

Gregorio Martín Quetglas
es catedrático de Ciencias de
la Computación y director
del Institut Universitari
de Robòtica de la Universitat
de Valencia.

Las tecnologías de la sociedad de la información: notas para acotar una discusión

Gregorio Martín Quetglas

Estas páginas están estructuradas en dos partes y una pequeña conclusión. La primera se centra en revisar las tecnologías sobre las que se basa el fenómeno que da título a este monográfico, en la segunda se incluyen una serie de reflexiones sobre lo anteriormente descrito, centradas en el análisis de la situación actual, desde una doble visión: la europea y la del profesional de las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC).

Para empezar, habría que disculparse por la amplitud del tema elegido. Tratar de resumir en unas pocas páginas todo el panorama tecnológico actual, supone correr el riesgo de caer en una frivolidad, ya que estamos hablando de algo que, por un lado, ocupa buena parte de los planes de estudio de los ingenieros informáticos y de telecomunicación, y por otro, nos sitúa en un campo en constante desarrollo y evolución, sobre el cual todo pronóstico o valoración está lleno de riesgos. La razón que nos ha animado a llevar a cabo este ejercicio, con su riesgo asociado, es el intento de dejar en el lector lo que a nuestro entender es la gran incógnita actual: saber si ha finalizado el tiempo en el que el proceso de las innovaciones tecnológicas de las TIC van a seguir con el ritmo de crecimiento de los últimos años, o por el contrario, hemos entrado en una fase de estabilización, en la que se puede plantear una aproximación a la sociedad de la información, sin que la incógnita de cuál será la tecnología del próximo año, deje paralizado cualquier análisis prospectivo.

A nuestro entender, la moderación en la innovación tecnológica está en el fondo, como condición necesaria, de cualquier debate riguroso que trate de alumbrar o impulsar una serie de iniciativas conducentes a la consolidación y universalización de la sociedad de la información.

En la segunda parte tratamos de aportar una visión europea del fenómeno, adelantemos que necesariamente pesimista desde un punto de vista histórico. Esta es una parte de la discusión que uno encuentra a faltar, en los textos de sociólogos, economistas y filósofos que se acercan al tema. Por provenir el autor del campo llamado de las ciencias duras, adentrarse en cuestiones no estrictamente tecnológicas, en esta segunda parte, tampoco está exenta del riesgo de la frivolidad. Sin embargo se ha pensado que merecía la pena correr el riesgo y aprovechar la ocasión de plantear la situación actual en un marco interdisciplinario como es el presente monográfico.



LOS FUNDAMENTOS DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES

Michael Dertouzos (recientemente enterrado en Atenas) fue un griego afincado en Estados Unidos, que a pesar de tener un currículum extraordinario en TIC (desde 1974 dirigió el Laboratory for Computer Sciences del MIT, impulsó una gran cantidad de inno-

vaciones que ahora nos son comunes, patrocinó y fue consejero de importantes empresas de alta tecnología, además de consultor habitual de la Administración norteamericana y mentor de Tim Barness-Lee, a quien llevó a Boston para que el MIT fuera el hogar del web) no tenía reparos en hablar, en sus libros, de prospectiva tecnológica. Algo que en general no se atreven a hacer los tecnólogos. Aunque no todas sus predicciones se han cumplido, es bueno seguir su metodología. En sus textos hablaba de los cinco pilares de la era de la información. Los describía así:

1. Podemos expresar cualquier información utilizando exclusivamente números.
2. Estos números se pueden representar por unos y ceros.
3. Los ordenadores, mediante operaciones aritméticas y lógicas, pueden a partir de estos números manejar la información. La tecnología de almacenamiento de los periféricos permite que ésta esté siempre disponible, esté o no procesada.
4. Los sistemas de comunicación mueven la información transfiriendo estos números.
5. Ordenadores y sistemas de comunicación se combinan para formar redes informáticas. Estas redes son la infraestructura que soporta el mercado de la sociedad de la información.

Vamos a seguir este sumario para nuestra aproximación a la sociedad de la información, tratando de mostrar cómo cada una de estas ideas ha actuado sinérgicamente con el resto, de manera que todas en su conjunto han acabado creando la presente infraestructura técnica e industrial. Añadiremos un sexto apartado referido a cuestiones éticas, legislativas y económicas que constituyen, a nuestro entender, el complemento imprescindible para consolidar el nuevo marco cultural.

Conjuntos finitos de números por todas partes

Nuestros sentidos no tienen una percepción numérica de la realidad. La voz, la imagen, el tacto nos producen sensaciones que asociamos con la continuidad, no con los saltos de una sucesión de números enteros. No olvidemos que al trazo de una recta se le asocia un infinito, llamado continuo, cuya potencia como infinito supera el de los números enteros. Sin embargo todo, o casi todo, es reducible a un conjunto finito de números. Moviéndonos en el ámbito de nuestros sentidos aparentemente no hay saltos; sin embargo, es sólo un problema de percepción, ya que ahora sabemos que, suficientemente discretizadas, todas estas percepciones son codificables de forma numérica y finita (sólo que el cardinal de este finito puede ser muy considerable, aunque finito a fin de cuentas). Ahora ya no nos repudia la idea que la Gioconda sea reproducida con total fidelidad, sin que Leonardo se remueva en su tumba, con un número de píxeles tal que nuestra vista no reconozca las discontinuidades inmanentes en esta representación.

