

El impacto de las tecnologías de la información en la formación del entorno tecnológico

M. en C. Abraham Jorge Jiménez Alfaro*



Resumen

La disponibilidad de información con bajo costo relativo, en cualquier momento y en cualquier lugar, ha propiciado que se identifique a la nuestra como la “sociedad de la información”, la cual está evolucionando hacia la “sociedad del conocimiento”. Diversos estudios indican que la dinámica de la innovación tecnológica ha crecido en forma exponencial durante los últimos cincuenta años, impulsada aparentemente por los avances sustanciales y continuos en las tecnologías de la información (TI). Este es y será, tal vez, uno de los fenómenos más importantes y de mayor impacto en las décadas por venir. La prospectiva indica que en algunas décadas se dará la convergencia absoluta de las TI. De esta manera, parece muy probable que el continuo avance de tres tecnologías fundamentales: los dispositivos semiconductores (S), los sistemas de cómputo (C) y de los protocolos de comunicaciones (P), con sus diferentes impactos, transformará definitivamente la vida del ser humano, sus organizaciones y sus sociedades. El fenómeno plantea la problemática y la necesidad de generar un sistema de adaptación individual y colectiva que sea capaz de responder adecuadamente ante la dinámica de los cambios.

Acerca del autor...

* Doctor del Centro Interdisciplinario de Posgrados Investigación y Consultoría, CIP. Profesor del Posgrado en Ingeniería en Sistemas Computacionales, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

Introducción

El cambio tecnológico ha sido el propulsor de la situación que hoy día guarda el sistema socioeconómico y político mundial, y se le atribuyen los diversos impactos que se perciben en las organizaciones y los individuos. En sus trabajos sobre los ciclos económicos, Modelski (2001) señala que la onda núm. 19 de Kondratieff, dio inicio con la aparición de Internet a finales de los setenta y que llegará hasta el año 2020, cubriendo el promedio de cincuenta años que toman los ciclos de innovación. A todas luces, parece que mientras perdure este ciclo económico, el desarrollo tecnológico de las comunicaciones será impresionante, dando lugar a sistemas muy sofisticados, los cuales serán generados con la aparente intención de mejorar el nivel de vida de los individuos, pero dando lugar, también, a una gran acumulación de capital que aumentará los niveles de pobreza.

Esta contradicción es muy clara, Dubois (1998) considera que en el desarrollo de la economía global intervienen tanto las tecnologías como las ideologías, por lo que en un nuevo mundo global será necesario eliminar la marginación del hombre y respetar la naturaleza. El problema es que las innovaciones que no respeten estos principios, no darán paso a una revolución, sino a una involución.

La era de la información se reconoce como tal a partir del descubrimiento del transistor por los laboratorios Bell en 1951, ya que durante las décadas siguientes, las diversas tecnologías relacionadas con el uso de los dispositivos semiconductores para el manejo de las comunicaciones sufrieron una evolución extraordinaria y constante. En un principio, la ola de innovación se dio en el

hardware de los sistemas, lográndose sistemas muy poderosos y eficientes a partir de la integración de los procesadores, las memorias y los periféricos. Aunado a esto, se creó el software para un sistema operativo de alta eficiencia y confiabilidad, el cual estuvo disponible en diversas versiones a finales del siglo XX. Por otra parte, el incremento en el negocio de las empresas que ofrecían el servicio de transporte de señales telefónicas, *carriers*, propició la generación de software especializado en comunicaciones.

Las diferentes versiones de este software, son conocidas como “protocolos de comunicación”. Los protocolos permitieron el establecimiento de redes de computadoras usadas inicialmente con fines bélicos y posteriormente para facilitar y mejorar el manejo de datos, imágenes y audio a través de los multimedios, empleando redes de comunicación satelital con medios de transmisión de fibra óptica de banda ancha. Este nuevo esquema disminuyó los costos de las comunicaciones y mejoró la calidad del servicio.

La evolución de los dispositivos electrónicos

El transistor y los circuitos de alta escala de integración

La primera versión del bulbo o válvula electrónica de vacío, fue patentada en 1904 por Fleming. Dos años más tarde, fue mejorado y patentado por Lee de Forrest, en su versión de triodo. Este dispositivo fue aplicado en una gran diversidad de aparatos, destacando los grandes sistemas de conmutación telefónica y los de radar, tan exitosos en la

Segunda Guerra Mundial. El transistor, a su vez, fue el resultado de un proyecto de investigación y desarrollo que buscaba un sustituto para las distintas versiones de bulbos.

