



Universidad Politécnica  
de Madrid

**Escuela Técnica Superior de  
Ingenieros Informáticos**



Grado en Grado en Ingeniería Informática

Trabajo Fin de Grado

**Desarrollo de un Sistema de Intercambio  
Directo de Archivos entre Dispositivos  
Basado en IPFS**

Autor: Nicolás Cossío Miravalles  
Tutor(a): Fernando Pérez Costoya

Madrid, Abril - 2023

Este Trabajo Fin de Grado se ha depositado en la ETSI Informáticos de la Universidad Politécnica de Madrid para su defensa.

*Trabajo Fin de Grado*

*Grado en* Grado en Ingeniería Informática

*Título:* Desarrollo de un Sistema de Intercambio Directo de Archivos entre Dispositivos Basado en IPFS

Abril - 2023

*Autor:* Nicolás Cossío Miravalles

*Tutor:* Fernando Pérez Costoya

Arquitectura Y Tecnología De Sistemas Informáticos

ETSI Informáticos

Universidad Politécnica de Madrid

# **Resumen**



# **Abstract**

# Tabla de contenidos

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1.1	Motivación y necesidad . . . . .	1
1.2	Objetivos y alcance . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Contexto y estado del arte</b>	<b>3</b>
2.1	Breve historia de Internet . . . . .	3
2.1.1	Predominancia de los protocolos TCP/IP . . . . .	3
2.1.2	La World Wide Web y HTTP . . . . .	5
2.2	IPFS como alternativa a HTTP . . . . .	6
2.2.1	Introducción . . . . .	6
2.2.2	Fundamentos . . . . .	6
2.2.3	Arquitectura . . . . .	6
2.2.4	Modelo de datos . . . . .	6
2.2.5	Distribución de contenido . . . . .	6
2.3	Ecosistema en torno a IPFS . . . . .	6
2.3.1	Introducción . . . . .	6
2.3.2	Proyectos basados en IPFS . . . . .	6
2.3.3	Herramientas y librerías de IPFS . . . . .	6
2.3.4	Comunidades en torno a IPFS . . . . .	6
2.3.5	Integraciones de IPFS . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Desarrollo de IPFShare</b>	<b>7</b>
3.1	Casos de uso . . . . .	7
3.2	Objetivos . . . . .	7
3.3	Requisitos . . . . .	7
3.4	Tecnologías . . . . .	7
3.4.1	Tecnologías propuestas . . . . .	7
3.4.2	Tecnologías usadas . . . . .	7
3.5	Arquitectura del sistema . . . . .	7
3.6	Implementación . . . . .	7
3.6.1	Backend (Electron) . . . . .	7
3.6.2	Frontend (React) . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Resultados y conclusiones</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Trabajos futuros</b>	<b>11</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>13</b>
	<b>Anexo</b>	<b>14</b>

# Índice de figuras

2.1	Evolución de los protocolos de Internet . . . . .	4
-----	---	---

2.2 Capas del protocolo TCP/IP con algunos protocolos de la capa de aplicación . . . . .	6
--	---

## Índice de cuadros

2.1 Protocolos de capa de aplicación antes de HTTP . . . . .	5
1 Comparación de IP/TCP, OSI, X.25 y SNA en los años 90 . . . . .	16





# Capítulo 1

## Introducción

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) se centra en el desarrollo de un sistema de intercambio de ficheros basado en IPFS (InterPlanetary File System)[1]. A continuación, se describen las motivaciones y necesidades que han llevado a la realización de este proyecto.

### 1.1. Motivación y necesidad

El desarrollo de un sistema de intercambio de ficheros basado en IPFS se encuentra en la confluencia de varias tendencias tecnológicas y sociales que están dando forma al futuro de la web. En particular, este proyecto se relaciona estrechamente con el avance hacia la *Web3*[2], una visión de una Internet más descentralizada, segura y resistente a la censura. En esta sección, exploraremos cómo un sistema de intercambio de archivos encaja en este nuevo panorama y por qué es relevante para el progreso de la Web3.

