS, SMTP, HTTP, FTP, etc.

Una aclaración necesaria es que las siglas TCP/IP no se refieren exclusivamente al par de protocolos TCP e IP, sino a la pila completa y todas las implicaciones funcionales que conlleva.

## 4.6. Modelo híbrido

Por último, el modelo híbrido es una mezcla de los modelos OSI y TCP/IP eliminando «lo que sobra» al modelo OSI (las capas de presentación y sesión son aplicables en relativamente pocas ocasiones) y añadiendo «lo que falta» al modelo TCP/IP. La capa de enlace es decisiva para comprender el funcionamiento de la arquitectura de red. La Figura 4.2 muestra la correspondencia entre los tres modelos descritos.

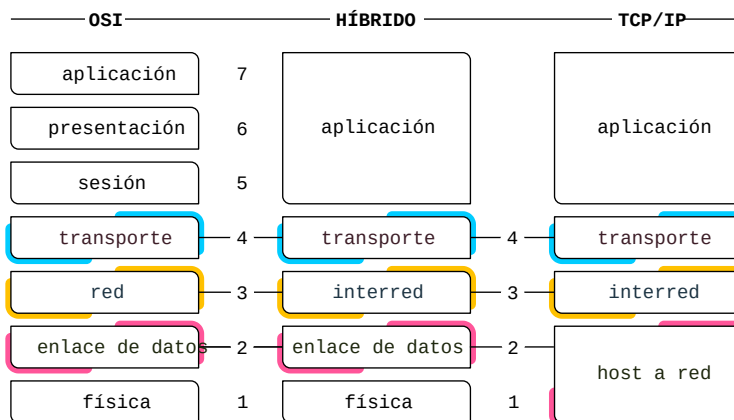


FIGURA 4.2: Correspondencia entre los modelos OSI, TCP/IP e híbrido

## 4.7. Qué no es Internet

El término «Internet» es de uso tan común que es inevitable que incluso usuarios con formación técnica acaben confundiendo otros conceptos más o menos relacionados con el que hemos visto en las secciones anteriores.

### 4.7.1. Internet no es la web

La web, o más precisamente la WWW (World Wide Web), es un servicio que, al menos inicialmente, proporcionaba un sistema de hipertexto que permite la navegación dentro de un documento (página) o entre varios. Obviamente esta sigue siendo una de sus funciones básicas, pero hoy en día es mucho más. La web se basa en un protocolo de aplicación (HTTP) y necesita de toda la infraestructura de Internet que hemos visto en este capítulo. Aunque ciertamente al web fue decisiva en el crecimiento y popularidad de Internet entre todo tipo de usuarios, se creó en 1990, mientras que Internet llevaba funcionando desde 1983.

### 4.7.2. Internet no es la nube

La «nube» es otro término común en el lenguaje cotidiano. No es raro escuchar expresiones como «tengo mis fotos en la nube» o «lo he subido a la nube» que son correctas si se refieren por ejemplo a almacenamiento remoto o a una aplicación que proporciona algún proveedor y que se controla por medio de la web.

Pero tampoco es raro que se utilice «la nube» prácticamente como sinónimo de «Internet», y eso sí es claramente incorrecto. Internet es la infraestructura de comunicaciones, y eso no incluye aplicaciones y servicios; de forma similar a como la red eléctrica no incluye los electrodomésticos, o las red de carreteras no incluye los vehículos. En todo caso hay excepciones y podemos considerar algunos servicios clave, como DNS o DHCP, parte de la infraestructura.

Cuestión aparte es la ‘computación en la nube’ (*cloud computing*), que aunque también involucra computadores remotos, implica una forma muy particular de gestionarlos y utilizarlos, que veremos más adelante. De momento bastará con que sepas que no todo lo que está en la nube es *cloud computing*.

### 4.7.3. Internet no es TCP/IP

Es perfectamente posible crear una nueva red o interred basada en la pila de protocolos TCP/IP, con encaminamiento dinámico o características com-

plejas al nivel de Internet, pero eso no la convierte en otra Internet. Solo hay una Internet y es la interred pública global. Es un nombre propio y por eso no puede haber más de una.

#### 4.7.4. Internet no es un empresa u organización

Internet está compuesta por miles de redes interconectadas. Algunas de esas redes son propiedad o están bajo control de diferentes gobiernos, pero la mayoría de ellas son propiedad operadores de telecomunicaciones, proveedores de acceso (ISP) o proveedores de contenidos y servicios, entre otros. Por eso es una infraestructura descentralizada y, aunque hay actores muy importantes en su gestión, no hay una sola organización que controle todo Internet.

Sin embargo, sí que hay algunos aspectos clave de coordinación que gestiona la ICANN o los RIR como son la asignación ordenada de direcciones, nombres o los números de los Sistemas Autónomos. Sin ellos, u organismos que los sustituyeran, la funcionalidad de Internet no podría seguir creciendo ni podría adaptarse a cambios en su estructura.

### Y ¿qué más?

La tecnología TCP/IP es la base de Internet. A diferencia de muchas otras, no se diseñó para reemplazar completamente a las interiores, sino para integrarse con ellas. El protocolo y el direccionamiento IP proporcionan un medio para que los mensajes que circulan por las redes LAN se puedan llevar (encapsulados) a cualquier otra red del mundo utilizando los routers IP. El protocolo IP es tan versátil y escalable que desde su creación se ha aplicado a tecnologías de enlace que ni siquiera existían cuando se diseñó. IP es una tecnología de integración de redes, que permite crear interredes heterogéneas, y eso es justamente lo que es Internet.

Aunque la interconexión es un problema importante, hay muchos otros. Los modelos de referencia OSI, TCP/IP e híbrido nos permiten desgranar esos problemas en capas y abordar sus soluciones de un modo ordenado y sistemático, y a eso dedicaremos el resto del libro.