El propósito de la investigación fue obtener dispositivos que requirieran menor consumo de potencia en su operación, ya que los sistemas de conmutación telefónica de la época demandaban grandes cantidades de kilowatts, lo que hacía muy costosa su operación. En menos de diez años, los transistores de silicio y de germanio habían reemplazado a los bulbos en casi todas sus aplicaciones.

En la década de los cincuenta, se presentó un problema muy serio en la manufactura de circuitos electrónicos que usaban transistores para diversas aplicaciones: su alambrado e interconexión. Este problema se convirtió en un factor básico que afectaba el costo y la confiabilidad de los equipos. Así fue como se hizo necesario el desarrollo de un circuito integrado monolítico.

Sorprendentemente, llevar a la práctica la idea de integrar varios transistores en un solo semiconductor tomó trece años. El circuito integrado fue inventado independientemente y en paralelo por Jack Kilby, de Texas Instruments, y por Robert Noyce, de Fairchild, en 1958 (Smith y Antoniadis, 1990).

Los fabricantes de semiconductores evaluaron rápidamente la potencialidad de la invención, por lo que en 1964, Gordon Moore, quien fue uno de los fundadores de Intel en 1968, predijo que la densidad de integración de circuitos se duplicaría cada año. Esta predicción resultó ser muy exacta, por lo que después sería considerada como la Ley de Moore.

A partir de entonces, se establecieron fábricas de semiconductores basados en el silicio. Para finales de los años sesenta, estaban listos los circuitos de “gran escala de integración” (Large Scale Integration, LSI).

A finales de los setenta, los fabricantes ya contaban con circuitos de “escala de integración muy grande”, (Very Large Scale Integration, VLSI), y a finales de los ochenta, con dispositivos de la llamada ultra alta escala de integración (Ultra-Large Scale Integration, ULSI, por sus siglas en inglés). Los chips ULSI son hoy día los módulos de construcción básica de todos los dispositivos electrónicos modernos, tales como radios, televisores, sistemas de telefonía, radares, computadoras, y en general, productos electrónicos caseros e industriales.

El objetivo central del avance tecnológico en semiconductores, era disminuir los requerimientos de potencia en las nuevas aplicaciones, lo cual se cumplió a plenitud, además de que se ahorró espacio y disminuyeron los costos de fabricación. En la Figura 1 se muestra la evolución de los procesadores en términos de la capacidad de transistores que tiene cada oblea semiconductor o chip.

A finales de los años ochenta y principios de los noventa, el problema de espacio y consumo ya se había resuelto, pero las empresas buscaron nuevas formas de optimización de los dispositivos electrónicos. La naturaleza del proceso del desarrollo de semiconductores cambió de manera sustancial. Recientemente, se han elaborado dispositivos que aprovechan el “efecto cuántico” basados en nuevas aleaciones de Arseniuro de Galio (AsGa), tales como el MODFET y el PRESTFET (Smith & Antoniadis, 1990).

Evolución de la memoria de acceso aleatorio (RAM)

Los computadores no hubieran podido progresar contando únicamente con la tecnología de los nuevos procesadores, también fue necesaria la evolución de los chips de memoria, por lo que los fabricantes de semiconductores participaron activamente en su creación. Un grupo de compañías japonesas, encabezadas por Hitachi, NEC y Toshiba, obtuvieron gran ventaja en el desarrollo de nuevas tecnologías de producción e invirtieron en tecnologías de integración y nuevas capacidades de manufactura. Según Iansiti (1997), un grupo de científicos e ingenieros coreanos, educados en los Estados Unidos de América, regresaron a sus países con lo último en conocimientos sobre litografía y diseño de transistores, por lo que construyeron la base tecnológica y científica que ayudó a compañías como Samsung de Corea, a ser líder en el mercado de memorias dinámicas (DRAM) a principios de los años noventa.