El paso de la matemática del continuo a la matemática discreta era una cuestión tecnológica. Se trataba de encontrar sistemas electrónicos que convirtieran una señal física en un conjunto de números. Son los sensores o más precisamente: conversores analógico-digitales. De forma inversa, existe el conversor digital-analógico que resintetiza la señal sobre un medio analógico, para acoplarla a nuestros sentidos, como hace constantemente nuestro teléfono móvil. En cuanto fuimos capaces de hacer plausible el principio de Shannon según el cual, toda señal (voz, vídeo, etc.) muestreada al doble de su contenido de frecuencia puede ser perfectamente reconstruida y en consecuencia procesada, los números se convirtieron en la base de nuestro entendimiento de la naturaleza y por tanto de la ingeniería. En cuanto fue posible la conversión analógica-digital, la universalidad y potencialidad de la codificación numérica explotó.

Los números representan, además, los «verbos de información» que conocemos como programas o software. Ellos, también convertidos en cantidades finitas de números, transforman y procesan los datos ya expresados en forma numérica. En este caso, la transformación de un lenguaje en números no era básicamente una cuestión electrónica, sino de entender algunas características del lenguaje y tratar de simplificar y automatizar las posibles sintaxis y semánticas.

Una vez programas y datos se habían reducido a números hemos encontrado un sólido pilar, tan interesante y prometedor, que los programas pueden actuar sobre los propios programas, el propio programa se convierte en dato y puede ser objeto de procesamiento por otro programa (qué hace si no un programa compilador al actuar sobre un programa para pasarlo de un lenguaje de alto nivel, elaborado por un programador humano, para convertirlo en instrucciones ejecutables por un procesador) y, en su caso, modificarse en función de los resultados que hemos obtenido, en una especie de autoaprendizaje natural. Todo fascinante si exceptuamos el desafortunado nombre de inteligencia artificial que hay que atribuir a alguien excesivamente preocupado por el marketing de esta nueva posibilidad de la informática.

El propio concepto de robótica descansa sobre este mundo, ya que gracias a la reducción de los problemas al tratamiento de números, podemos legítimamente pensar en crear máquinas que vean, se sitúen, tomen decisiones (en ningún caso «piensen» aunque emulen el proceso, pero no entremos en temas epistemológicos) y den ordenes para que los brazos y resortes mecánicos actúen de forma coherente, en entornos más o menos limitados y controlados.

Entre las ventajas que los números presentaban, estaban los muchos siglos de andar a vueltas con ellos que la humanidad tenía. Resultados hasta entonces reducidos a cosas de matemáticos, aparecieron como poderosos instrumentos: cuerpos finitos, grafos, números primos, lógica formal, etc. Sin embargo sería injusto no terminar diciendo que son los ingeniosos ingenieros electrónicos los auténticos constructores de este primer pilar, con su habilidad para que lo analógico se convirtiera en numérico y las máquinas obedecieran instrucciones dadas numéricamente, para regresar con sus resultados, al mundo de lo físico y de lo perceptible. Se estaba frente a una ingeniería, no frente a una ciencia, *sensu estricto*, aunque se beneficiara de las aportaciones de otras disciplinas científicas con siglos de historia.

Los números
representan los
«verbos de
información»

*De contar con los dedos
al monstruo de dos dedos*

Nuestro sistema para representar números es el decimal y está basado en el número de nuestros dedos, primer útil de proceso de cálculo utilizado por la humanidad. Sin embargo la respuesta no estaba en seguir esta senda tan fructífera para el cerebro humano, sino sólo en emular el proceso, esto es, conseguir crear máquinas que sólo necesitan los dígitos 1 y 0 para manejar esos números. Una simplificación que no sale gratis en términos de espacio ya que la simplicidad simbólica del número «8» pasa a ser «1000», si bien con ello se consigue que un elemento abstracto y formal como es el número pueda ser tratado electrónicamente.

Un transistor es un dispositivo diminuto que actúa como interruptor, esto es, la plasmación mediante estados de la representación binaria. El desarrollo de la microelectrónica ha permitido crear chips, pequeñas piezas de silicio, del orden del centímetro cuadrado, sobre las cuales se han integrado millones de transistores interconectados. Sólo quien ha dominado esta ingeniería de fabricación podía crear nuevas máquinas. La densidad de estos transmisores, que tiene que ver con la velocidad con la que los bits viajan a través de ellos, ha dependido de la tecnología que en cada momento se dispusiera y ello explica el monopolio tecnológico actual

de unas pocas empresas con capacidad para obtener nuevos desarrollos y soluciones que permiten mantener, hasta el momento, la empírica ley de Moore según la cual el ritmo de cambio de la tecnología, permite que la cantidad de almacenamiento de datos de estos microchips se duplique cada 12 o 18 meses.

Los chips se han especializado hasta alcanzar niveles sólo superados por la biodiversidad. Una de las tareas de la ingeniería es hacer que trabajen de forma sinérgica, desde el centenar que almacena un sistema de PC actual, hasta los miles de un gran ordenador, pasando por los procesadores integrados en toda máquina que sale al mercado, sea un coche, un avión, un electrodoméstico o una tarjeta de crédito. Lo digital ha cambiado tanto la forma de controlar las máquinas, como la de transmitir y almacenar información, como tendremos ocasión de insistir más adelante.