Los servicios de almacenamiento y compartición de archivos actuales, como Google Drive, Dropbox, Microsoft OneDrive y otros proveedores de almacenamiento en la nube, son centralizados y, aunque populares y ampliamente utilizados debido a su facilidad de uso, accesibilidad y confiabilidad, presentan ciertos problemas y limitaciones. Los usuarios dependen de una sola entidad para almacenar y gestionar sus archivos, lo que puede generar problemas si la empresa experimenta fallos técnicos, cambia sus políticas de uso, o se convierte en el objetivo de un ataque. Además, esto otorga a estas empresas un gran poder sobre los datos de los usuarios, lo que puede conducir a problemas de privacidad y control de la información.

La alternativa a estos servicios centralizados es el uso de tecnologías *peer-to-peer* (p2p). Existen varias tecnologías p2p que permiten compartir archivos entre usuarios sin necesidad de un proveedor central como los previamente mencionados, el más famoso y conocido siendo BitTorrent. Sin embargo, estas tecnologías no son adecuadas para el intercambio de archivos entre usuarios no conocidos, ya que requieren que los usuarios confíen en que los archivos que se comparten son los que se anuncian.

Esto es algo que resuelve el Inter Planetary File System (IPFS). Es un sistema de archivos distribuido tipo peer-to-peer que conecta dispositivos informáticos en un único sistema de archivos. Funciona como una mezcla de BitTorrent y Git, proporcionando

almacenamiento de bloques y enlaces direccionados por contenido en una estructura llamada DAG de Merkle. IPFS permite construir sistemas de archivos versionados, blockchains y una Web permanente. Combina una tabla hash distribuida, intercambio de bloques incentivado y espacio de nombres auto-certificante, sin puntos únicos de falla ni necesidad de confianza entre nodos [3].

En este proyecto se usará IPFS como bloque central, intrínseco y necesario sobre el que construirá el sistema. Parte del diseño estará basado en el sistema ideado por Hsiao-Shan Huang, Tian-Sheuan Changen y Jhih-Yi Wu, descrito en *A Secure File Sharing System Based on IPFS and Blockchain* [4], aunque se realizarán modificaciones para adaptarlo a las necesidades y visión del proyecto. Esto se especificará en la sección 3.5 *Arquitectura del sistema*.

## 1.2. Objetivos y alcance

El objetivo principal de este proyecto es el desarrollo de un sistema de intercambio de ficheros basado en IPFS, mediante el desarrollo una aplicación de escritorio. Este sistema debe permitir a los usuarios compartir archivos de forma segura y confiable, sin necesidad de un proveedor central. Para ello se deben cumplir los siguientes objetivos:

- Investigar sobre IPFS y su funcionamiento para entender cómo funciona el protocolo y cómo se puede utilizar para el sistema propuesto.
- Investigar sobre el ecosistema en torno a IPFS, con objetivo de comprender la madurez y viabilidad de esta tecnología, así como de las herramientas basadas en esta que se pueden utilizar para el sistema propuesto.
- Diseñar una arquitectura para el sistema de intercambio en torno a las tecnologías y herramientas seleccionadas.
- Implementación de un prototipo funcional en una o varias plataformas.
- Implementar la encriptación y control de acceso a los archivos para garantizar la seguridad de los mismos.
- Desarrollo de integración de con la red global de IPFS para aumentar la consistencia de los datos compartidos.
- Analizar la viabilidad de IPFS en base a la experiencia obtenida en el desarrollo del prototipo.
- Analizar posibles mejoras y ampliaciones del sistema propuesto.

Por tanto pese a que el objetivo principal es el desarrollo de un sistema de intercambio de ficheros basado en IPFS, también se realizará una labor investigativa sobre la tecnología IPFS y su ecosistema, con el objetivo de comprender esta tecnología y su viabilidad como alternativa al protocolo HTTP en la que se basa internet en la actualidad.

## Capítulo 2

# Contexto y estado del arte

En esta sección se intentarán poner en perspectiva, de una forma no exhaustiva, las distintas razones históricas que dan lugar a la necesidad de crear un sistema de almacenamiento descentralizado y distribuido como IPFS. Para ello, se hará un breve repaso histórico de la evolución de Internet y de los protocolos que lo han ido conformando. Posteriormente, se explicará la tendencia centralista del sistema actual, existente a un nivel intrínseco y estructural, además de otros problemas que se derivan de esta situación. Finalmente, se expondrá la propuesta de solución que IPFS ofrece para solventar estos problemas, sobre la que se profundizará en el apartado 2.2 dedicada a IPFS.

