

## El camino a la Era Digital

Estamos en la era digital y los elementos que la componen son tan variados (hardware, software, conexiones) y han evolucionado de una forma exponencial que puede parecer complicado para alguien externo a dicho ámbito intentar comprenderlo. Podemos llegar a pensar que los ordenadores son una caja negra e internet una nube, o algo mágico como expresaba Arthur C. Clarke al decir que cualquier tecnología suficientemente avanzada es indistinguible de la magia.

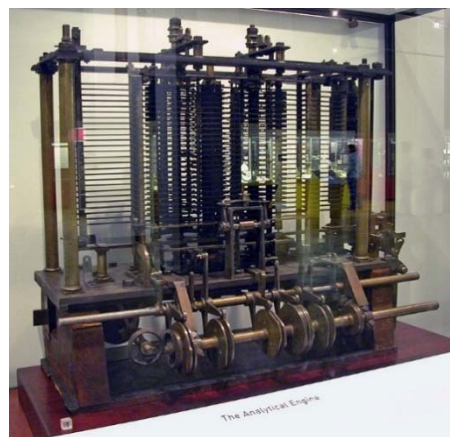


Sin embargo, todo se reduce a elementos materiales, y si los observamos en su forma más simple, tal como nacieron, es más fácil comprender sus fundamentos, distinguir los distintos componentes y entender para qué sirven y pueden servir en el futuro.

Si la ciencia se ha construido a hombros de gigantes, la era digital se ha construido con infinidad de importantes aportaciones en muy distintos ámbitos de las tecnologías digitales. Se describen brevemente algunos de los hitos de la era digital. De esta forma se puede comprender la diferencia entre lo que es una máquina con instrucciones fijas, como la máquina diferencia de Babbage o una máquina programable, como la máquina analítica del mismo Babbage; o la actual importancia del software sobre el hardware como vieron Grace Hopper y Bill Gates; o como se originó la arquitectura de Internet cuando solo había unos pocos ordenadores para conectar.

### La máquina de Babbage

Charles Babbage (1791-1871) acudía de niño acompañado de su madre a las diversas exposiciones que se celebraban en Londres a principios de 1800, entre las que se encontraban las de autómatas o muñecos animados mecánicamente. Después estudió en Cambridge, donde junto con sus compañeros eran bastante críticos con la forma de enseñar matemáticas. Y también le desagradaban los errores en las tablas de logaritmos, utilizadas hasta la segunda mitad del siglo XX para realizar operaciones. En 1812, un compañero le dijo que esas tablas podrían componerse mecánicamente y eso supuso el inicio de la construcción del primer ordenador: la máquina diferencial, capaz de crear tablas de logaritmos y funciones trigonométricas. El proyecto fue financiado por el gobierno británico, pero no se consiguió una máquina lo suficientemente precisa. Además, Babbage empezó a pensar en 1834 en una segunda máquina, la máquina analítica, que no solo era capaz de hacer unas operaciones predefinidas, si no que era programable, es decir, se podía definir que operaciones iba a realizar la máquina después de haberse construido.

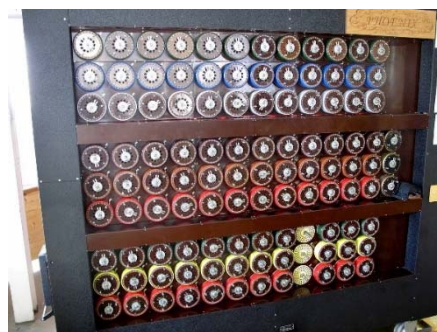


Pero la máquina propuesta por Babbage no tuvo ni financiación del Gobierno ni seguidores, a excepción de Ada Lovelace, hija del poeta Lord Byron, a quien su madre le había inculcado el interés por las matemáticas para evitar una vida romántica como la de su padre. El interés de Ada por la máquina de Babbage la llevó a convertirse en su mayor defensora y en la primera programadora de la historia. Charles Babbage y Ada Lovelace fueron los predecesores del hardware y el software. Sin embargo, pasarían 100 años para que los ordenadores se convirtiesen en realidad.

## Colossus

Alan Turing (1912-1954), matemático inglés, escribió en 1937 el artículo “On Computable Numbers” en el que introducía el concepto de máquina de Turing. En 1936 había realizado una estancia en Princeton y tuvo una oferta de John von Neumann en 1938 para trabajar como su asistente. Pero con la guerra inminente en Europa decidió que tenía que volver a Gran Bretaña.