El monstruo de los dos estados, ha permitido que se desarrollaran elementos que cubrieran toda la gama entre dos magnitudes, en principio difíciles de conjugar e integrar: la velocidad de procesamiento y la capacidad de almacenamiento. Así existe toda una graduación de memorias que va desde las especializadas en cálculo, medidas en MIPS (millones de instrucciones por segundo) hasta las destinadas al almacenamiento de información medidas en megabytes (millones, o más exactamente 2 elevado a veinte bytes, o conjunto de 8 bits, necesarios para almacenar una letra de un documento o un punto de un gráfico). Las memorias de cálculo son rápidas procesando, pero tienen menos capacidad de almacenamiento, un sistema de DVD sería el ejemplo contrario. No importa, a cada memoria lo suyo y así se ha ido produciendo una integración sucesiva, de forma que todas acaban apoyándose para conseguir los resultados espectaculares que ahora conocemos.

Para completar el panorama, es evidente que los lenguajes de programación tenían que aprovechar ambas propiedades, velocidad y almacenamiento, y así tanto la velocidad de proceso como la capacidad de almacenamiento, han acabado por crear entornos donde el extravagante lenguaje binario se acerca cada vez más a la codificación, llamada lenguaje, que es propia de los humanos. Ello ha permitido crear entornos cada vez más ergonómicos y comprensibles por la persona. Lo binario acaba escondiéndose en estas aplicaciones, sin que ello resulte especialmente violento para nadie.

Los niveles de fiabilidad, rapidez y eficiencia económica con la que procesamos los flujos de bits han cambiado incluso la propia forma de entender tanto la información como las comunicaciones y por paradójico que parezca, ha acabado afectando a la propia informática. En efecto, quizás valga la pena señalar que, aunque los ordenadores nacieron como unos auxiliares para el cálculo numérico y en él hay que buscar sus orígenes, en el último *Computer Curricula 2001* del IEEE/ACM (la unión de las dos grandes organizaciones profesionales americanas, esto es, mundiales) esta rama de la matemática deja de ser una disciplina central, en términos académicos deja de ser una materia troncal para la ingeniería informática, para pasar a ser una especialidad, como pueden ser las bases para las tecnologías de la edición electrónica, por poner un ejemplo alejado del mundo del cálculo numérico convencional. Son tantas las aplicaciones de lo digital que el cálculo numérico sólo es una de ellas.

La reducción de la información al soporte de bits, prevista teóricamente por Shannon a mediados de siglo, ha resultado ubérrima en resultados: el multimedia, técnicas de códigos de autocorrección, compresión, periféricos adaptados a cada aplicación con velocidades de procesamiento impensables, integración de todo tipo de información, etc. El digitalismo es un nuevo paradigma, al cual hay que acostumbrarse con la mayor urgencia, aunque sea a costa de tener que repensar lo que toda persona culta debe dominar.

El ordenador como integrador del proceso y almacenamiento de información

Von Neumann y sus colaboradores propusieron una arquitectura que ha resultado ser extraordinariamente flexible. El ordenador es una máquina constituida por una ALU o unidad aritmético-lógica (la última responsable de las operaciones elementales encargadas de la manipulación de las secuencias de bits), una memoria de trabajo (que proporciona los datos y recoge los resultados del trabajo de cada operación de la ALU y los encadena con la siguiente), la unidad de control (que recoge el conjunto de instrucciones que deben ejecutarse) y unos periféricos encargados unos de las operaciones de entrada/salida y otros de almacenar una información que no es imprescindible en cada momento, pero que está siempre accesible.

El ordenador es una máquina que entremezcla el hardware y el software de forma casi indistinguible. Si la microelectrónica digital se modifica, sus recursos deben ser transparentes y accesibles para quien programa el trabajo de la máquina, al tiempo que son las necesidades del software las que marcan la evolución del hardware. Hay especialistas en ambas ramas, pero la máquina es sólo una. Ello ha dado lugar a las dos áreas de conocimiento; la primera, el hardware, es una nueva rama de la electrónica, que va desde la pequeña dimensión de la microelectrónica, eminentemente digital, hasta la arquitectura de ordenadores, varios órdenes de magnitud mayor, pasando por el diseño y fabricación de microprocesadores que deben reunir dos condiciones: la capacidad para poder trabajar conjuntamente dentro de un ordenador mayor al tiempo que son autónomos respecto a una aplicación concreta, todo ello compatible con el extraordinario catálogo de periféricos que se ha alumbrado en las últimas décadas. Al otro lado, el software, ha generado dos potentes ramas del saber humano, los lenguajes de programación, que en particular incluyen las técnicas que faciliten el interfaz persona-máquina y la ingeniería correspondiente que permita la construcción de sistemas robustos, que puedan evolucionar tanto frente a la aparición de nuevas necesidades como ante la inevitable aparición de nuevas posibilidades tecnológicas.

Como se entenderá, entre estas instrucciones, hay unas que son específicas del funcionamiento básico de la máquina, llamado de bajo nivel y otras relacionadas con cada aplicación concreta llamadas de alto nivel. Las primeras estarían dentro de lo que llamamos sistema operativo y las segundas son el llamado software de aplicación. Sin embargo, como todo intento de clasificar lo que no está plenamente establecido, esto dista mucho de estar consensuado, y así de duras se las ve el sistema judicial americano cuando tiene que decidir si un navegador debe, o no, formar parte de un determinado sistema operativo (todo un sofisma jurídico para hablar de monopolio). La cuestión clave reside en que todo lo que haga el ordenador por su cuenta supone un recurso importante tanto para el programador como para el usuario, al tiempo que cuanto más fácil sea acceder a estos recursos más amigable será la relación con la máquina. Por ello con una tecnología de hardware que no deja de avanzar y que sigue ofreciendo una creciente velocidad de procesamiento y de almacenamiento es inevitable que tengamos que seguir acostumbrándonos a sistemas operativos cada vez más poderosos. De hecho, su límite llegará por la vía del sentido común, algo así como no matar moscas a cañonazos por muy baratos que sean los obuses.