### 2.1. Breve historia de Internet

#### 2.1.1. Predominancia de los protocolos TCP/IP

La historia de Internet está marcada por la competencia entre distintos protocolos de comunicación que buscaban establecerse como el estándar para intercambiar información entre diferentes redes y sistemas. Uno de los episodios más relevantes de esta competencia fue la llamada "*Guerra de los protocolos*" [5], en la que el conjunto de protocolos TCP/IP, creado entre los años 1973 y 1974 por Vint Cerf y Robert Kah, se enfrentó a otras propuestas como OSI, X.25 o SNA<sup>1</sup>.

TCP/IP logró imponerse en la competencia debido a las siguientes características principalmente:

- **Interoperabilidad** : La capacidad de TCP/IP para conectarse fácilmente con diferentes tipos de ordenadores y sistemas operativos le otorgaba una ventaja sobre otros protocolos que eran más específicos o limitados en su compatibilidad. Esta característica permitía que diversas tecnologías y plataformas pudieran comunicarse entre sí sin problemas, lo cual era esencial para crear una red global como Internet.
- **Flexibilidad** : TCP/IP podía adaptarse a distintos medios de transmisión, como cables de cobre, fibra óptica o incluso enlaces inalámbricos, lo que facilitaba su implementación en una amplia variedad de entornos y situaciones. Otros

---

<sup>1</sup>En la figura 1 de la página 16 se muestra un resumen de las principales características de cada uno de estos protocolos.

protocolos, en cambio, podrían haber requerido modificaciones o adaptaciones específicas para funcionar en diferentes tipos de medios de transmisión.

- **Resistencia** frente a fallos: TCP/IP fue diseñado para ser robusto en caso de fallos en la red, permitiendo que los paquetes de datos pudieran ser retransmitidos y encontrar rutas alternativas en caso de problemas. Esta capacidad de recuperación era fundamental para garantizar la continuidad y fiabilidad de las comunicaciones en una red global con múltiples nodos y enlaces.
- **Escalabilidad** : TCP/IP podía soportar el crecimiento de la red al permitir la incorporación de nuevos nodos y enlaces sin afectar negativamente su rendimiento. Su diseño jerárquico y descentralizado facilitaba la expansión de la red y evitaba los cuellos de botella que podrían haberse producido con otros protocolos menos escalables.

Estas ventajas hicieron que TCP/IP se convirtiera en la opción preferida frente a otros protocolos, al ser una solución más versátil, resistente y escalable para la creciente demanda de interconexión entre sistemas y redes en todo el mundo. Cabe destacar también que era una solución con arquitectura abierta, no propietaria y de uso gratuito, es decir, sin necesidad de pagar licencias por su uso [6].

Como en toda guerra también hubo un trasfondo político. Este hecho suele ser ignorado al abordarse este tema desde un punto de vista puramente tecnológico. Y es que en 1980, el Departamento de Defensa de Estados Unidos declaró TCP/IP como el estándar para todas las redes militares [7]. A esto se sumaron numerosas comunidades de investigación y universidades que adoptaron TCP/IP como su protocolo de comunicación, como por ejemplo, Stanford University, donde Vint Cerf colaboró con Robert Kahn en el diseño del protocolo [7]; University of California, Los Angeles (UCLA), que participó en el desarrollo temprano y las pruebas de TCP/IP [7]; y University College London (UCL), donde el profesor Peter Kirstein promovió el uso de TCP/IP en Europa y su equipo contribuyó al desarrollo y pruebas del protocolo [8].

