



# "La revolución de los Computadores: Navegando en un Mar Virtual"

Consolación Gil Montoya

Lección Inaugural  
Curso Académico 2013-2014

*A Fernando, Fernan y Mario.*

*"Para investigar la verdad es preciso  
dudar, en cuanto sea posible, de todas  
las cosas, una vez en la vida."*

*Descartes*

## **PREÁMBULO**

Como dijo Voltaire, "la ignorancia afirma o niega rotundamente; la ciencia duda". La duda de la ciencia provoca la curiosidad y ésta a su vez incita a la investigación para alcanzar el conocimiento. Han sido innumerables las personas que a lo largo de la historia han generado conocimiento, los cimientos sobre los que se sostiene nuestra sociedad actual, pero tan importante como generarlo es transmitirlo, la misión principal de un buen maestro. Por esta razón, quiero agradecer desde aquí a todos los que en su momento dirigieron mi formación académica y, que de alguna manera, han hecho posible que ahora yo pueda encontrarme en el púlpito de este magnífico Paraninfo impartiendo la lección inaugural del curso 2013-2014 de la Universidad de Almería. Agradezco, por supuesto, la invitación del Rector para que así sea. Y sin embargo, no serían suficientes estos agradecimientos, porque en la formación integral de una persona hay otro tipo de conocimiento más importante si cabe, emocional y afectivo, que es imprescindible para alcanzar nuestras metas, y es el que aportan las personas cercanas, familia y amigos, a los que desde aquí también agradezco su apoyo.

Se podría decir, que en estos tiempos de cambios vertiginosos lo único constante es el cambio. Una prueba de ello es que en los últimos cincuenta años se han generado más cambios que en el resto de la historia de la humanidad. En el campo de la informática hemos de amoldarnos al cambio continuo, a la rápida caducidad de la información y a la necesidad de una formación permanente para adaptarse a los requerimientos de la vida profesional y para reestructurar el conocimiento personal. Esta ha sido la base de mi trabajo en la Ingeniería Informática desde hace más de 20 años, aunque este esfuerzo continuo es también gratificante, sobre todo cuando los resultados se pueden ver no sólo en los avances de la propia Ingeniería Informática sino en los numerosos dominios de conocimiento en los que se aplica.

No es fácil hablar de informática sin pronunciar términos que en poco tiempo pueden quedar obsoletos a la vez que otros ya forman parte de la cultura general de nuestro tiempo. Espero que ninguno de los conceptos o ideas que hoy se expongan en esta lección queden desfasados antes de terminar la misma.

*Excmo Sr Rector Magnífico,  
Excmos e Ilmos Señores,  
Miembros de la Comunidad Universitaria,  
Queridos Amigos,  
Señoras y Señores:*

## **Introducción**

La tercera revolución industrial se inició hace unos 60 años y ha supuesto una auténtica revolución tecnológica. Si observamos el desarrollo tecnológico que ha experimentado la Humanidad desde mediados del siglo XX hasta hoy, no cabe duda de que más que un avance se ha producido una verdadera revolución. El descubrimiento de la informática, su aplicación paulatina en todo tipo de áreas de conocimiento y de producción, así como su introducción en el común de la población a través de diferentes componentes.

Podríamos decir que ninguna herramienta ha influido tanto en la vida diaria como los computadores. Aparecieron primero como enormes y costosas máquinas que solamente estaban disponibles en importantes universidades o centros de investigación. Ya entonces se hicieron algunas afirmaciones erróneas como la de Thomas J. Watson, fundador de IBM, que en 1943 pensaba que sólo habría mercado mundial para unos cinco computadores, o la de Ken Olsen, de DEC, que en 1977 no veía ninguna razón por la que alguien podría querer un computador en casa.

Con la aparición de nuevas técnicas de fabricación, como los circuitos integrados, su tamaño, sus capacidades, y sobre todo su precio<sup>1</sup>, variaron de tal forma que se convirtieron en producto de masas, como lo podían ser la televisión o la radio.

Este rápido crecimiento en las prestaciones fue consecuencia de los avances en la tecnología utilizada en la construcción de computadores y de las innovaciones en los diseños de los mismos. La industria de los microprocesadores ha estado en un proceso imparable en el que su rendimiento se ha duplicado cada dieciocho meses y su complejidad -medida según el número de transistores por chip- se ha duplicado cada veinticuatro meses, tal y como establece la Ley de Moore<sup>2</sup>, con dimensiones cada vez más reducidas, que permiten incorporar los procesadores en cualquier objeto de la vida cotidiana.