Como hemos adelantado, todo ordenador tiene uno o más procesadores: chips que llevan a cabo las instrucciones de los programas, cualquiera que sea su naturaleza. Quedémonos con la idea del ordenador como una máquina que se basa en su capacidad para efectuar una serie de operaciones elementales, sin importar el ritmo de repetición que ello suponga y como además estas operaciones no implican ningún tipo de pérdida de calidad de la máquina, pues no están sometidas ni al efecto de rozamiento o desgaste ni a la aparición de fallos que pueden producir resultados con

pequeños defectos (el funcionamiento también es binario, en este caso maniqueo, o es correcto o la máquina se para), ello da lugar a un sistema de producción nuevo.

La capacidad del ordenador, no quedaría explicada, si no se recalca debidamente el factor básico, que la tecnología actual permite adaptar o compatibilizar lo existente con lo anterior y por tanto no se producen rupturas importantes por el hecho casi cotidiano de la introducción de una nueva tecnología. Sólo así puede entenderse que los millones de instrucciones que constituyen el procesador de textos que estoy utilizando para redactar y corregir este documento pueda ser lo versátil, barato y eficiente que es.

El ordenador también se ha adaptado a las distintas aplicaciones: uso personal, procesos paralelos (varias tareas a la vez), servidor de información, encaminador de mensajes (router), etc., pero siempre obedeciendo a una misma arquitectura.

La propia descripción que hemos dado habla del haz y el envés de esta máquina, el hardware, lo permanente, lo físico, y el software, las instrucciones que conducen al resultado apetecido. No es de extrañar que haya hecho fortuna el término anglosajón de *Computer Science*, que no hay que traducir por el más académico de ciencias de la computación, sino por la ciencia del computador. ¡Una máquina que crea una nueva rama en el árbol luliano!

Las telecomunicaciones se digitalizan Cuando se descubrió que los cables o las ondas hertzianas podían transportar información, la humanidad empezó a cambiar. Sin embargo esta evolución tuvo un segundo salto, que devino en esta-

llido cuando se vio las facilidades que suponía poder enviar bits a través de esta infraestructura de comunicaciones. La comunicación digital no sólo constituía un nuevo concepto como en el caso del ordenador, sino que aportaba un detalle especialmente importante: aunque no fuera la más adecuada, era posible utilizar toda la infraestructura de telecomunicaciones para transportar información digital. Sin duda alguna el par telefónico no es el medio ideal para ello, pero no podemos ignorar que en estos momentos si empalmáramos todo el hilo de cobre de las redes telefónicas tradicionales, podríamos unir la Tierra y la Luna varias veces.

No teníamos que tirar a la basura los esfuerzos hechos por generaciones anteriores, que tanto habían invertido para tener acceso a la comunicación por voz con técnicas analógicas. Mientras se procede a la instalación de elementos más adecuados para la transmisión de bits, con cables o sin ellos, es evidente que había que utilizar, y así se ha hecho, la infraestructura de la que ya se disponía.

La ingeniería de telecomunicaciones ha sabido hacer una transición casi ejemplar de lo analógico a lo digital. Esta operación de convivencia y transición ha dado un gran resultado y es casi tan antigua como la aparición del propio ordenador. La idea del veterano MODEM (modulador-demodulador para utilizar una línea telefónica de manera que dos ordenadores pudieran comunicarse entre sí) ha cumplido con creces los cuarenta años.

Desde el momento que un ordenador se podía comunicar con otro, uno pasaba a ser una especie de periférico del otro y el resultado era un nuevo concepto. La sinergia entre el antiguo ordenador y las telecomunicaciones. El resultado de esta unión es la telemática, una ingeniería que «telecos» e informáticos se disputan entre sí, sin darse cuenta de que ya tiene entidad propia. Muchas de las limitaciones intrínsecas de la comunicación analógica (degeneración de la señal, limitación de la velocidad y de la capacidad de las fuentes, dificultad de establecimiento de comunicación, etc.) se superan cuando se piensa que la comunicación puede ser fluidificada, entendiéndola primariamente como una comunicación entre ordenadores. Para que ello llegara a buen puer-

to era necesario que no aparecieran barreras artificiales, esto es, que la forma de recibir una información no lastrara o impusiera condiciones inaceptable para el emisor y viceversa. Afortunadamente la antigua CCITT (Comité Consultivo Internacional para el Telégrafo y el Teléfono) que puso durante lustros de acuerdo a las telefónicas europeas, supo convertirse en la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y aceptar la estandarización como un mandamiento indiscutible. Las compañías telefónicas, dueñas de sus respectivos monopolios nacionales, tenían en materia de formatos mucha más flexibilidad e inteligencia que las empresas informáticas. Al final acabó imponiéndose el sentido común y con él, la posibilidad de sacar todo el partido a la comunicación digital, cuyo paradigma posiblemente sea la actual telefonía móvil. Las grandes beneficiarias de la digitalización son sin duda las antiguas telefónicas de este mundo, las cuales han confiado demasiado en esta evolución tecnológica, destinando grandes expectativas a la llamada tercera generación, que no acaba de llegar. Aquí se han equivocado los consejos de administración de empresas privatizadas, no de compañías nacidas con la idea de dar un servicio público.