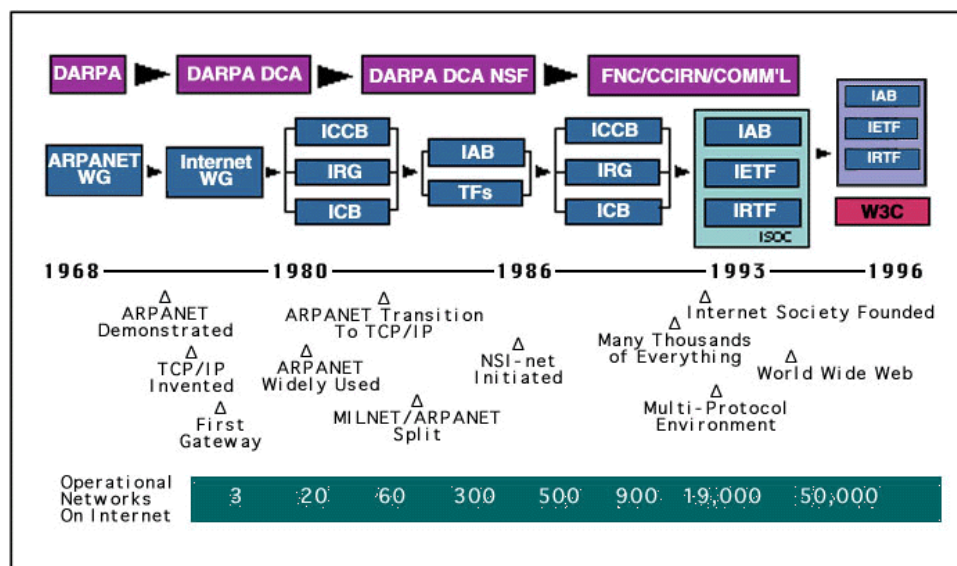


Figura 2.1: Evolución de los protocolos de Internet. Fuente [7]

## Contexto y estado del arte

---

Esta completa adopción del protocolo se dió por finalizada cuando ARPANET la precursora de la actual Internet y financiada por la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa (DARPA), llevó a cabo la transición exitosa de su antiguo protocolo, el Network Control Program (NCP), a TCP/IP el 1 de enero de 1983 [7].

En resumen, la rápida adopción de la comunidad científica y académica, sumada al respaldo gubernamental consolidaron TCP/IP como el estándar dominante en la industria de las redes de comunicación.

### 2.1.2. La World Wide Web y HTTP

El modelo TCP/IP asentó una forma de comunicación estándar entre computadores y redes, aunque este estaba limitado principalmente al mundo académico y científico. No fue hasta la creación de la World Wide Web (WWW) cuando el Internet concebido como es en la actualidad se convirtió en un fenómeno global y accesible para todo el mundo.

Antes de la WWW, el acceso a la información en Internet se realizaba a través de los protocolos a nivel de aplicación mostrados en la figura 2.1

Protocolo	Descripción
FTP (Protocolo de Transferencia de Archivos)	Utilizado para transferir archivos entre cliente y servidor a través de una red.
Telnet	Basado en texto utilizado para el acceso remoto a computadoras y servidores, permitiendo a los usuarios controlarlos a través de una interfaz de línea de comandos.
Gopher	Diseñado para buscar y recuperar documentos de manera jerárquica, utilizando una interfaz basada en menús.
SMTP (Protocolo Simple de Transferencia de Correo)	Utilizado para enviar mensajes de correo electrónico entre servidores y, finalmente, al cliente de correo del destinatario.
NNTP (Protocolo de Transferencia de Noticias en Red)	Utilizado para la distribución, consulta y recuperación de artículos de noticias en la red Usenet.
POP3 (Protocolo de Oficina de Correos 3)	Utilizado para recuperar mensajes de correo electrónico desde un servidor de correo remoto hasta un cliente de correo local.
IMAP (Protocolo de Acceso a Mensajes de Internet)	Permite a los usuarios acceder y administrar sus mensajes de correo electrónico en un servidor de correo, sin descargarlos a un cliente de correo local.