A su vuelta se unió al proyecto de descifrar los códigos de encriptación utilizados por los alemanes. Los mensajes eran encriptados por los alemanes con la máquina electromecánica Enigma. El equipo británico se instaló en Bletchley Park al norte de Londres. Crearon en 1940 una máquina denominada “la bomba”. Era una máquina electromecánica, basada en relés, capaz de descifrar las ordenes enviadas a los submarinos alemanes.

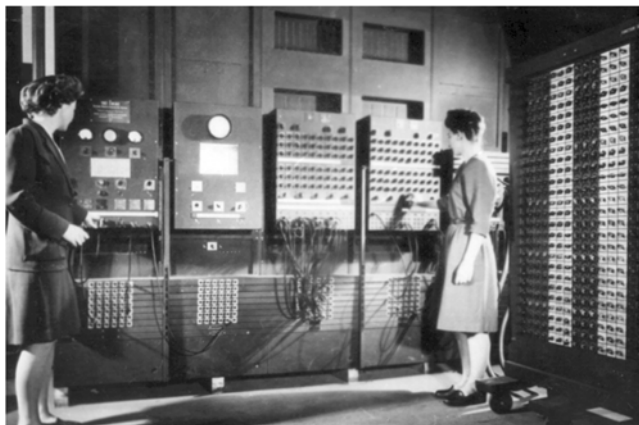


Los alemanes mejoraron su encriptación con una máquina electrónica. Las máquinas diseñadas por Turing no eran capaces ya de descifrar estos mensajes por lo que se puso en marcha el proyecto Colossus. Dirigido por Max Newman y con la participación del ingeniero Tommy Flowers que había trabajado con tubos de vacío en el servicio postal. Turing no formaba parte de este equipo, pero contribuyó con sus aportaciones en estadística. La primera máquina Colossus se construyó en diciembre de 1943 y constaba de 1.500 tubos de vacío. La segunda versión, con 2400 tubos, estaba lista el 1 de junio y descifró mensajes para Eisenhower indicando que no se estaban enviando tropas para Normandía. El desembarco se produjo 5 días más tarde.

Colossus se puede considerar el primer ordenador electrónico y digital, aunque no se puede considerar un ordenador de propósito general ya que, aunque permitía decisiones condicionales, estaba realizado para un único fin.

## ENIAC

Durante la Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos necesitaba un gran número de piezas de artillería. Un elemento tan importante como los cañones y los proyectiles eran las tablas de artillería, que permitían establecer los parámetros de disparo en función de los distintos valores que lo condicionan (distancia, velocidad del viento, proyectil). El cálculo de estas tablas conllevaba unas 20 horas de elaboración, por lo que el Laboratorio de Investigación Balística del ejército de los Estados Unidos encargó la elaboración del



ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), el primer ordenador electrónico, digital, programable de propósito general. ENIAC realizaba el cálculo de una tabla balística en 30 segundos.

Su construcción comenzó en 1943 dirigido por John Mauchly (1907-1980) and J. Presper Eckert (1919-1995) de la Universidad de Pensilvania. En el desarrollo se involucró también el matemático de origen húngaro John von Neumann (1903-1957). Neumann estaba trabajando en el laboratorio de Los Álamos en el proyecto de la bomba de hidrógeno y al conocer la construcción del ordenador, se utilizó primero para estos cálculos, utilizando un millón de tarjetas perforadas.

El ordenador se trasladó al campo de tiro de Aberdeen y estuvo en operación durante 10 años. Fue la base para el desarrollo de los posteriores ordenadores, en particular del EDVAC, propuesto por Neumann en el “First Draft of a Report on the EDVAC”, con base binaria en lugar de decimal y con el empleo de la arquitectura Von Neumann, que es la empleada por los ordenadores actuales.

## El primer compilador

En 1941, tras el ataque japonés a Pearl Harbor, Grace Hooper (1906-1992), que había realizado un doctorado en matemáticas en Yale, se alistó en la Marina de los Estados Unidos. En 1944 obtuvo el título de teniente con el primer puesto de su promoción. Fue enviada a la Universidad de Harvard para trabajar en el Mark I, un ordenador electromecánico, predecesor del ENIAC, que durante la guerra estaba bajo la supervisión de la Marina. Su primer encargo fue escribir un manual del ordenador a partir de las instrucciones de la máquina de Babbage.