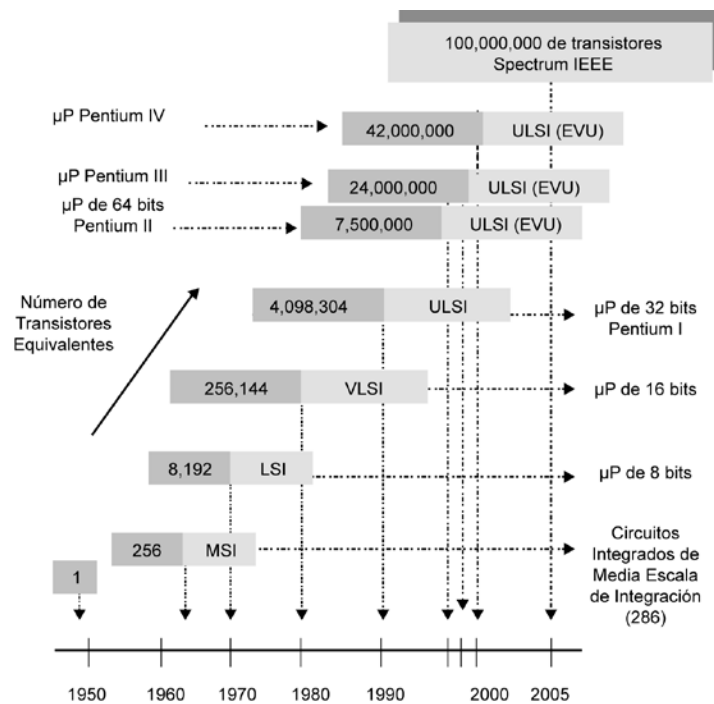


Figura 1. Evolución en el tiempo de las escalas de integración de los semiconductores.

En la Figura 2 se muestra cómo la actividad del mercado impulsó el crecimiento en la capacidad de las memorias RAM con menos de 1 MB por chip en 1988, a chips de RAM dinámica con capacidad de 32 y 64 MB en menos de una década. El costo por una instalación de tamaño mínimo para la fabricación de chips de memoria, se incrementó de 4 millones de dólares en 1971, a más de 1,200 millones en 1996, y aumentó a más de 4,000 millones en el 2001.

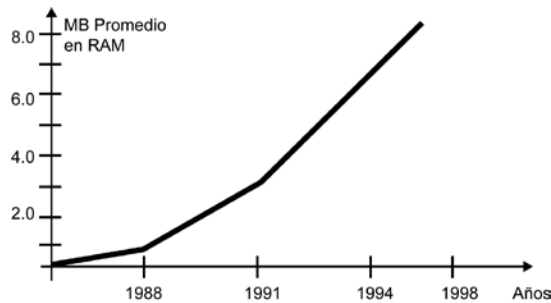


Figura 2. Crecimiento promedio del tamaño de las memorias RAM.

Evolución de la computadora

La computadora mainframe

La computadora electrónica ENIAC fue desarrollada en 1950 por la Universidad de Pensilvania, EUA. Ideada para realizar cálculos matemáticos sofisticados, en algunas décadas se convertiría en un dispositivo de cálculo de aplicación universal. Los fabricantes visualizaron un gran potencial en el mercado empresarial y pronto orientaron el hardware y software de los computadores a la ejecución de programas para aplicaciones administrativas, contables, de control de personal, control de la producción e inventarios, que requerían el manejo de grandes volúmenes de información.

Una de las primeras aplicaciones de los chips VLSI en las computadoras electrónicas, fue el desarrollo de sistemas de procesamiento de datos de tarjetas múltiples o Unidades de Procesamiento Central (CPU). Esto dio origen a la aparición en el mercado de equipos grandes y poderosos, conocidos como computadores *mainframe* de gran escala. Estos equipos en sus primeras etapas se aplicaron a la solución de tareas administrativas, sin descuidar su empleo para la investigación en las universidades e institutos. La computadora *mainframe* logró un tremendo éxito de mercado, lo que hizo a IBM una de las corporaciones internacionales más ricas y poderosas entre 1960 y 1980.

En esa época, las primeras versiones de los programas de aplicación consistían en miles de líneas de instrucciones, desarrolladas en programas poco eficientes; entonces para que los fabricantes de computadoras se mantuvieran competitivos, fue esencial desarrollar computadoras más veloces en cuanto al procesamiento de las instrucciones de sus programas.

Así inició la carrera de la velocidad de procesamiento, donde varias corporaciones se disputaban el liderazgo en esta guerra mercantil. Texas Instruments patentó en 1970 el primer microprocesador de silicio. Este dispositivo era un procesador de datos monolítico embebido en una sola oblea semiconductor, el cual sería aplicado a los sistemas de cómputo de la empresa.