La aparición de Internet, y sobre todo, su apertura “como una ventana al mundo”, ha determinado de forma inequívoca la importancia de los ordenadores en la vida social, laboral o académica de cualquier persona hasta el día de hoy<sup>3</sup>. Todo ello ha supuesto una revolución digital en la que, junto con la llegada de la Web 2.0, ha cambiado la forma de relacionarse con la información. Los internautas son ahora los protagonistas y participan activamente intercambiando información, formando redes sociales en las que generan ellos mismos los contenidos, enviando fotos, vídeos, comentarios de noticias, etc. Estamos asistiendo en directo a los últimos coletazos del «apagón

---

<sup>1</sup> Hoy se puede comprar un computador personal con más prestaciones, más memoria principal y más memoria de disco que un computador que, en 1965, costaba 100 veces más.

<sup>2</sup> La ley de Moore establece un ritmo de crecimiento temporal de carácter exponencial para el número de transistores que se podrían incluir en un circuito integrado.

<sup>3</sup> <http://www.buenastareas.com/ensayos/Creacion-Aplicacion-De-Adroid-Par-Identificar/25285046.html>

analógico», un verdadero hito en las telecomunicaciones, el fin de una tecnología que comenzó hace más de un siglo con las primeras emisiones de radio. La lógica interna de la evolución y revolución científica y tecnológica continúa imparabile.

Pero no todo el mundo disfruta de estos grandes avances tecnológicos. Está aumentando, junto con las desigualdades sociales, la brecha digital, que separa a los países y a las personas más desfavorecidas, por una injusta distribución de la riqueza y del conocimiento. No todas las personas participan por igual de esta revolución digital. En pleno siglo XXI, el 60% de la población mundial nunca ha hecho una llamada telefónica y el 40% no tiene siquiera acceso a la electricidad. Para ellos, sus problemas no son cómo poder tener un móvil más pequeño o una pantalla de TV más grande, sino cómo salir de la pobreza extrema, cómo conseguir que sus hijos no se mueran de hambre y puedan tener acceso a la sanidad y a la enseñanza para lograr un futuro mejor<sup>4</sup>.

En la lección que hoy tengo el honor de exponer se analizarán los aspectos de la informática que, de alguna u otra forma, más han incidido en nuestras vidas, desde los avances en el ámbito de la ingeniería de computadores, marcados por las necesidades de las aplicaciones y los mercados hasta aspectos como la computación en nube y la inteligencia ambiental o el Internet de las cosas.

## **Influencia del Mercado y las Aplicaciones en la Arquitectura de Computadores**

La reducción en el costo por transistor ha hecho que las mejoras tecnológicas impulsen nuevas aplicaciones y mercados como el de los sistemas embebidos y la computación móvil. Por otra parte, esos nuevos mercados generan presión sobre la tecnología exigiendo nuevas características de consumo de potencia, tamaño, y relación coste/prestaciones, y contribuyen a definir nuevas aplicaciones para las que hay una demanda potencial, determinando qué arquitecturas son las más aceptadas comercialmente. Por lo tanto, para entender la evolución de los computadores hay que contar con la interacción de la tecnología, las aplicaciones y los mercados con los principios de la ingeniería o arquitectura de computadores.

Por ejemplo, en la actualidad, parece que los servidores para el procesamiento de transacciones Web dominan el mercado de servidores de gama alta, mientras que las aplicaciones multimedia y de procesamiento digital de señal mueven el de los computadores personales (PCs), portátiles y dispositivos móviles<sup>5</sup>.

Inicialmente, el desarrollo y la fabricación de computadores estaban motivados fundamentalmente por aplicaciones de cálculo científico, y los computadores estaban financiados por entidades públicas, ligadas bien a intereses gubernamentales (militares en muchos casos) o bien al entorno académico. Como ejemplo de máquinas cuyo origen fue militar podemos mencionar el Colossus, desarrollado en Reino Unido en 1943. Se usó para descifrar comunicaciones alemanas en la segunda guerra mundial. El ENIAC, desarrollado en USA en 1945, se usó para el cálculo de tablas balísticas. Afortunadamente, después del desastre de la guerra, las aplicaciones militares dejan

---

<sup>4</sup> Ciencias para el mundo contemporáneo. <http://es.scribd.com/doc/103090544/u9-La-Revolucion-Digital>

<sup>5</sup> "Arquitectura de Computadores". J. Ortega, M. Anguita, A. Prieto. Ed. Thomson, 2005.

paso a las civiles y es cuando parte de la tecnología existente descubre nuevos objetivos<sup>6</sup>.

Muchas características de las arquitecturas de computador están determinadas por las denominadas *aplicaciones rompedoras* o, en una traducción más literal del término en inglés, las “*aplicaciones asesinas*” (*killer applications*). Se trata de aplicaciones que hacen que las plataformas y dispositivos en los que se implementan y que permiten acceder a las mismas sean ampliamente demandados. Por ejemplo, el correo electrónico puede considerarse una aplicación de este tipo, y ha contribuido de manera indudable a incrementar la demanda de acceso a los computadores en todos los ámbitos, incluyendo el doméstico<sup>7</sup>. Por ello, su creador, Ray Tomlinson recibió el premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica en 2009.