Ordenadores y teléfonos trabajaron de forma sinérgica, sobre la misma materia prima: el bit. Ya no sólo estábamos en condiciones de estructurar, almacenar y recuperar información en el entorno más o menos complejo de un ordenador con sus periféricos, sino que gracias a la telemática la podíamos transmitir a velocidades que no dejarían de asombrarnos, sobre una costosísima infraestructura que nos legaron nuestros padres y abuelos.

Notemos que en los tres primeros pilares hemos llegado a definir el nodo (el microprocesador o el ordenador); con este cuarto elemento, la comunicación digital, hemos visualizado la línea, esto es la conexión entre ellos con independencia de la distancia que los separara. Lo que restaba es obvio, organizar la malla, cosa que corresponde al quinto pilar de Dertouzos.

Las grandes beneficiarias de la digitalización son las antiguas telefónicas.

Las capas, los protocolos y las interfaces trajeron la red

La propia historia de la telefonía, hablaba de la necesidad de organizar la red, estuviera ésta en una planta, en un edificio, en una ciudad o en todo el universo. En cada uno

de estos ámbitos los problemas van cambiando y cuando ello ocurre, hay que dar soluciones distintas y más imaginativas. Por ello entre 1977 y 1983 se definió un modelo conceptual al cual deberían ajustarse todos los fabricantes y programadores de informática distribuida. Este modelo se basa en el principio de que todo integrante de la red tiene un sistema estructurado en capas, de forma que cada capa «n» ofrece sus servicios a la capa «n + 1» y ésta sólo utiliza los servicios de la capa «n». La comunicación entre capas se hace mediante un interfaz sin formar parte de la arquitectura, cosa que queda al arbitrio de cada aplicación. A su vez cada capa se comunica con su equivalente en el sistema con el que pretende comunicarse mediante un protocolo característico y bien determinado, que sí forma parte de la arquitectura de la red. Se llegó a la conclusión que esta arquitectura, que debería estandarizarse para que la red fuera posible, debería tener siete capas:

– Física, que define las especificaciones eléctricas, mecánicas y de funcionamiento. Esta es la capa de los niveles de voltaje, de los conectores físicos, de las distancias y velocidades de transmisión de cada tramo, etc.

– De enlace, encargada de controlar la capa física, de detectar y corregir errores, de responsabilizarse del acceso a la red, de la entrega ordenada de tramas, etc.

– De red. A partir de los datos que le proporciona la capa de enlace, se encarga de suministrar la ruta a seguir. Esto da lugar a un ordenador especializado en estas funciones, al cual ya nos

hemos referido, el *router* o encaminador. En principio nada exige que esta ruta vaya a ser la misma para la totalidad del mensaje que pretende comunicarse. Se trata de llevar el mensaje a su destino, utilizando el mejor recurso accesible en cada momento.

- De transporte. Esta capa se encarga tanto de lanzar los paquetes de datos a la red, de acuerdo con las direcciones que le proporciona la capa de red, como de verificar que estos datos se transmitan de forma correcta y en su caso rechazar e intentar el reenvío.

- De sesión. Su objetivo consiste tanto en establecer y cerrar cada conexión impulsada por la capa de transporte como de sincronizar todo el diálogo que supone esta operación. La palabra sesión parece como especialmente adecuada para definir sus funciones.

- De presentación. Se encarga de convertir los datos al formato requerido para cada aplicación. En otras palabras, garantiza que los datos puedan ser legibles por el receptor, de forma que trata de superar los problemas asociados a las posibles particularidades de cada una de las máquinas inmersas en el proceso de intercambio.

- De aplicación. En ella residen las aplicaciones, con las particularidades propias de cada comunicante. Su salida es un interfaz al usuario final, que recibirá un correo, una página web o una videoconferencia, sin tener que preocuparse mucho por las particularidades de cada aplicación.

Aunque el modelo explicado es ya un poco rancio, pues en muchos sistemas actuales las capas e interfaces tienden a desdibujarse y los protocolos se han tenido que adaptar a lo que hoy conocemos como Internet, éste tiene el indiscutible valor de los clásicos. Las necesidades específicas de la explosión de Internet, difuminaron los conceptos, pero son perfectamente válidos para explicar el tipo de tecnología que se ha ido desarrollando y vamos a utilizar cada vez con mayor intensidad, en lo que se ha venido en llamar la sociedad red, cuyo sustrato tecnológico hemos tratado de mostrar, aunque aquí no termina la revisión y puesta al día.

La necesidad de nuevas éticas, leyes y conceptos económicos

Aunque pueda parecer curioso, vamos a acabar este repaso de la tecnología con una referencia a los aspectos no tecnológicos. Desde el momento que aparece un nuevo paradigma, el problema pasa de ser estrictamente tecnológico para ocupar otras áreas del conocimiento. En toda evolución técnica, llega el momento en el que los ingenieros y científicos tienden a retirarse, para entrar en la discusión sociólogos, economistas y filósofos. Este proceso que se puede detectar en otras situaciones históricas, también se está dando y puede observarse que, por ejemplo, los divulgadores de la red en nuestro país no son tecnólogos sino otro tipo de profesionales (periodistas, economistas, abogados, etc.). Posiblemente ello esté en la naturaleza de las cosas y viene a poner de manifiesto que el fenómeno que estamos estudiando tiene tal trascendencia que supera con mucho el marco tradicional de las ingenierías correspondientes.