El manejo de información masiva planteaba otro problema: ¿dónde y cómo almacenar los datos que se procesaban?; es decir, el asunto de la memoria temporal y fija. Las primeras memorias utilizadas en computadores híbridos fueron de ferrita magnética de baja velocidad y alto consumo de potencia. En 1969, Intel introdujo el primer chip de memoria con capacidad de almacenamiento de 1024 bits. La tecnología de semiconductores ya estaba en el mercado; sin embargo, los fabricantes de equipos de cómputo integrados tardaron un promedio de entre cinco y 10 años para asimilar las tecnologías de microprocesadores y memorias. Fue hasta mediados de los años setenta y principios de los ochenta que lograron la optimización de los primeros computadores electrónicos. Los microprocesadores usados en esas computadoras sustituyeron las tecnologías mecánicas de válvulas de vacío, de transistores e híbrida, usadas previamente.

Hacia finales de los setenta, al difundirse la aplicación de circuitos integrados de alta escala de integración, aparecieron los primeros computadores electrónicos dedicados, los cuales estaban destinados a realizar una aplicación específica. Los sistemas de telefonía de esa época son un buen ejemplo, ya que prácticamente eran computadoras digitales especializadas. Lo mismo sucedió con los sistemas de instrumentación y control, los sistemas para transmisión de radio y TV de la época, los sistemas aplicados a la medicina, la manufactura y el entretenimiento, entre muchos otros.

A principios de los ochenta, las líneas telefónicas enlazaban computadoras. Las industrias del cómputo y telefonía empezaban a entrelazarse.

La computadora personal

IBM dejó de ser el líder tecnológico en los noventa, dado que los directivos fallaron en sus pronósticos. Ellos consideraron que el futuro de la computación a escala mundial estaba en los grandes sistemas de cómputo *mainframe* de usuarios múltiples y no en las computadoras individuales. Sus pronósticos se sustentaban en la percepción del mercado que dominaban y no en un monitoreo que ayudara a predecir el futuro de las tecnologías fundamentales de los computadores. Esto es sorprendente, pues para 1975, los fabricantes de semiconductores ya habían colocado en el mercado los famosos procesadores de la serie 286.

Tomando como referencia la velocidad de los microprocesadores monolíticos de 1970, para el año 1978, la investigación y desarrollo de las empresas fabricantes de semiconductores monolíticos había logrado velocidades muy superiores. Ejemplo de esto puede verse en la velocidad del microprocesador Pentium I, que Intel puso a la venta en 1994, el cual era 12 veces mayor que la de su primer antecesor. Las computadoras personales (PC) aparecieron a finales de los años setenta, aunque inicialmente su aceptación y difusión entre las empresas y usuarios particulares fue lenta. La primera versión popular de PC, fue la basada en el procesador 286. En ella se podían correr las primeras versiones de procesadores de palabras y hojas de cálculo para aplicaciones de oficina.



Durante los ochenta, se implementaron versiones 386, 386SX, 386DX, 486S, 486DX, 486DX2. A mediados de los noventa se lanzaron al mercado internacional las primeras versiones de procesador Pentium y 586. Prácticamente cada empresa contaba ya con una PC. Hoy día existen diferentes versiones Pentium IV que trabajan a diferentes velocidades y estamos en la víspera de la aparición de equipos más poderosos.

Nicholas Negroponte (1992) pronosticaba que la tendencia para cada hogar en el futuro sería la existencia de al menos una PC y un sin número de computadoras dedicadas a controlar todas las tareas caseras, como la temperatura y el inventario del refrigerador, la optimización de consumo de combustible, entre muchas otras aplicaciones. Actualmente se están desarrollando máquinas con sentido del tacto y existe el sueño entre los investigadores que las mismas lleguen a tener sentido común y entendimiento.

Cabe señalar que la velocidad de la Unidad de Punto Flotante (FPU, Floating Point Unit) se obtiene por cálculos en los que se consideran los millones de instrucciones de punto flotante por segundo (MIPS) que pueden ser intercambiadas en las unidades de procesamiento y de memoria de una PC. Su utilidad puede verse al notar que la velocidad FPU de los procesadores 486DX2 de AMD, CYRIX e INTEL, es diferente, mientras que la de su CPU es igual en todos los casos.