Describió el concepto de bucle, que encontró en las notas de Ada Lovelace y el concepto de subrutina que también había descrito Ada. También introdujo el concepto de compilador, de forma que se podía escribir un programa una vez y ejecutarse en distintas máquinas. De esta forma, logró que el Mark I fuese fácilmente programable pudiendo ejecutar distintos programas cambiando las tarjetas perforadas.

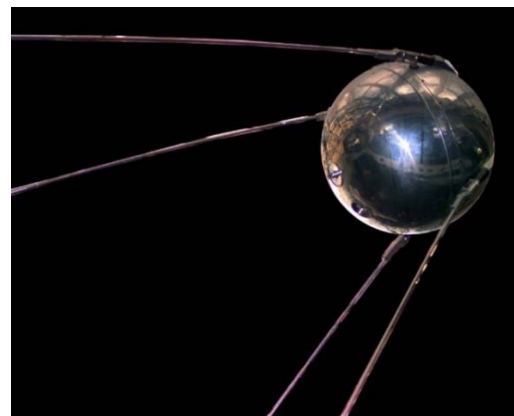
En 1945 fue a visitar el ENIAC. Vió que su ordenador, el Mark I, era más fácilmente programable que el ENIAC, que había que recablear para que ejecutase un programa distinto. Pero el ENIAC, al ser electrónico, era cien veces más rápido.

Esta dificultad de reprogramar el ENIAC lo vieron también sus creadores, Mauchly y Eckert que en reuniones con John von Neumann realizaron la propuesta del EDVAC. Al acabar el proyecto y la guerra, Mauchly y Eckert fundaron su propia compañía de ordenadores que desarrolló el UNIVAC. Contrataron a las programadoras del ENIAC y a Grace Hooper como su responsable. En 1952, Hooper creó el primer compilador y en 1959 colaboró en la creación de COBOL, el primer lenguaje para distintas plataformas.

Como Ada Lovelace, Grace Hooper entendía que lo importante no era el hardware, sino el software, como después vieron también Bill Gates, Marc Andreessen en su artículo “Why Software Is Eating the World” o las empresas de la Era digital.

## Sputnik

En la década de los 50, Estados Unidos vivía su época dorada. Habían ganado la II Guerra Mundial y el desarrollo de esos años los llevó a la hegemonía del mundo occidental y a un elevado nivel de bienestar comparado con el resto del mundo. Sin embargo, esa confianza sufrió un duro revés cuando el 4 de octubre de 1957 la Unión Soviética lanzó el primer satélite artificial: el Sputnik. Un satélite del tamaño de un balón de baloncesto que emitía una señal de radio con un pitido a intervalos regulares que podía captarse en la Tierra.



El mundo occidental y en especial el gobierno americano se preguntaba que era lo próximo que los soviéticos podían lanzar al espacio. El gobierno americano estaba preocupado y para lograr la superioridad tecnológica en todos los campos, su presidente, Eisenhower, creó en 1958 ARPA (Advanced Research Project Agency) del Departamento de Defensa. Su objetivo era coordinar todos los desarrollos tecnológicos mediante contratos con las principales universidades y organizaciones del país. Se desarrollaron proyectos en computación, aeroespacial, armamentística e incluso en áreas como la parapsicología. Uno de los resultados más espectaculares de dicho programa fue la NASA y su proyecto anunciado en 1961 por John F. Kennedy para llevar un hombre a la luna y traerlo de vuelta, antes de que acabase la década. Pero el que más impacto ha tenido en nuestra sociedad fue el desarrollo de la computación y las comunicaciones.



## El transistor

Los transistores son el componente principal de los ordenadores. Un procesador actual tiene cientos de millones. Antes de su invención, la función de un transistor la hacían unos tubos de vacío, similares a antiguas lámparas de unos centímetros de alto y con filamentos incandescentes. Por ello, los ordenadores tenían solo unos miles de estos tubos de vacío, con los consiguientes inconvenientes de tamaño, consumo, fiabilidad y precio.

William Shockley (1910-1989) había estudiado en el MIT y en 1936 fue contratado por los laboratorios Bell con la misión de sustituir los tubos de vacío por un componente sólido, sin elementos incandescentes, de forma que fuesen más sencillas de fabricar, más duraderos y baratos. Comenzó a trabajar con Walter Brattain (1902-1987), capaz de llevar a la práctica las ideas de Shockley, pero comenzó la Segunda Guerra Mundial y ambos fueron destinados a otras ocupaciones militares.