Cuadro 2.1: Protocolos de capa de aplicación antes de HTTP

Estos servicios se encuentran dentro del nivel de aplicación dentro del *stack* TCP/IP, como se muestra en la figura 2.2. Algunos de ellos se siguen usando hoy en día, o tienen su caso de uso (IMAP, POP3, FTP), pero en lo referente a archivos, ofrecían

métodos básicos de navegación y compartición, carecían de la capacidad de interconectar documentos de manera intuitiva y visual.<sup>2</sup>

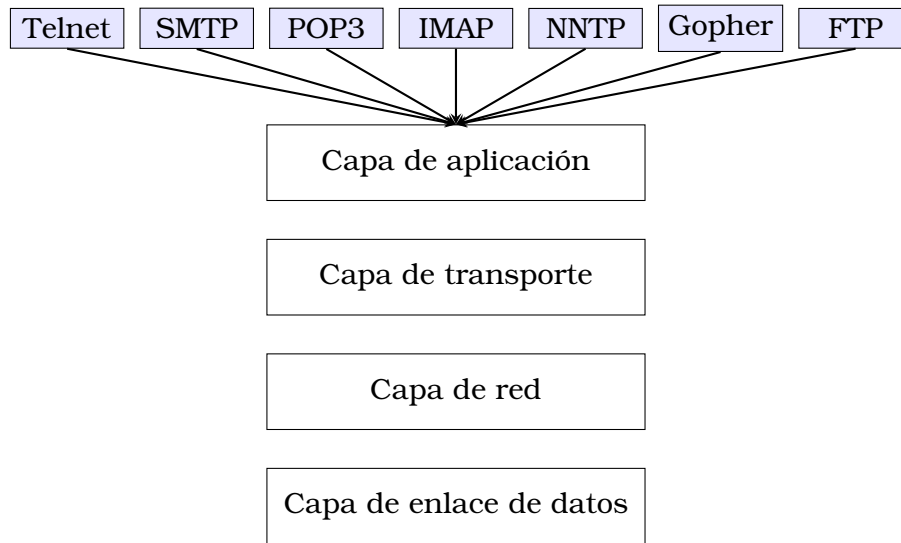


Figura 2.2: Capas del protocolo TCP/IP con algunos protocolos de la capa de aplicación

En 1989, el científico británico Tim Berners-Lee propuso la creación de la WWW, un sistema de información global e hipertextual que permitiría a los usuarios navegar y acceder a documentos interconectados mediante enlaces.

## 2.2. IPFS como alternativa a HTTP

### 2.2.1. Introducción

### 2.2.2. Fundamentos

### 2.2.3. Arquitectura

### 2.2.4. Modelo de datos

### 2.2.5. Distribución de contenido

## 2.3. Ecosistema en torno a IPFS

### 2.3.1. Introducción

### 2.3.2. Proyectos basados en IPFS

### 2.3.3. Herramientas y librerías de IPFS

### 2.3.4. Comunidades en torno a IPFS

### 2.3.5. Integraciones de IPFS

---

<sup>2</sup>Cabe destacar que en esta época, los documentos eran principalmente texto plano, sin formato, y no existía la posibilidad de incluir imágenes o vídeos.