Supercomputadoras aceleradas y computadoras cuánticas

El 26 de junio del 2000 la agencia de noticias Reuters, confirmó el lanzamiento al mercado de la computadora más rápida que existe hoy en el mundo, desarrollada por iniciativa del Departamento de Energía de los Estados Unidos de América. (Department of Energy's Accelerated Strategic Computing Initiative, ASCI). Esta computadora cuenta con una capacidad de 12.3 Teraflops y es utilizada para simular pruebas de armas nucleares. Una de sus características singulares es que usa *clusters* que agrupan 8,192 microprocesadores de cobre.

Esta tecnología es extraordinaria, ya que los microprocesadores comerciales conocidos, usualmente se han fabricado de aleaciones de silicio, galio y otros semiconductores. Así pues, parece que las opiniones de los expertos se han quedado cortas, porque no sólo los semiconductores impulsaron el desarrollo de supercomputadores con velocidades y capacidades insospechadas, sino también las tecnologías de microprocesadores con base en conductores. Esto concuerda con el reporte hecho por Foner y Orlando (1987), desde finales de los ochenta, sobre las investigaciones en superconductores aplicables a computadoras hiperrápidas.

Continuando con esta carrera ascendente, Batelle, en el reporte R&D Funding Forecast de enero del año 2000, indicó que IBM en Yorktown Heights NY, asignó un financiamiento de 100 millones de dólares hasta el año 2004, para la obtención de una supercomputadora paralela basada en un conjunto de procesadores con capacidad de un PetaFLOP, es decir, 100×10^{12} operaciones de punto flotante por segundo, lo que equivale a 100 teraflops.

Por otra parte, con el advenimiento de la electrónica óptica, cada vez parece más probable que en un futuro mediato se convierta en realidad lo reportado por Zeilinger, al inicio del 2000, en el sentido de que la tecnología sea conocida como “teleportación cuántica”, la cual ya ha sido probada con fotones y tendrá su mayor aplicación en los sistemas de cómputo. De hecho, en la actualidad ya existen las computadoras cuánticas experimentales.

Evolución de los sistemas operativos

Paralelamente a la evolución del *hardware* de procesamiento y memoria, que han permitido hoy día tener sistemas con capacidad de millones de operaciones de punto flotante por segundo (Mflops y Teraflops), se han dedicado miles de horas-hombre a la elaboración y optimización de los sistemas operativos y del software de aplicación. Los costos de investigación, desarrollo, equipamiento y operación han sido extremadamente elevados. Aunque las inversiones para el avance de sistemas computacionales son de alto riesgo, éste ha sido uno de los mejores negocios de los últimos tiempos. El punto fundamental que las promueve, es que las aplicaciones se pueden volver universales con una buena estrategia de mercado (García y Fernández, 2003).

La digitalización de las comunicaciones

Desde los orígenes del hombre, una de sus necesidades primordiales y de su sociedad ha sido la comunicación. Para que ésta exista, se requiere la conjunción de una serie de tecnologías, por lo que se trata de tecnologías integradas. La imprenta de tipo móvil, inventada por Gutenberg en el año 1450, fue el principal medio de comunicación por más de 450 años. Con el tiempo, se hizo necesario utilizar alguna tecnología por medio de la cual se pudieran enviar y recibir señales a través del espacio abierto.

El telégrafo, inventado por Samuel Morse en 1844, fue el primer dispositivo que usó electricidad para enviar y recibir señales, pero estaba limitado a los códigos de combinaciones de puntos y guiones. Su principal limitación consistía en la necesidad de instalar pares de alambres entre el emisor y el receptor (Volti, 1992).

La primer aplicación de las comunicaciones que aprovechó el principio de la propagación de las ondas electromagnéticas, cuya teoría fue desarrollada por James Clerk Maxwell en 1860, fue la transmisión del telégrafo inalámbrico de Guillermo Marconi en 1896.

Así también, la primera transmisión de voz por radio fue hecha por Fessenden en 1900, quien patentó su invento en 1905 y lo llamó transmisor heterodino. En 1918, Armstrong aplicó el bulbo triodo al receptor de radio y lo patentó con el nombre de superheterodino. La televisión experimental apareció en 1920. En 1936, la BBC de Londres hizo la primera transmisión de TV de “alta definición” usando un sistema llamado iconoscopio. Las primeras transmisiones de TV a color se hicieron en los Estados Unidos de América en 1954. El primer radio transistorizado estuvo disponible al público en 1955.