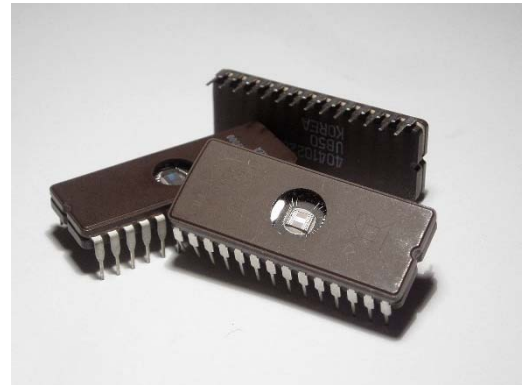
Al finalizar la guerra, volvieron a su trabajo anterior e incorporaron a un experto en mecánica cuántica, John Bardeen (1908-1991). Estaba formado el equipo que fabricaría el primer transistor en 1947. Los tres recibieron el premio Nobel de Física en 1956.

La relación de Shockley con sus compañeros y con Bell se deterioró y decidió crear en 1956 su propia empresa de transistores: Shockley Semiconductor Laboratory en el parque que creó el director de ingeniería de Stanford, Fred Terman, en Palo Alto, California. Era el inicio de Silicon Valley.

## El microchip

Uno de los primeros usos de los transistores fue la producción de radios de bolsillo, gracias al menor tamaño y consumo de los transistores en lugar de las lámparas utilizadas hasta entonces. Texas Instruments, se creó en 1952 con una licencia de laboratorios Bell para fabricar transistores para sus radios de bolsillo. De hecho, se acuñó el término transistor para este tipo de radios.

En 1956 se unió a Texas Instruments el ingeniero Jack Kilby (1923-2005) y durante sus primeras semanas en el verano de 1958, cuando el resto del personal estaba de vacaciones, llegó a la idea de que los distintos componentes de una placa electrónica (resistencias, condensadores, conexiones) se pueden realizar en la misma placa de silicio en que se hacían los transistores. Convenció a su jefe para hacer las pruebas y en septiembre de 1958 hizo la demostración del primer microchip, un conjunto de componentes creados y conectados en la misma placa de silicio.



De forma independiente, los ingenieros que contrató Shockley Semiconductor dejaron la empresa al año siguiente y crearon Fairchild Semiconductor en 1957. Entre ellos se encontraban Robert Noyce (1927-1990) y Gordon Moore (1929-), que luego fundarían Intel. En Fairchild estaban trabajando en 1959 en un proceso para hacer más fiable la fabricación de los transistores, aislándolos en “ventanas” en la placa de silicio. Una de las aplicaciones del nuevo método es que se podían construir los distintos componentes en la misma placa y llegaron a la misma idea que Kilby había tenido unos meses antes y que todavía no había patentado.

Los microchips darían lugar a los microprocesadores y al desarrollo de la computación actual. Moore también es el autor de la ley de Moore, declarando en abril de 1965, que la capacidad de un microprocesador se dobla cada dos años.

## ARPANET

Los desarrollos de ARPA en el área de computación llevaron a realizar grandes inversiones de dinero en distintas universidades para proyectos similares. Los responsables de ARPA quisieron solucionarlo conectando los distintos ordenadores. Pero no era una tarea sencilla, los ordenadores eran de distintos fabricantes y con distintos sistemas operativos y lenguajes, con lo que, si se quería conectar un ordenador con el resto, debería hablar el lenguaje de todos los demás. Además, estaba el problema de que cada organización desconfiaba de que otras pudiesen acceder a su ordenador y la sobrecarga que suponía de procesamiento para sus ya saturados ordenadores.

La solución la encontró Larry Roberts cuando Wes Clark le dibujó en una hoja el esquema de los IMP (Interface Message Processor). En vez de tener que conectar cada ordenador a todos los demás, se decidió diseñar un ordenador, el IMP, del cual se instalarían réplicas junto a cada uno de los ordenadores que se querían conectar. Los IMPs estarían conectados entre sí por medio de la línea telefónica. Al estar todos diseñados igual, se evitaba el problema de los distintos sistemas. Y por el otro lado, cada IMP solo tenía que interconectarse con el ordenador de la organización en la que se instalaba. La primera conexión entre dos ordenadores con esta red se produjo en 1969, unas semanas después de la llegada del hombre a la Luna. La conexión fue entre los ordenadores de UCLA y Stanford, que junto a los de la Universidad de California en Santa Barbara y la Universidad de Utah fueron los 4 primeros nodos de ARPANET, la futura Internet.