Sin embargo, debemos coincidir que ni juristas, ni sociólogos, ni filósofos, ni economistas parecen haber sido tan brillantes en sus conclusiones como lo ha sido la ingeniería. Este sexto pilar (ética + leyes + economía) dista mucho de haber hecho aportaciones sustantivas y quizás las más sustanciosas por ahora vienen de parte de los propios tecnólogos o de grupos que han decidido no segmentar el nuevo conocimiento en las áreas de conocimiento tradicionales.

A medida que estas tecnologías se introducen en la vida diaria, las valoraciones de lo que está bien y está mal parece que empiezan a patinar (derecho de copia, libertades individuales, censura, etc.). La jurisprudencia tradicional no parece estar a la altura para enfrentarse a los nuevos problemas que plantea la sociedad de la información (derecho a la confidencialidad, responsabi-

lidad del operador, propiedad de una señal emitida por un satélite, concepto de monopolismo, etc.), ni siquiera al impacto que va a tener la sociedad de la información en la vida económica (en el proceso productivo del correo electrónico, papel de las nuevas tecnologías en la productividad, impacto de la división producida por el digitalismo, etc.). No se trata de retomar el viejo dualismo entre letras y ciencias, sino que toda situación tecnológica nueva, necesita de un nuevo planteamiento de las normas aceptadas, las leyes en vigor y la comprensión de los procesos económicos que ello conlleva.

Estamos asistiendo a un auténtico bombardeo de especulaciones más o menos brillantes sobre estos temas, que en general adolecen de una ignorancia excesiva de las bases de la tecnología que estamos manejando. De la misma manera que no se puede hacer filosofía de la ciencia sin un conocimiento profundo de sus métodos y reglas, algo semejante cabría decir a la hora de hablar de la sociedad de la información. Hay que pedir unos conocimientos más profundos en tecnología antes de abordar determinados debates desde el punto de vista de la ética, el derecho y la economía. Este rearme es urgente, ya que la evolución de esta tecnología no puede rentabilizarse de forma responsable sin un claro y correcto análisis de todos los problemas no estrictamente tecnológicos que encierra.



LA IMPARABLE HEGEMONÍA AMERICANA

Sin las tecnologías actuales, no hablaríamos de la actual globalización, de hecho no sabemos si aquéllas son efecto o causa de este proceso. Cuando se habla de la nueva economía no es honesto ignorar la dimensión tecnológica que la soporta y ésta desgraciadamente se ubica en un determinado entorno político y económico. Sólo unos pocos han desarrollado esta tecnología y otros se han quedado en meros consumidores o usuarios de estos avances y por consiguiente del nuevo orden social que pueda surgir en un futuro más o menos próximo.

El fracaso de Europa La tecnología que hemos tratado de describir en las páginas anteriores, encierra un mensaje que no debe ocultarse: las TIC son un sector en el que Estados Unidos ha batido en toda la línea, y sin posibilidad de recuperación, a Europa e indiscutiblemente a Japón y a los llamados tigres del Pacífico. EEUU es el sueño o la necesidad de cualquier joven que quiera hacer una carrera en TIC.

Aunque sea duro aceptarlo, el relato de la primera parte ubica todos sus hitos de forma casi exclusiva al otro lado del Atlántico. Situación que, por cierto, se ha repetido, con pasmosa exactitud en el caso de la genómica, que parece destinada a ser el nuevo motor de la I + D y futura fuente de riqueza basada en el dominio de un determinado conocimiento avanzado, con un proyecto de negocio legítimo asociado al dominio del mismo.

Si existiera un Premio Nobel de TIC, la relación de premiados presentaría una hegemonía escandalosa de americanos y aunque algunos nombres pudieran ser de algunas nacionalidades europeas, nos encontraríamos sorprendidos por la forma como han sido succionados por la potencia científica, tecnológica e industrial que se ha construido en los EEUU. El lugar de nacimiento del presunto premiado e incluso la universidad que le proporcionó la primera formación sería anecdótico, frente al sello inequívocamente americano de los resultados de sus avances conseguidos. Quizás sea sorprendente conocer que MP3 tuvo su primera implementación en Alemania, cuando Napster es un tema cocido al otro lado del Atlántico. Poco importa que el web se fraguara en el

CERN de Ginebra (con la mayor ignorancia y desprecio por parte de los grandes popes de la física europea) cuando su gestión, como ya se ha dicho, es americana y allí se ubica el ente regulador, bien es cierto que con algún organismo europeo incrustado en su estructura. A pesar de que la telefonía móvil haya sido un desarrollo producto de una decisión conjunta de las compañías telefónicas europeas y posiblemente Europa mantenga todavía una cierta iniciativa en este campo, la gente ha llamado «motorola» a su terminal móvil durante mucho tiempo. La programación lógica nació entre Edimburgo, Londres y Marsella y, sin embargo, fue en Estados Unidos donde se desarrollaron los compiladores correspondientes más vendidos. Poca satisfacción europea produce el hecho de que el creador de LINUX naciera y tuviera sus ideas en Noruega, cuando ahora su trabajo está en EEUU y LINUX y su desarrollo se ubica en coordenadas poco europeas. A pesar de la gran cantidad de euros (ECUs decíamos antes) que Europa ha destinado durante años para hacerse un lugar al sol, en estos momentos los chips que se producen en nuestro continente son una cantidad prácticamente despreciable. Los ejemplos podrían seguir, pero basta con que el lector haga el ejercicio de tratar de encontrar algún rastro europeo en el equipo informático con el que trabaja habitualmente.