En nuestros días, se entiende de forma coloquial que las *comunicaciones* son el proceso de señales para la transmisión de información a distancia. En este sentido, los primeros sistemas de comunicación como el radio, la televisión, el teléfono y el video se basaban en circuitos de procesamiento de electrónica analógica, esto es, trataban a la señal de una manera análoga a su forma física. Posteriormente, la proliferación de los circuitos digitales permitió un manejo diferente para las señales de comunicaciones. La transmisión pudo realizarse a través del muestreo y codificación de la información y datos en forma de bits. Los trenes de bits codificados, según un protocolo preestablecido, se conocen como señales digitales de alta resolución. En poco tiempo, la electrónica de consumo y la industria del entretenimiento, se unieron al fenómeno de convergencia de las computadoras y las comunicaciones.

Los protocolos de comunicaciones: catalizadores de la convergencia

En los años ochenta, con la tecnología de ultra escala de integración (ULSI), aparecieron en el mercado los procesadores inteligentes o microprocesadores. La disponibilidad de este hardware era insuficiente para lograr sistemas integrales de comunicación, dado que la diversidad de fabricantes, sistemas y aplicaciones, dio origen a una diversidad enorme de protocolos propietarios.

De esta forma, los fabricantes de sistemas de manufactura, administrativos, de control, automatización y comunicaciones, disponían de sus propios protocolos en forma cerrada, lo que originó una gran lucha por el control de los mercados. Esto generó más problemas de los que resolvió, pues los usuarios tenían que navegar en una diversidad muy compleja de sistemas, que muchas veces no eran compatibles.

El concepto que resolvió el conflicto fue la normalización y estandarización de protocolos. Esto funcionó como catalizador, incentivando la innovación y finalmente dando origen a las redes de comunicación integradas. El primer resultado de los protocolos de alto impacto, fue la red internacional Internet (International Network), que es la denominación de una red de computadoras en el ámbito mundial, las cuales tienen en común el protocolo TCP/IP.

En 1964, surgió como una necesidad del gobierno de los Estados Unidos a manera de estrategia militar durante la *guerra fría*, encontrar los medios tecnológicos que permitieran establecer comunicación entre puntos geográficos distantes en época de guerra.

Para diciembre de 1969, existían cuatro nodos en la red ARPANET, desarrollada por la agencia del Pentágono ARPA (Advanced Research Project Agency). En 1972 contaban con 37 nodos, con líneas de transmisión de alta velocidad. La ventaja de la red ARPANET era que no importaba el tamaño ni el tipo de máquinas que estuvieran interconectadas, mientras cumplieran con el protocolo NCP (Network Control Protocol), que fue establecido originalmente. En esa época, diferentes fabricantes establecieron sus propios protocolos para sus redes de comunicación.

Así nacieron los estándares Ethernet, FDDI y X.25 entre muchos otros. Durante 1974, se cambió el NCP por un nuevo protocolo estándar más sofisticado, llamado TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), cuyos inventores fueron Vint Cerf y Bob Kahn. La ventaja del mismo, era que convertiría los mensajes en cadenas de paquetes en el nodo de origen y los volvería a ensamblar en el nodo destino. El TCP/IP además podría rutear paquetes de mensajes en redes que trabajaban con protocolos diferentes.

Fue en 1989, cuando México ingresó a Internet a través de NSFNET y la red BITNET que permitían acceso a recursos de información existente en México y en el mundo. En 1992 se fundó ISOC (Internet Society) para coordinar el uso de las tecnologías existentes en beneficio de todos los usuarios. Es así como se desarrolló el World Wide Web (WWW), que permitió un acercamiento más fácil a través del hipertexto a todos los recursos de Internet, dando también una muestra de la transmisión de audio y video en tiempo real mediante la red.

El crecimiento de la red se volvió exponencial con el uso de los exploradores, que son programas especialmente diseñados para navegar en forma óptima. El primero de ellos que aprovechó la gran capacidad del WWW, fue denominado Mosaic, desarrollado por la Universidad de Illinois Urban-Champagne.

En 1995, los sistemas de servicios vía modem ofrecidos por compañías como CompuServe, Prodigy y Genie comenzaron a ofrecer servicios por Internet. A finales de los noventa, el navegador de Netscape obtuvo el mayor índice de ganancias jamás obtenido en Wall Street. Hoy día, el Internet Explorer de Microsoft controla casi en su totalidad el mercado, cuyo dominio monopólico mundial se ha convertido en una amenaza para los sistemas de oficina.