## **Capítulo 3**

# **Desarrollo de IPFShare**

### **3.1. Casos de uso**

### **3.2. Objetivos**

### **3.3. Requisitos**

### **3.4. Tecnologías**

#### **3.4.1. Tecnologías propuestas**

#### **3.4.2. Tecnologías usadas**

### **3.5. Arquitectura del sistema**

### **3.6. Implementación**

#### **3.6.1. Backend (Electron)**

#### **3.6.2. Frontend (React)**





## **Capítulo 4**

# **Resultados y conclusiones**



## **Capítulo 5**

### **Trabajos futuros**



# Bibliografía

- [1] IPFS Powers the Distributed Web. [Online]. Available: <https://ipfs.tech/>
- [2] “Web3.” [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Web3&oldid=1148197462>
- [3] J. Benet. IPFS - Content Addressed, Versioned, P2P File System. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1407.3561>
- [4] H.-S. Huang, T.-S. Chang, and J.-Y. Wu, “A Secure File Sharing System Based on IPFS and Blockchain,” in *Proceedings of the 2020 2nd International Electronics Communication Conference*. ACM, pp. 96–100. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3409934.3409948>
- [5] “Protocol Wars.” [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Protocol\\_Wars&oldid=1145543147](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Protocol_Wars&oldid=1145543147)
- [6] B. Edwards. The Foundation of the Internet: TCP/IP Turns 40. How-To Geek. [Online]. Available: <https://www.howtogeek.com/751880/the-foundation-of-the-internet-tcpip-turns-40/>
- [7] B. M. Leiner, V. G. Cerf, D. D. Clark, R. E. Kahn, L. Kleinrock, D. C. Lynch, J. Postel, L. G. Roberts, and S. Wolf, “A Brief History of the Internet.” [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/cs/9901011>
- [8] E. Mori, “Peter Kirstein obituary.” [Online]. Available: <https://www.theguardian.com/technology/2020/feb/09/peter-kirstein-obituary>
- [9] A. Das. TCP/IP Protocol Architecture Model - How Does it Work? Geekflare. [Online]. Available: <https://geekflare.com/tcp-ip-protocol-architecture-model/>
- [10] “Protocolo de control de transmisión.” [Online]. Available: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Protocolo\\_de\\_control\\_de\\_transmisi%C3%B3n&oldid=149440564](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Protocolo_de_control_de_transmisi%C3%B3n&oldid=149440564)
- [11] TCP/IP Model vs. OSI Model | Similarities and Differences. Fortinet. [Online]. Available: <https://www.fortinet.com/resources/cyberglossary/tcp-ip-model-vs-osi-model>
- [12] M. Cooney. SNA and OSI vs. TCP/IP. Network World. [Online]. Available: <https://www.networkworld.com/article/2287941/sna-and-osi-vs--tcp-ip.html>
- [13] Layers of OSI Model. GeeksforGeeks. [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/layers-of-osi-model/>



# Anexo

<b>Característica</b>	<b>IP/TCP</b>	<b>OSI</b>	<b>X.25</b>	<b>SNA</b>
Modelo	Suite de protocolos	Modelo de referencia	Protocolo de enlace	Suite de protocolos
Capas	4 (TCP/IP)	7	3	7
Año de lanzamiento	1974 (TCP) / 1981 (IP)	1984	1976	1974
Enfoque	Conmutación de paquetes	Conmutación de paquetes y circuitos	Conmutación de circuitos	Conmutación de paquetes y circuitos
Estándar	IETF	ISO	CCITT (ahora ITU-T)	IBM
Orientación	Red global	Interoperabilidad	Redes de área amplia (WAN)	Redes empresariales
Funcionalidades	Transmisión de datos, enrutamiento, control de flujo, control de congestión, conexión y desconexión	Transmisión de datos, enrutamiento, control de flujo, control de congestión, conexión y desconexión, servicios de presentación y aplicación	Transmisión de datos, control de flujo, conexión y desconexión	Transmisión de datos, enrutamiento, control de flujo, control de congestión, conexión y desconexión, servicios de presentación y aplicación
Uso en los años 90	Muy popular, base del Internet	Intento de reemplazar a TCP/IP, pero fracasó en la adopción generalizada	Utilizado en redes de área amplia (WAN), especialmente en Europa	Utilizado en redes empresariales, especialmente en sistemas mainframe de IBM

Descripción	Un modelo que se basa en la suite de protocolos TCP/IP para transmitir datos por Internet. El modelo es más simple y flexible que el modelo OSI y se usa ampliamente en la actualidad.	Un modelo que se basa en la suite de protocolos OSI para estandarizar la comunicación entre sistemas abiertos. El modelo segmenta múltiples funciones que el modelo IPTCP agrupa en capas únicas y define los servicios e interfaces para cada capa.	Un modelo que se basa en la suite de protocolos X.25 para proporcionar una conexión virtual entre terminales y computadoras a través de una red pública de conmutación de paquetes. El modelo fue uno de los primeros en ofrecer una comunicación confiable entre dispositivos remotos, pero ha sido reemplazado por tecnologías más rápidas y eficientes como Frame Relay e IP.	Un modelo que se basa en la suite de protocolos SNA para integrar los recursos informáticos distribuidos en una red jerárquica. El modelo fue desarrollado por IBM para conectar sus sistemas mainframe y periféricos, pero ha perdido popularidad frente a los modelos basados en IP.
-------------	--	--	--	--

Cuadro 1: Comparación de IP/TCP, OSI, X.25 y SNA en los años 90. Fuentes: [9], [10], [5], [11] [12] [13]