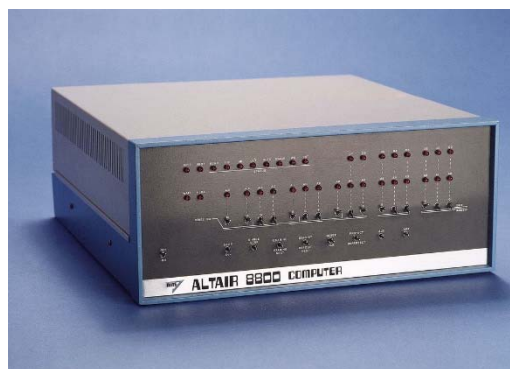
## Altair

El negocio de Intel era fundamentalmente el de las memorias RAM, pero desarrolló el primer microprocesador disponible para el mercado en 1971, el Intel 4004, una CPU de 4 bits. En 1972 desarrolló el primer microprocesador de 8 bits y en 1974 el Intel 8080 conteniendo unos 6.000 transistores.

Ed Roberts (1941-2010) era un aficionado a los cohetes en miniatura y las radios para controlarlos. Se había formado como ingeniero en las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos y con un compañero montaron un negocio para vender estos elementos a otros aficionados. Su empresa estaba en Albuquerque, Nuevo México, y se llamaba MITS. Pronto pasaron al negocio de las calculadoras. Como se orientaban a los aficionados a la electrónica, vendían las calculadoras como kits, pero con la bajada del precio de las calculadoras de bolsillo, el negocio dejó de ser rentable y tenía deudas de unos cientos de miles de euros.

Para superar la crisis decidió embarcarse en un nuevo negocio: los ordenadores. Le gustaban y pensaba que también les gustaría a otros aficionados, por lo que decidió venderlos como kits basados en el microprocesador Intel 8080. El ordenador, basado en el microprocesador de 8 bits tenía 256 bytes de memoria y era una caja sin teclado ni pantalla en la que las instrucciones había que introducirlas bit a bit con unos interruptores y la salida eran luces que se encendían y apagaban.

El éxito le llegó cuando la revista “Popular Electronics” le dedicó la portada de enero de 1975, había nacido el ordenador personal y su nombre era Altair 8800.



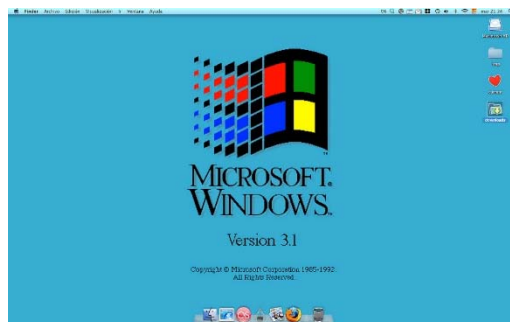
## Microsoft

El Altair 8800 además de ser el primer ordenador personal, dio lugar a la creación de dos de las más importantes empresas de la era digital: Microsoft y Apple.

Bill Gates (1955-) estudiaba en Harvard en diciembre de 1974, cuando su compañero Paul Allen (1953-) le mostró el ejemplar de enero de 1975 de “Popular Electronics” con el Altair en la portada. Allen le propuso a Gates que construyeran su propio ordenador, pero Gates le contestó que lo que ellos sabían era de software. Decidieron que construirían el software para el ordenador personal. Gates reconoció posteriormente, que la idea de crear una industria del software, que no existía hasta entonces, fue la idea más importante que ha tenido nunca.

Decidieron crear un interprete del lenguaje de programación BASIC, esto es, un programa que interpretaba instrucciones escritas en BASIC, para que pudiesen ser ejecutadas por el Altair. Cuando lo escribieron, sin disponer de un Altair para probarlo, Gates llamó a Ed Roberts para mostrárselo. Realizaron la demostración en Albuquerque, en marzo de 1975, y el programa funcionó. Para comercializar el Altair BASIC crearon al mes siguiente Micro-Soft, renombrada finalmente como Microsoft.