Tal vez una de las aplicaciones hasta ahora más sobresalientes del Internet es el correo electrónico (e-mail), el cual permite a la gente y a las organizaciones enviar y recibir mensajes, usando su computadora personal, un módem y una línea telefónica.

El correo electrónico está basado en el concepto de dirección e-mail, la cual provee toda la información específica para comunicarse en cualquier parte del mundo.

La era de la información multimedia

Un resultado espectacular del proceso continuo de digitalización, que trabaja en conjunto con la disponibilidad de Internet, es la explosión multimedia en nuestros días. La tecnología digital traduce información de virtualmente cualquier medio a código binario, permitiendo que sea transmitida a través de protocolos y códigos comunes y procesada por computadoras.

Los servicios por Internet, junto con la electrónica de consumo, se han transformado en dos áreas de inmenso potencial para las empresas de la industria mundial electrónica. Las empresas norteamericanas se mantienen al frente, desarrollando y suministrando nuevas herramientas para impulsar la productividad en el trabajo,

simplificar los procesos de negocios, modificar los patrones de educación y establecer nuevos sistemas de salud.

La convergencia se ha extendido a otros campos, el del entretenimiento, debido al enlace comercial de las empresas proveedoras de servicios telefónicos y las compañías de televisión por cable. Algunos de los factores técnicos que han contribuido en este proceso, han sido los siguientes:

- Las redes digitales se han convertido en manejadoras de software en forma acendente, lo cual ha impulsado a las empresas a adquirir y desarrollar más capacidad de software bajo contrato.
- El costo de las memorias ha disminuido constantemente. Los requerimientos de ellas para el manejo masivo de videos y películas son elevados, por lo que sólo disponiendo de costos accesibles se posibilitará el producto *películas sobre demanda*.
- El costo de las transmisiones disminuye paulatinamente. El equipo de multiplexaje ha mejorado continuamente desde que apareció la fibra óptica, hace aproximadamente unos veinte años, logrando cada vez mayores anchos de banda. La capacidad de transmisión en la actualidad se ve como un *commodity* o producto de alto consumo.
- Las capacidades de las redes inalámbricas se han expandido tremendamente.

Un ejemplo espectacular de estas tecnologías multimedia convergentes, apareció en el mercado a principios del año 2000 y es el teléfono celular con capacidad de acceso a Internet. Este es un Sistema de Comunicación Personal (PCS) que hace uso de la supercarretera de la información, aprovechando las capacidades de alta velocidad, potencia, ancho de banda y confiabilidad de las redes de comunicación satelital. Microsoft está trabajando en software para interfase de teléfonos con diversos dispositivos de oficina, que tengan capacidad de acceso a servicios avanzados de redes. AT&T ha introducido nuevos sistemas de mensajería integrada, por lo que en el futuro, los mensajes de oficina tendrán más contenido multimedia: se enviará y recibirá voz, texto y video. De hecho, esto ya se hace frecuentemente, utilizando las capacidades de Internet a través del software para redes internas corporativas Intranet. Otra área de exitoso crecimiento, ha sido la aplicación de los microprocesadores en los Asistentes Digitales Personales (PDA), tales como agendas, comunicadores personales y la computadora tipo pluma.

Conclusiones

A partir de lo expuesto en los diferentes apartados, en los que se ha revisado brevemente cuál ha sido la evolución tecnológica de las TI, y tomando como ejes impulsores de la innovación tecnológica los dispositivos semiconductores, procesadores y memorias (S); las computadoras, sus sistemas operativos y los protocolos de comunicaciones (P), es posible construir la Figura 3, la cual muestra la clara posibilidad de que en un par de décadas, la tendencia de la dinámica de las variables nos lleve a la convergencia total de la tecnologías de la información.

Bibliografía...

Esposito, E. y Mastroiani, M. 1998. Technological Evolution of Personal Computers and Market Implications. *Technological Forecasting and Social Change* 59: p.p. 235-254.

Fiap. 1998. La alternativa social: la sociedad global del conocimiento. *Revista digital DesenReda*, num. 2, Año 2.

Foner S. y Orlando T.P. 1987. Super Conductors, the Long Road Ahead. *Technology Review*, february-march: pp. 36-47.

García L., Peralta L. y Fernández S. 2003. "Sistemas Operativos. Un paseo por la historia", <http://www.comsto.org/so/linux.htm>.