No se pretende aquí hacer un estudio exhaustivo de todas las aplicaciones que han tenido interés socio-económico, sino hacer una breve referencia a algunas de las que han influido en el desarrollo de nuevas arquitecturas y, con bastante certeza, van a seguir haciéndolo en los próximos años. Así, nos referiremos a las aplicaciones de *cálculo científico* que precisan del uso de supercomputadores, las aplicaciones de *internet* que utilizan servidores y la *computación ubicua* que precisa de computadores empotrados.

## Supercomputadores y Aplicaciones de Cálculo Científico

En primer lugar, se pueden considerar las aplicaciones de cálculo científico que demandan prestaciones elevadas y para las que distintos programas de investigación financiados normalmente por gobiernos u organizaciones públicas han permitido que se mantenga una cierta industria de *supercomputadores*, cuyos resultados han ido pasando a arquitecturas comerciales y a los microprocesadores, a medida que la tecnología lo ha hecho posible. Así, en 1992, el Departamento de Defensa los Estados Unidos planteó el programa de Comunicaciones y Computación de alto rendimiento HPCC<sup>8</sup> y se identificaron una serie de *aplicaciones-reto* (*Grand Challenge*) que desbordaban las capacidades de cómputo disponibles hasta el momento. A partir de 1993, el TOP500<sup>9</sup> permite seguir la evolución de la tecnología y las prestaciones de los supercomputadores. Esta lista aparece dos veces al año (en Junio y Noviembre) e incluye los 500 computadores más rápidos instalados en el mundo. La rapidez se evalúa a partir de la velocidad de procesamiento del programa de prueba *Linpack*. Según la lista de junio de 2013, el computador más rápido era el *Tianhe-2*, desarrollado por la Universidad Nacional de Tecnología de Defensa de China (NUDT) que, al ejecutar el programa *Linpack*, alcanzaba una velocidad máxima superior a 33,86 PFLOPS, es decir, 33860 billones ( $33,86 \times 10^{15}$ ) de operaciones de números reales por segundo. Para que se hagan ustedes una idea de la enorme magnitud de esta cifra, si quisiéramos contarla a un ritmo habitual (1,2,3,...) tardaríamos unos 430 millones de años en hacerlo, es decir, el doble de tiempo desde que aparecieron los primeros

---

<sup>6</sup> “La evolución tecnológica: de la información al conocimiento”. Lección Inaugural de J. Salvador Aguilar. Universidad Pablo de Olavide. 2009.

<sup>7</sup> “Entre la Profecía de Moore y la Ley de Amdahl” de J. Ortega. Lección Inaugural ETSIT. Universidad de Granada. 2008.

<sup>8</sup> HPCC, de las siglas en inglés, *High-Performance Computing and Communication Program*.

<sup>9</sup> TOP500 (The TOP500 list): <http://www.top500.org/>. Junio 2013.

dinosaurios en el planeta hasta la actualidad. Pues bien, ¡imaginemos que esos 430 millones de años se concentran en un segundo!

Estas plataformas paralelas plantean algunos interrogantes como su coste, no sólo el asociado a su fabricación e instalación sino también el coste de mantenimiento. El consumo energético de 3,120.000 núcleos que tiene el *Tianhe-2* no es en absoluto despreciable. Por ello, al igual que existe un TOP500 también existe un Green500<sup>10</sup> en el que se tiene en cuenta el consumo por unidad de prestaciones de estos supercomputadores. En la edición de Junio de 2013, el primer computador en el TOP500, *Tianhe-2*, está en la posición número 32 del Green500 con un consumo aproximado de 1901 MFlops/W frente a los 3208MFlops/W del supercomputador Eurora situado en la primera posición.

Actualmente, Estados Unidos, Europa y China están a la cabeza en relación al número de computadores que aparecen en los primeros puestos del TOP500. España, con el supercomputador *Mare Nostrum*, situado en una antigua capilla de la Universidad Politécnica de Cataluña, llegó a estar en la posición número 4 del TOP500 en 2004. *Mare Nostrum* se está utilizando en la investigación del genoma humano (proyecto *Human Brain*), la estructura de las proteínas y en el diseño de nuevos medicamentos, entre otros. Su uso está disponible para la comunidad científica nacional e internacional.

A título ilustrativo, uno de los grandes éxitos de los supercomputadores en la competencia entre humanos y máquinas fue la victoria de “Deep Blue” sobre el maestro de ajedrez Garry Kasparov en 1997. En una competición a 6 partidas, “Deep Blue” ganó por 3,5 a 2,5. Las principales críticas por parte del perdedor tuvieron que ver con las actuaciones de IBM<sup>11</sup> tras la partida. “Deep Blue” fue desmantelada, y no se aceptó una revancha pedida por Kasparov. A su vez éste pidió un informe detallado del segundo juego en el cual él había sido derrotado. IBM prometió entregarlo al final del juego, pero no lo cumplió.