En 1981 llegó a un acuerdo con IBM para comercializar MS-DOS, el sistema operativo del PC-IBM y en 1985 presentó la primera versión de Microsoft Windows.



## Apple

El ejemplar de “Popular Electronics” llegó también a las manos de Steve Wozniak (1950-) en el club de computación Homebrew. Cuando vio las especificaciones del procesador Intel, entendió que ese microchip llevaba dentro un microprocesador y que el terminal de ordenador (una pantalla y un teclado) que Wozniak estaba construyendo para conectarse a un ordenador central se podía convertir en un ordenador personal con pantalla y teclado. En 1975 construyó el prototipo del que sería el Apple I. Su intención era repartir los esquemas en el club Homebrew, pero su amigo Steve Jobs (1955-2011) le propuso construirlos y venderlos como ordenadores sencillos de usar.

Jobs vendió su coche y Wozniak su calculadora para fundar Apple. Su primera venta fue de 50 unidades, pero la tienda quería un ordenador ensamblado, no los componentes como se vendían a los aficionados. El siguiente ordenador personal que hicieron, el Apple II era un ordenador completo con el software integrado y esta política de Apple de vender los ordenadores y demás dispositivos con su propio sistema operativo ha continuado hasta hoy. El Apple II salió al mercado en 1977.

Pero los ordenadores necesitan programas para ser realmente útiles. Uno de estos programas fue presentado en 1979: la hoja de cálculo VisiCalc. El concepto de hoja de cálculo era nuevo y enseguida se vieron sus posibilidades e hizo que las ventas del Apple II se disparasen.



## El PC IBM

La difusión del uso de VisiCalc supuso el mayor cambio en la utilización de los ordenadores en las empresas. Hasta entonces todo estaba centralizado en los ordenadores centrales, la mayoría de las veces un IBM, y los procesos como facturación o nóminas se realizaban en el centro de proceso de datos por personal especializado. En algunos casos, los empleados podían disponer de terminales que se conectaban al ordenador central, el terminal les presentaba un formulario, el usuario lo rellenaba y enviaban dichos datos al ordenador central. Si se deseaba introducir u obtener los datos de otra forma era necesario que el centro de proceso de datos atendiese esa petición.

Pero con la hoja de cálculo, cualquier usuario de finanzas, ventas u otro departamento, podía introducir sus datos y fórmulas y ver el resultado. Podía realizar unos cambios en los datos de entrada y ver al instante el resultado. Esto llevó a que no se requiriese al centro de proceso de datos para cualquier necesidad de gestión de datos o computación. Las tareas que antes solo se podían hacer con el ordenador central estaban al alcance de cualquier usuario. De esto se dieron cuenta los departamentos de informática de las empresas y también IBM.

En consecuencia, IBM decidió que debía entrar en el mercado de los ordenadores personales, que hasta hace unos meses había considerado que eran solo juguetes para aficionados. Debido a la estructura de IBM, decidieron que para poder construirlo en plazos razonables debían subcontratar los distintos componentes, incluido el sistema operativo, que se encargó a Microsoft. Así surgió en 1981 el PC IBM y el sistema operativo MS-DOS.



## La Web

Tim Berners-Lee (1955-), ingeniero inglés, trabajaba en el CERN (Centro Europeo de Investigación Nuclear) en Suiza. Una de sus funciones era ayudar a los científicos e ingenieros para que pudiesen compartir sus documentos y ficheros. En la década de los 80 existían multitud de fabricantes de ordenadores cada uno con su propio sistema operativo. Es entonces cuando propuso su WWW (World Wide Web). Un sistema para permitir la publicación y el acceso a la información de una forma más sencilla que la que existía entonces.



Para ello inventó en 1989 los distintos componentes que son necesarios para que funcione la Web:

- a) un protocolo de comunicaciones: HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) que funcionaba sobre los protocolos de internet (TCP/IP),
- b) un lenguaje para definir páginas de hipertexto: el HTML (Hyper Text Marked Language),
- c) el servidor web, que responde a las peticiones HTTP de páginas web,
- d) y el navegador para realizar las peticiones y mostrar el resultado de las páginas HTML.

Internet se había creado 20 años antes, pero con la creación de la Web y la liberalización del uso de la red para usos comerciales comenzó la era del mundo conectado.

## Amazon, Apple, Facebook y Google

Caso 514-S07: Amazon, Apple, Facebook y Google