Iansiti M. y West J. 1997. Technology Integration: Turning Great Research into Great Products. *Harvard Business Review*, may-june.

Modelski G. 2001. What causes K-waves? *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 68: pp. 75-80. Elsevier Science Inc.

Negroponte N. 1992. Machine Dreams. *Technology Review*, january: pp. 33-39.

Rivers T.J. 2002. Progress and Technology: their Interdependency. *Technology in Society*, vol. 24: pp. 503-522.

Saito F. 1997. Managing Technology Development at NEC Corporation. *International Journal of Technology Management*, vol. 14, No 2/3/4: pp. 196-207.

Smith H. y Antoniadis D. 1990. Seeking a Radically New Electronics. *Technology Review*, april: pp. 26-49.

Volti R. 1992. *Society and Technological Change*. 2nd. ed. St. Martin Press, NY.

Vega G.L.R., Avilés F. y Montalvo T.M. 2003. Evolución y evaluación tecnológica de los protocolos de comunicaciones en *Revista Ingeniería, Investigación y Tecnología*, vol. 4, núm. 2, abril-junio: pp. 71-81.

Zeilinger A. 2000. *Quantum Teleportation en Scientific American*, vol. 282, núm. 4, april: pp. 32-42.

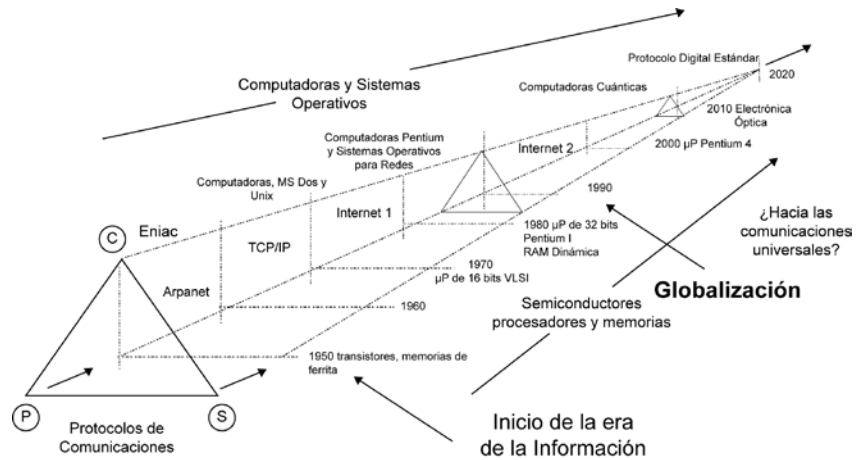


Figura 3. La convergencia total de las tecnologías de la información.

Analizando la figura, es evidente que con la integración de las tecnologías de la información disponibles para la década de los noventa del siglo pasado, en el sentido descrito por Iansiti (1997), se sentaron las bases para la globalización. A partir de entonces, la humanidad ha dispuesto de tecnología de comunicación de voz, datos e imágenes con alta calidad de servicio entre puntos distantes geográficamente de la tierra.

La convergencia C&C pronosticada en los años setenta, no sólo fue cumplida a plenitud, sino rebasada en cuanto a sus alcances. Para el futuro, se considera que los sistemas de protocolos estandarizados prevalecerán, generando sistemas abiertos de comunicación absoluta. Esto podría favorecer el paso a los sistemas de teletransportación cuántica. Hoy día, los sistemas computacionales tienen enormes capacidades de procesamiento y memoria y se están desarrollando por medio de la electrónica óptica. Los nuevos protocolos de comunicación IP/WDM están buscando la transmisión de información sobre medios ópticos con miras a usar el ancho de banda infinito de la luz.

Todo avance tecnológico tiene impactos. Las tecnologías de la información integradas en sistemas de comunicaciones abiertos absolutos seguramente impactarán a la sociedad y al género humano. Consecuentemente, se impulsarán todos los campos de las ciencias, como es el caso de la bioingeniería, en el que las supercomputadoras ayudarán a la finalización de extensiones del proyecto Genoma Humano y a la explotación de la información que de ahí se derive. Se desarrollarán nuevos dispositivos militares de defensa y ataque. También se promoverá el desarrollo de nuevos vehículos y estaciones espaciales. En el ámbito casero, la mayor parte de los dispositivos ostentarán inteligencia y, tal como lo predijo Negroponte una década atrás, todo apunta a que la computadora será un dispositivo omnipresente.