En cualquier caso, la máquina fue capaz de vencer a un maestro de ajedrez, pero en ningún caso es capaz de enseñar cómo piensa un maestro de ajedrez. Su potencia se basaba en la fuerza bruta (era capaz de analizar 200 millones de posiciones por segundo).

Pero la diferencia entre el cerebro y los supercomputadores aún está lejana. Según la Teoría de las Inteligencias Múltiples de Gardner<sup>12</sup>, los individuos no poseen una inteligencia única y cuantificable, sino que cada persona tiene por lo menos ocho inteligencias o habilidades cognoscitivas. Estas inteligencias trabajan juntas, aunque como entidades semi-autónomas. Diferentes culturas y segmentos de la sociedad ponen diferentes énfasis en ellas.

Los sistemas de computadores actuales se centran en la excelencia en computación lógica y matemática, que es tan sólo una de las (al menos) ocho dimensiones<sup>13</sup> de la inteligencia humana. Sin embargo, en el resto de dimensiones, los computadores se

---

<sup>10</sup> Green500 (The Green500 list): <http://www.green500.org/lists>. Junio, 2013.

<sup>11</sup> Fabricante de “Deep Blue”.

<sup>12</sup> Wikipedia: [http://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa\\_de\\_las\\_inteligencias\\_m%C3%BAltiples](http://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_de_las_inteligencias_m%C3%BAltiples)

<sup>13</sup> Las 8 dimensiones son: La Lingüística, Lógica-matemática, Corporal y kinésica, Visual y espacial, Musical, Interpersonal, Intrapersonal y Naturalista o de facilidad de comunicación con la naturaleza.

encuentran aún muy lejos de la capacidad humana. Más que cualquier otro campo de la ciencia, los conceptos y métodos de la informática son centrales para desentrañar y comprender uno de los más grandes misterios de nuestra existencia: la naturaleza de la inteligencia y de la mente humana.

## **Servidores, Computación en Nube y Web 2.0**

El siguiente grupo de arquitecturas lo ocupan los servidores de gama alta, usualmente utilizados en el mercado de las transacciones de red y aplicaciones Web. Estos servidores se caracterizan por gestionar gran cantidad de datos y realizar una enorme cantidad de operaciones para atender a múltiples peticiones en un tiempo aceptable para los usuarios.

Antes de continuar conviene hacer una aclaración, dado que es común que los términos Web e Internet se usen intercambiamente. Desde el punto de vista técnico son objetos completamente diferentes. Internet hace referencia a la red física que conecta diferentes computadores y lugares. Sus preocupaciones son protocolos de transmisión de datos, manejo de nombres de dominio, etc. La Web hace referencia a la arquitectura lógica de la información que ha sido posible construir sobre esa red física. La Web es uno más de entre los múltiples servicios que soporta Internet, entre ellos, el envío y recepción de correo electrónico, la transmisión de archivos, la televisión o el acceso remoto. Confundirlos es como confundir el cerebro (una red neuronal) con el conocimiento que posee una persona. Todos tenemos casi el mismo material cerebral, pero los conocimientos y la información que cada uno posee difieren vastamente<sup>14</sup>.

Como la red Internet usualmente se visualiza y conceptualiza como una gran nube donde todo está conectado a la vez que nos suministra todos los servicios de cómputo requeridos, a esto se le ha denominado “Computación en Nube” (*Cloud Computing*).

Si se entiende la Nube como un procesador de información, los dispositivos actuales (teléfonos móviles, portátiles o tabletas) son periféricos unidos a este procesador virtual que nos permiten interactuar con él. Con los datos almacenados en la Nube y dispositivos que permiten el acceso desde cualquier lugar y en cualquier momento, el acceso a servicios que antes eran restringidos se ha incrementado exponencialmente y están causando un cambio decisivo en los hábitos y costumbres de los usuarios. Dentro de este nuevo contexto, han emergido propuestas que han sido las mayores palancas de cambio social de las últimas décadas como las redes sociales, el almacenamiento remoto, la telefonía móvil, la ofimática y las comunicaciones mediante el uso de la Nube.

Aunque el mejor ejemplo es sin duda, Google: sus miles de kilómetros de fibra óptica y sus más de dos millones de servidores que en conjunto, conforman la madre de todas las Nubes. Esta infraestructura multimillonaria le permite a la compañía indexar 20 mil millones de páginas Web diariamente, manejar más de tres mil millones de búsquedas diarias, conducir millones de subastas de anuncios publicitarios en tiempo real, ofrecerles almacenamiento gratuito de correo electrónico a los 425 millones de usuarios de Gmail, permitir que los usuarios de YouTube vean millones de videos todos

---

<sup>14</sup> “La Web como espacio de información universal”, del libro “Cómo funciona la Web”. Editor C. Gutierrez. 2008.

los días y proponer resultados de búsqueda incluso antes de que el usuario haya terminado de escribir la frase.