Cualquier discusión sobre el corto plazo de la sociedad de la información debe asumir el fracaso de Europa frente a Estados Unidos respecto a las TIC y es obligado preguntarse si una vez establecida la infraestructura científica y tecnológica por parte de los americanos, los europeos tenemos mucho que decir en el diseño de la sociedad de la información.

Contra lo que tanto antiyanquismo militante pudiera pensar, los americanos no han sido unos estúpidos y poco humanistas tecnólogos sin capacidad de reflexión o capacidad cultural para meditar sobre la trascendencia de lo que se estaba dando. El hecho que la obra más trascendente de Manuel Castells se firme desde una universidad americana es una prueba de que no estamos sólo frente a un liderazgo tecnológico, sino también en el pensamiento referido a las consecuencias sociales, económicas y de pensamiento de lo que conlleva el cambio. Los textos más importantes sobre esta reflexión, debidamente considerados por Estados Unidos, no son europeos.

Posiblemente sin la hegemonía que la actual situación refleja, no sería posible que se diera la actual concentración de tecnología y pensamiento. Europa se halla en un estado de shock, que valdría la pena valorar debidamente. Nótese que ello no ha ocurrido en todas las tecnologías, y contraejemplos existen dentro de una gran competencia. Así, a pesar de sus dificultades, los europeos siguen siendo importantes en la nueva industria farmacéutica e incluso Europa lidera tecnologías tales como la aeronáutica o la ferroviaria de alta velocidad.

La cuestión que hay que enfrentar de una vez por todas es la razón que explica que EEUU lidere hegemonícamente las tecnologías de la sociedad de la información (repetamos que también ocurre con la genómica) mientras Europa se limita a seguirla como un boxeador sonado.

Es obligado incluir algunas reflexiones, exentas de cualquier posicionamiento ideológico, que pueden ayudar a explicar la situación que vivimos:

– El desarrollo tanto teórico como de I + D en las TIC ha venido acompañado de un desarrollo industrial inmediato, casi simultáneo. Un ritmo desconocido hasta ahora, que la economía norteamericana ha sabido manejar. Es evidente que el proceso tradicional: investigación, publicación, valoración, desarrollo, prototipado, análisis de mercado, lanzamiento e industrialización no ha sido el camino seguido, al menos en lo que se refiere a los ritmos europeos tradicionales.

– Las TIC han nacido en muy buena medida al margen del mundo universitario y, sin embargo, la academia no ha sido menospreciada, ni orillada por la industria americana. A pesar de que la titulación oficial, esto es, el refrendo del estado en la valoración de los conocimientos de los indi-

viduos no se ha mostrado como importante en este campo, es un hecho que a pesar de sus riesgos la doble vía entre academia y empresa ha funcionado. Ello pone de manifiesto que el modelo académico europeo ha quedado ampliamente superado y en el fondo ha demostrado una importante obsolescencia. Un debate que los académicos no parecen muy dispuestos a iniciar con todas sus consecuencias.

– Contra todo pronóstico, en una sociedad profundamente capitalista han nacido movimientos que hablan de software no intelectualmente protegido y hay ejemplos que indican que es posible compartir conocimiento, Internet como gran paradigma, sin que ello ponga en peligro la autoría y en su caso el negocio que pudiera estar asociado a cada resultado. Aunque se piense, no sin razón, en Microsoft como posible contraejemplo, no es menos evidente que todos estamos utilizando los productos de la empresa de Seattle sin demasiados problemas para ser copiados, de forma que pagar por el software es más un tema ético que económico. Algunas reglas nuevas han aparecido en el capitalismo tradicional.

– No hay duda que Estados Unidos ha acertado en sus líneas prioritarias de investigación, de hecho es un excelente ejemplo de sacar beneficios a la sociedad del conocimiento. Sobre esta apuesta por el conocimiento han basado su actual hegemonía, aunque no hay que dudar que no es la única que lo explica.

Hasta que la tecnología no se calme, y en cierta manera se agote el actual proceso de creación de nuevo conocimiento y nuevos productos, es evidente que el ritmo y el paso lo marcará Estados Unidos y Europa sólo se podrá plantear situaciones de puro usuario. Sin embargo, es posible que haya razones para la esperanza.

*El ritmo y el
paso lo marca
Estados Unidos.*

*¿Ha llegado la
maduración de las TIC?*

Asumiendo al anterior análisis, se entenderá lo enunciado en la introducción, en el sentido de que hasta que las TIC se estabilicen, es decir, se encuentren cerca de la fase de maduración y por tanto entren en un periodo en el que el sector deje de estar sometido a mejoras constantes, será difícil disputar a Estados Unidos su actual liderazgo hegemónico. Entendemos por maduración el hecho de que el ritmo de la estricta industrialización de productos supere, o al menos iguale, al de la aparición de nuevos resultados que acaban abocando a productos profundamente innovadores. Sólo entonces Europa (y con ella el resto del mundo) podrá plantearse una cierta presencia en el sector. Esta parece ser la secreta esperanza que encierran los más recientes documentos de la UE, tanto los precedentes de los responsables de la I+D comunitaria, como de los encargados de proponer los presupuestos para las infraestructuras de la sociedad de la información.