Un factor importante es que el uso de la Nube permite reducir el consumo de energía y la emisión de gases contaminantes de los recursos Informáticos de las empresas usuarias. Según algunos estudios, un entorno de Computación en Nube puede suponer un ahorro energético y de espacio superior al 60% <sup>15</sup>.

Como ejemplo, a la red social Facebook le preocupa tanto la seguridad de los datos de sus mil millones de usuarios como el dinero que se gasta en mantener refrigerados los más de 60000 servidores de los que dispone. Estos servidores deben mantener su temperatura en niveles no demasiado elevados para evitar problemas de funcionamiento. Esta refrigeración tiene un coste en consumo de energía eléctrica muy alto, de hecho, se estima que los centros de datos consumen el 2% de toda la electricidad de Estados Unidos, repartiéndose casi a partes iguales el coste de mantener encendidos los servidores con el de refrigerarlos. Pues bien, para controlar los costes, en Facebook han decidido construir su centro de datos en una cueva de Suecia, justo al límite del Círculo Polar Ártico. Las administraciones de la zona están tratando de atraer a otras empresas que quieran alojar allí sus centros de datos, dado que se suman dos condiciones: las bajas temperaturas locales y el menor coste del precio de la electricidad. Tampoco hay que olvidar otras decisivas ventajas: hace dos siglos que Suecia no entra en guerra, tiene una democracia estable y un riesgo despreciable de sufrir terremotos. Por supuesto, todo ello no hace sino añadir garantías al alojamiento de nuestras fotos favoritas.

La Nube está sirviendo para que todas las aplicaciones relacionadas con la Web 2.0 se expandan rápidamente. El término Web 2.0 fue acuñado por Tim O'Reilly quien escribió un artículo ya clásico ("What is Web 2.0")<sup>16</sup>, en el que planteaba el concepto de inteligencia colectiva, basada en que quienes generaban el contenido eran los usuarios, lo cual permitía que el conocimiento mejorara a medida que estos lo usaban más y más. La Web 2.0 se pone en marcha en 1999 con la posibilidad de compartir ficheros, especialmente musicales, lo que supone una auténtica novedad digital en la que el consumidor pasa a ser productor y propietario de los contenidos con la consiguiente indignación por parte de las compañías musicales y sociedades generales de autores. Además, la Web 2.0 también pretende proporcionar a los usuarios la capacidad de almacenamiento en servidores corporativos. Como ejemplos, *YouTube* y *Wikipedia*, el primero un portal donde los usuarios pueden incorporar y visualizar vídeos y el segundo una enciclopedia de construcción colectiva donde la confianza y la neutralidad son sus valores fundamentales<sup>17</sup> aunque a veces su contenido no haya sido lo suficientemente contrastado (lo que no evita que entre la mayoría de usuarios se haya constituido en dogma de fe lo que dice Wikipedia). En cualquier caso, el éxito de ambos portales, como bien saben ustedes, ha sido rotundo e impresionante.

---

<sup>15</sup> Observatorio nacional de las telecomunicaciones y las SI. ONTSI. "Cloud Computing. Retos y Oportunidades". Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Mayo 2012. <http://www.ontsi.red.es>

<sup>16</sup> En septiembre de 2005, O'Reilly publica el artículo seminal "What is Web 2.0. Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software".

<sup>17</sup> "La evolución tecnológica: de la información al conocimiento". J. Salvador Aguilar. Lección Inaugural, Universidad Pablo de Olavide. 2009.

La generación de herramientas Web 2.0 está transformando la manera de comunicarnos, aprender y trabajar. Ha permitido la conformación de las llamadas *Comunidades 2.0* autoorganizadas de manera fluída, sin límites de tiempo ni de espacio, en las que, a partir de la colaboración, surgen modelos dinámicos e innovadores para generar valor. También las instituciones y administraciones públicas se han apuntado a esta tendencia situándose como estandarte de la evolución digital. La generación de servicios públicos en la Web denominada *administración electrónica* ha contribuido a una notable mejora en la calidad de gestión orientada a los ciudadanos.

Por otro lado, las denominadas *redes sociales* han resuelto un problema de mercadotecnia de difícil solución para las empresas, ya que se encargan por sí mismas de agrupar virtualmente a los usuarios según criterios de amistad, parentesco, intereses comunes etc. Pero no siempre el conocimiento surge de forma natural, ya que el exceso de información, mucha de ella inútil o errónea, lo impide. La saturación de productores ha promovido la aparición del término *infoxicación*<sup>18</sup>, es decir, intoxicación de información. Según Alfons Cornellá<sup>19</sup>, "la entrada constante de información, en un mundo always on (siempre encendido), nos lleva a no tratar ninguna información en profundidad. Cuando la información es demasiada todo es lectura interruptus. El fenómeno se desboca cuando todos pasamos a ser productores de información y cuando los instrumentos para producirla son mejores que los instrumentos para organizarla y buscarla. Todos sabemos usar un procesador de texto, pero pocos saben buscar información de calidad con criterio".

En este sentido, una de las principales destrezas que la educación del futuro debe entregar a los individuos es la capacidad sintética y crítica con los contenidos digitales, ante un espectro de extrema redundancia y adulteración de la información. La misión de la Universidad no es sólo mostrar el conocimiento, sino enseñar a descubrirlo y procesarlo.

## **Procesadores Embebidos y Computación Ubicua**

En tercer lugar, vamos a hablar de otro tipo de computadores, los computadores embebidos y la computación ubicua. Además de utilizarse en video-juegos, lectores de DVD, teléfonos móviles, impresoras, televisores, electrodomésticos, etc., *los computadores embebidos* están sustituyendo a los circuitos electrónicos analógicos en multitud de aparatos y dispositivos. Esto es debido al rápido ritmo de abaratamiento de la capacidad de procesamiento, una de las consecuencias de la ley de Moore, con lo que el número de usuarios que tienen accesibilidad a una capacidad de procesamiento dada crece exponencialmente, afectando a la rentabilidad de las aplicaciones. Así, se habla de computación ubicua para referirse al hardware, al software y a las aplicaciones relacionadas con la computación móvil, los computadores de bolsillo y embebidos, la interacción hombre-máquina y máquina-mundo real, etc. En este escenario que plantea la computación ubicua, la comunicación entre dispositivos de cómputo es fundamental. De hecho internet y la Web son, por tanto, los elementos

---

<sup>18</sup> Según Wikipedia, la sobrecarga informativa, infoxicación o infobesidad se refiere al estado de contar con *demasiada* información para tomar una decisión o permanecer informado sobre un determinado tema.

<sup>19</sup> "Atentos a todo... y a nada ". Publicado en el periódico el País, el 12 de Mayo de 2011.

clave ya que la conexión de los equipos a la red ha llegado a ser casi más importante que cualquier dispositivo de cómputo<sup>20</sup>.

Y, en esta carrera de desarrollo imparable, ¿se imaginan un frigorífico que le avise de la fecha de caducidad de los alimentos? ¿Y que los inodoros analicen su orina y le recomienden la dieta alimentaria que más le conviene seguir? ¿Qué pasaría si el cepillo de dientes le indicara cualquier pequeña caries y pidiera por usted cita en el dentista? Son algunas posibles aplicaciones de la *computación ubicua*, que también se conoce como *Inteligencia Ambiental*, *Internet de las cosas* o *Internet de los objetos*. Se utilizan estos conceptos para describir un mundo en el cual lo “inteligente” se encuentra embebido prácticamente en todo lo que nos rodea<sup>21</sup>. En este nuevo mundo del software inteligente, las computadoras monitorean nuestras actividades, rutinas y comportamientos para predecir lo que nos gustaría realizar en un instante de tiempo con el objetivo de facilitarnos las tareas cotidianas. Se trata de una revolución en las relaciones entre los objetos y las personas, incluso entre los objetos directamente, que se conectarán entre ellos y con la Red y ofrecerán datos en tiempo real. O dicho de otro modo, se acerca la digitalización del mundo físico. Ésta es la visión de una verdadera red ubicua: en cualquier lugar, a cualquier hora, por cualquier persona y con cualquier cosa.

Gracias a la miniaturización del hardware, esta visión asume un salto cualitativo lejos de los ordenadores personales tradicionales hacia una variedad de dispositivos que son empotrados de manera no intrusa, invisible pero sí perceptible, en nuestro entorno y son accedidos por interfaces inteligentes como las tarjetas de identificación por radiofrecuencia (RFID), los dispositivos móviles (PDAs y teléfonos móviles de última generación), los dispositivos computacionales vestibles camuflados en nuestras ropas (inteligencia embebida) o los robots domésticos y de compañía. Bastará con integrar un chip de pocos milímetros en cualquier objeto del hogar, del trabajo o de la ciudad para poder procesar y transmitir información a partir de él constantemente. Se calcula que en 2020, entre 22.000 y 50.000 millones de dispositivos se conectarán a Internet con el fin de proporcionar a los ciudadanos una serie de servicios y aplicaciones inteligentes sin precedentes.

Con el Internet de las cosas, el planeta está siendo instrumentado e interconectado, al tiempo que se vuelve más inteligente. Esto ocurre porque los mil millones de personas y una lista interminable de objetos conectados a Internet (coches, electrodomésticos, teléfonos, cámaras, etc.) ahora pueden interactuar, traspasando las barreras del tiempo y el espacio. A su alrededor se construyen entornos «inteligentes» capaces de analizar, diagnosticar y ejecutar funciones. Por ejemplo, una red eléctrica «inteligente» es capaz de detectar sobretensiones y de dirigir la electricidad por caminos alternativos para minimizar apagones<sup>22</sup>.

---

<sup>20</sup> "Computer Architecture. A Quantitative Approach" (3ª Edición). Hennessy, J.L.; Patterson, D.A.: Morgan Kaufmann Pub., 2003.