No es fácil pronunciarse sobre este tema, tan clave para la búsqueda de una participación activa en el futuro de la sociedad de la información. Sería bueno que el ritmo de novedades se estabilizara y a partir de ello buscar una solución a la actual perplejidad europea.

Uno empieza a intuir que quizás las cosas puedan estar cambiando ya con el inicio de una cierta estabilización tecnológica, esto es, la tecnología habría llegado a tal punto que ya no aparece en el horizonte ninguna innovación con capacidad de mantener la espiral de nuevas prestaciones y aplicaciones vivida en los últimos años. Debe reconocerse que uno no sabe cuánto hay de dato probado, intuición o deseo, en esta arriesgada sugerencia. Los únicos argumentos de cierta justificación están en los siguientes elementos:

– Las propias razones esgrimidas para explicar la explosión de la burbuja de las dot.com y en

general la no confirmación de las expectativas de negocio relacionadas con Internet, tan caras a los profetas de la nueva economía.

– La necesidad de una elevada cultura para extraer todo el potencial que ya han alcanzado las tecnologías de la sociedad de la información y que no parece estar en la media de la población que alimenta este mercado. A pesar de las mejoras indudables en la ergonomía y en la mejora de la interacción máquina-persona, se necesita un conocimiento cada vez menos obvio para extraer todas las posibilidades a las potencialidades que encierran los sistemas actuales. La cuestión radica en saber cuánto esfuerzo de aprendizaje se debe dedicar, una vez que las necesidades más importantes han sido alcanzadas y cubiertas.

– La sobresaturación que produce la información y que parece dirigirse más hacia las referencias de autoridad moral, que al ejercicio constante de búsqueda individual (¡el día seguirá teniendo 24 horas!).

– Aunque estén perplejos los grupos mediáticos y la industria cultural, no parece que la sustitución de los medios tradicionales vaya a ser definitiva y parece que los nuevos medios van a terminar conviviendo con los antiguos. Por consiguiente, se puede entrar en una época de convivencia más que de competencia. Aunque en todo caso, determinadas profesiones y productos han pasado ya a la historia como la enciclopedia, el dibujo técnico manual, la industria discográfica tradicional, la enseñanza presencial al uso, etc.

– El freno indiscutible que la movilidad de personas y mercancías pone en el actual proceso de intercambio (sólo compramos instantáneamente lo que nos viene por la red, pero hay muchas materias que no son, en absoluto, susceptibles de ser teletransportadas). La movilidad de lo material no ha evolucionado, ni parece que vaya a poder hacerlo en el futuro.

– La carencia citada en la primera parte de un marco ético y normativo que permita el desarrollo ordenado de este mundo del producto digital. Posiblemente sea en el pilar nº 6 donde se tengan que concretar los esfuerzos más importantes en los próximos años, y ello no es posible sin un cierto proceso de maduración de la tecnología.

Esta estabilización no es incompatible con el hecho de que nadie discute que Internet y el uso de la informática no dejará de crecer. A modo de ejemplo, observemos lo ocurrido con el tratamiento de las aguas, un avance tanto o más importante para la humanidad (incremento de esperanza de vida medida en lustros) que las TIC, cuyas instalaciones no han dejado de generalizarse, sin que ello suponga que su tecnología correspondiente haya avanzado a la misma velocidad que la cantidad de sus usuarios. El fenómeno de la motorización puede ser un ejemplo en este mismo sentido.

Los europeos deberíamos tratar de analizar esta situación y en caso de que la estabilización de la tecnología que hemos apuntado se confirmase en alguna medida, sería el momento de entrar con mayor intensidad en esta segunda fase, que tiene que ver con la introducción de esta tecnología en la totalidad de la sociedad y no sólo en determinados sectores o elites intelectuales y económicas. Ésta es a nuestro entender una cuestión clave para cualquier política de recuperación tecnológica por parte del viejo continente.

A MODO DE CONCLUSIÓN

La sociedad de la información se basa en una serie de tecnologías que han conseguido actuar sinérgicamente. La materia prima para su construcción pasa por la fabricación de una serie de productos y capacidades de ingeniería (procesadores, capacidad de miniaturización y obtención de

nuevos productos, etc.) que sólo están en las manos de determinadas empresas que monopolizan el mercado, por el dominio exclusivo del conocimiento correspondiente. El software aparece como un tema más abierto, ya que existe una gran cantidad de programas para ser escritos y depurados, puesto que ante las nuevas posibilidades que ofrece el actual hardware muchas aplicaciones están todavía por ser escritas. Afortunadamente la obtención de buen software requiere unos conocimientos menos exclusivistas que los del hardware, con el aliciente adicional de que tiene que adaptarse a las especiales condiciones de cada usuario, grupo o sistema lingüístico.

Cualquier abordaje del futuro de la sociedad de la información debe tener en cuenta la actual situación hegemónica de Estados Unidos y las posibilidades de que el actual *gap* existente pueda reducirse gradualmente, como consecuencia de la estabilización del actual desarrollo tecnológico. Una vez confirmado el mismo, se podrá hablar de un fenómeno realmente participado, primero por la totalidad del llamado primer mundo, para a continuación tratar de planificar su universalización, es decir, estudiar las condiciones que enmarcarán el aprovechamiento universal de esta nueva revolución social, sin caer en el incipiente neocolonialismo que ya se puede detectar y que, a tenor de los nuevos acontecimientos que hemos vivido, convendría valorar debidamente.



Muestra de un programa de diseño WEB