<sup>21</sup> "The physical layer of ambient intelligence". H. van Houten. En 2005 IEEE VLSI-Tsa International Symposium on VLSI Technology (VLSI-Tsa-Tech): Proceedings of Technical Papers, pp. 9-12, Institute of Electrical & Electronics Engineers, 2005.

<sup>22</sup> "El Internet de las cosas". n.15. Fundación de la innovación Bankinter. 2011.

Así, actualmente ya podemos encontrar el “Internet de la logística”, en el que las empresas de transporte pueden utilizar la tecnología de sensores para que los agentes hortícolas puedan seguir el progreso de sus envíos a lo largo de la cadena de suministro en cuarenta países de Europa, por ejemplo. De esta manera, los responsables de logística pueden hacer uso de información al segundo sobre las condiciones meteorológicas y de tráfico para planificar las rutas de sus camiones y aviones. Igualmente, para localizar personas, hay padres japoneses que, angustiados por la seguridad de sus hijos, no han dudado en colocar etiquetas RFID en las mochilas de sus hijos para ser informados por SMS de todo movimiento que realizan.

Otro uso de la Inteligencia ambiental son los entornos de la salud donde se utiliza para monitorizar y supervisar pacientes así como personas de la tercera edad. Se utilizan sensores que hacen posible el diagnóstico precoz de enfermedades que pueden resultar mortales. En el momento en que detectan un problema, lanzan un aviso o desencadenan el suministro de una dosis medicinal. Por ejemplo, una pegatina que se adhiere al pecho para monitorizar su actividad y evitar ataques al corazón.

Así mismo existe el llamado “Internet del medio ambiente”. En Estados Unidos los edificios consumen el 70% de toda la electricidad, de la que se malgasta un 50%. Por ello, se dota a muchos de ellos de *smart grid*, una red que permite optimizar la generación y el consumo de energía gracias a una serie de medidores inteligentes que eligen las mejores franjas horarias entre las distintas empresas eléctricas.

Se espera que en un futuro cercano, todos los productos manufacturados – nuestras ropas, dinero, aparatos, las pinturas de nuestras paredes, las alfombras del piso, nuestros automóviles – lleguen a nosotros embebidos de inteligencia, de redes de sensores y actuadores diminutos, que algunos han denominado también "partículas inteligentes". En esta línea, un grupo de científicos estadounidenses ha desarrollado nuevas fibras, similares a un cepillo, capaces de generar energía eléctrica con el movimiento. Al tejer estas fibras se podría permitir a los diseñadores crear ropa "inteligente" que con el movimiento del cuerpo generaría energía para poder hacer funcionar aparatos electrónicos portátiles. La circulación del aire, las vibraciones, entre otras, son energía mecánica que puede ser utilizada para suministrar carga a varios dispositivos<sup>23</sup>.

La visión profética de Mark Weiser, padre de la Inteligencia Ambiental, en su artículo de 1992 titulado “Computación en el Siglo 21”<sup>24</sup>, se está constituyendo en el paradigma con mayores posibilidades de impacto social y económico de la historia de informática.

Pero las ventajas de la informática en muchos campos pueden convertirse en desventajas en otros. ¿Sabían que Google ha desarrollado la tecnología que permite el reconocimiento facial de un rostro al más puro «estilo FBI»? Simplemente con hacer una foto a una persona por la calle, se podrá poner en relación con información disponible en Internet, por ejemplo, una cuenta de Facebook. Cantidades ingentes de información se transferirán y estarán al alcance de mucha gente. Personas sin autorización podrán acceder a datos y extraer información de perfiles de usuario con

---

<sup>23</sup> Inteligencia Ambiental y Nanotecnología: El Paso del Bit al Átomo. VM Venturini. Cuadernos de la Facultad n. 4, 2009.

<sup>24</sup> “The Computer for the 21st Century”. M. Weiser. Scientific American, Vol. 265, No. 3, 94–104. 1991.

fines comerciales o incluso criminales. En esta línea, ya existe un grupo de casi 250.000 usuarios que han solicitado que Google Street View (un servicio de mapas con fotografías reales de las calles y edificios) difumine la imagen de sus casas a raíz de un proyecto de ley en Alemania que pretende endurecer la normativa de privacidad en torno a este servicio.

Llegados a este punto, nos podemos plantear: ¿Innovación o violación de la intimidad? ¿Estamos ante la premonición orwelliana hecha realidad? Muy conscientes de esta barrera psicológica y de la necesidad de garantizar las máximas medidas de seguridad, los ministros europeos responsables del área de tecnologías de la información debatían no hace mucho sobre los retos de la privacidad y la seguridad en la transición hacia el Internet de la cosas.

Algunos expertos se preguntan si en un futuro nuestros hogares se convertirían en un nuevo campo de batalla entre las grandes corporaciones intentando hacerse con el control de todo lo necesario para operar nuestras casas, desde la conexión a Internet hasta la calefacción y el riego del jardín. Según Hans Vestberg<sup>25</sup>, directivo de Ericsson, las repercusiones serán considerables: «Si una persona se conecta a la red, le cambia la vida. Pero si todas las cosas y objetos se conectan, es el mundo el que cambia.»

## Sobre el Futuro

La informática ha progresado increíblemente en los últimos sesenta años. Pero de cara al futuro, se plantean dos cuestiones básicas: ¿Existen límites para la velocidad de los computadores? ¿En qué medida cambiará nuestras vidas la informática del futuro?

Para responder a la primera pregunta y ante el agotamiento de la tecnología electrónica actual para mantener el ritmo que marca la ley de Moore, se están estudiando tecnologías con nuevas variables de estado computacional como por ejemplo los *qubits* cuánticos<sup>26</sup>. Los ordenadores actuales trabajan con bits, que pueden tener un valor de 0 ó 1. En cambio, en la computación cuántica intervienen las leyes de la mecánica cuántica y la partícula puede estar en superposición coherente: es decir, puede ser 0 ó 1 pero puede ser también un 0 y un 1 al mismo tiempo. Tal circunstancia permite que se puedan realizar varias operaciones a la vez, según el número de *qubits*.

Esto permitirá alcanzar velocidades inimaginables. Aunque uno de los aspectos más interesantes de los sistemas de computación basados en mecánica cuántica es la seguridad. La seguridad informática es uno de los problemas más graves en un mundo donde todo está conectado. «La física cuántica permite codificar la información de manera que se destruya en el momento en que cualquier persona no autorizada quiera leer el mensaje». La diferencia con respecto a los sistemas actuales es que la información no puede interceptarse porque no pasa por ningún lugar. «Desaparece una vez lo envía el emisor y aparece de nuevo en el aparato del receptor, como por arte de magia». Se abre por tanto un nuevo reto para los *hackers*.

Para responder a la segunda pregunta, ¿en qué medida cambiará nuestras vidas la informática del futuro? Podemos situarnos en el presente y darnos cuenta que de la misma manera que la Web ha cambiado nuestra manera de comunicarnos, colaborar y

---

<sup>25</sup> "El Internet de las cosas". N.15. Fundación de la innovación Bankinter. 2011.

<sup>26</sup> "Emerging Nanoscale Memory and Logic Devices: A Critical Assessment". Hutchby, J.A.; et al. IEEE Computer, pp.28-32. Mayo 2008.

compartir información en maneras antes insospechadas, la *Inteligencia Ambiental* influirá aún más en nuestras vidas. Determinará cómo percibimos, comunicamos y modelamos nuestra identidad. Remodelará el contenido de los medios audiovisuales, nuestra vida cotidiana, el entorno de trabajo e incluso nuestros desafíos económicos.

Ya no nos sorprenden las puertas que se abren a nuestro paso, las luces que se encienden solas, o los sistemas de climatización que autorregulan la temperatura dependiendo de la presencia o no de personas. Pronto, ejemplos como el pastillero inteligente, la televisión consciente de los espectadores o los teléfonos sensibles a nuestra localización se harán realidad.

Pero, ¿cuáles serán las consecuencias reales? La primera, evidente: la desaparición del dinero y de cualquier tarjeta plástica que nos acompañe: tarjetas de crédito, DNI, permiso de conducir, etc. La segunda, preocupante: nuestro historial viajará con nosotros: partida de nacimiento, vida laboral, visitas al médico, compras, o litigios. La tercera peligrosa: posición espacial en cada momento de nuestras vidas. Por consiguiente, ¿Dependeremos tanto de la tecnología que afectará a nuestra autonomía y a la toma de nuestras propias decisiones? Se trata de un planteamiento que promete un amplio debate.

## EPÍLOGO

Para terminar permítanme una pequeña reflexión basada en dos citas. Decía Steve Jobs, fundador de Apple, que un ordenador es la herramienta más sorprendente que hemos ideado. Por otra parte, el infinitamente referenciado Albert Einstein comentaba: ¿Por qué la magnífica tecnología científica, que ahorra trabajo y nos hace la vida más fácil, nos aporta tan poca felicidad? La respuesta es que simplemente no hemos aprendido a utilizarlo con acierto” Quizá tuviera razón Einstein, y por ello ¡aprendamos a usar con tino todo el potencial que nos ofrecen los computadores! En un mundo interconectado, de información instantánea y servicios en la Nube, la sobrecarga de información y la pérdida de privacidad son amenazas inminentes. La única opción sensata —si no queremos retroceder varias décadas en la historia— es conocer los riesgos de la tecnología que nos ocupa para aprender a minimizarlos, pero sin rechazarla. Quizás esto no nos traiga la felicidad que Einstein comentaba, pero seguro que nos ahorrará muchos problemas.

Muchas gracias por acompañarme en esta apasionante travesía.